

**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.

Le document réponse, page 8 est à remettre avec la copie.

**Etude simplifiée de diverses parties constitutives de l'équipement d'un camion
de Sapeurs-Pompiers.**

Ce véhicule dit « FPTL », Fourgon Pompe Tonne Léger, est spécialisé pour les interventions incendie en milieu urbain.



Principales caractéristiques du FPTL :

CHASSIS CABINE	EQUIPEMENT
Puissance: 124 kW (170 ch) Empattement: 3,800 m. P.T.A.C.: 10 t. Cabine double, 1+3 places	Citerne: 2000 litres en polyester. (+ 130 L d'émulsifiant) Pompe centrifuge: 1500 L.min ⁻¹ sous 15 bars. 1 dévidoir PS. (4 x 20 m de tuyau semi-rigide de diamètre 22 mm) 2 dévidoirs mobiles. (5 x 40 m de tuyau de diamètre 70 mm)

Le sujet comporte 3 parties A , B , C indépendantes :

A : Etude simplifiée du fonctionnement de la pompe centrifuge raccordée à une colonne sèche et alimentée par une borne d'incendie.

B : Etude simplifiée du moteur thermique diesel entraînant le châssis du fourgon.

C : Etude du moteur électrique 24 V actionnant le dévidoir PS.

Dans chacune des parties A , B , C, certaines questions peuvent être traitées indépendamment les unes des autres.

BTS Maintenance Industrielle	SUJET	Session 2010
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MIE3SC10		Page 1/8

A. Étude de la pompe centrifuge du fourgon raccordée à une colonne sèche. **(6 points)**

La colonne sèche est une canalisation rigide équipant les cages d'escaliers des immeubles recevant du public. Elle est alimentée en eau grâce à la pompe du fourgon entraînée par son moteur.

La prise d'eau est effectuée sur un poteau d'incendie.

Les pompiers disposent alors à chaque étage d'une prise d'eau à la pression et au débit désirés.

La pompe centrifuge est entraînée par le moteur du fourgon. La puissance utile P_U de la pompe ne représente que 61 % de la puissance fournie par le moteur du fourgon.

L'eau est assimilée à un fluide parfait.

La masse volumique de l'eau est $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$.

Les pertes de charges globales P_{ch} sont évaluées à 1,80 kW.

L'accélération de la pesanteur est $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$.

I. Détermination de la puissance utile fournie par la pompe centrifuge.

1. A partir des éléments fournis sur le document 1 page 6, donner la valeur numérique en $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$ du débit volumique Q_B au 12^{ième} étage de l'immeuble en sortie de colonne. Justifier la réponse.

2. Calculer la vitesse v_B en B de l'eau à la sortie de la colonne, et la vitesse v_A en A de l'eau à la sortie du poteau d'incendie.

3. Montrer que la puissance utile que doit fournir la pompe dans ces conditions de fonctionnement est $P_U = 20 \text{ kW}$

Données :

Équation de Bernoulli entre les points 1 et 2 d'un fluide parfait :

$$\frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + (z_2 - z_1) + \frac{p_2 - p_1}{\rho g} = \frac{P_u - P_{ch}}{\rho g Q} \quad \text{où } Q \text{ représente le débit volumique.}$$

II. Réglage du régime du moteur entraînant la pompe centrifuge.

1. Calculer la puissance P_{mot} que doit fournir le moteur du fourgon qui entraîne la pompe dans les conditions précédentes.

2. Lorsque le moteur du fourgon tourne au ralenti, sa fréquence de rotation est $n_{\text{mot}} = 600 \text{ tr.min}^{-1}$.

Calculer la puissance P'_{mot} fournie par le moteur pour cette fréquence de rotation.

On utilisera le document 2 page 7.

3. Expliquer pourquoi il faut augmenter la fréquence de rotation du moteur pour que les pompiers disposent d'une pression P_B égale à $8 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ au 12^{ième} étage.

BTS Maintenance Industrielle	SUJET	Session 2010
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MIE3SC10		Page 2/8

B. Étude simplifiée du moteur Diesel du fourgon. (6,5 points)

I. Détermination du travail théorique fourni par un cylindre.

Le cycle Diesel simplifié est représenté sur le document 3 page 7.
Le gaz contenu dans le cylindre sera considéré comme un gaz parfait.

Données :

Constante des gaz parfait : $R = 8,31 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$.

Chaleur molaire à pression constante : $C_p = 29,1 \text{ J.mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$ et $\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1,4$.

Les transformations AB et CD seront supposées adiabatiques.

Loi de Laplace pour une transformation 1 -2 adiabatique réversible :

$$P_1.V_1^\gamma = P_2.V_2^\gamma$$

1. Donner, en le justifiant le nom des transformations BC et DA.

2. Le nombre de moles de gaz contenues dans le cylindre est $n = 0,069 \text{ mole}$.
La température est $T_A = 20^\circ \text{C}$ en fin de phase d'admission. Calculer la pression P_A en A.

3. Le rapport volumétrique du cylindre est $\frac{V_A}{V_B} = 18$.

Calculer la pression P_B atteinte dans le cylindre, en fin de compression adiabatique.
Montrer que la température T_B vaut alors $T_B = 930 \text{ K}$.

4. On donne la température en début et en fin de détente adiabatique :
 $T_C = 2511 \text{ K}$ et $T_D = 1173 \text{ K}$

4.1. Montrer que la quantité de chaleur Q_{DA} mise en jeu dans la décompression DA est
 $Q_{DA} = -1262 \text{ J}$

4.2. Montrer que la quantité de chaleur Q_{BC} mise en jeu dans la phase de combustion BC est
 $Q_{BC} = 3174 \text{ J}$

5. Bilan du cycle.

5.1. Énoncer le premier principe de la thermodynamique.

5.2. Calculer le travail total W mis en jeu au cours du cycle et justifier son signe.

BTS Maintenance Industrielle	SUJET	Session 2010
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MIE3SC10		Page 3/8

II. Détermination de la consommation en carburant du moteur à 1200 tr.min⁻¹.

Le moteur est alimenté par un carburant : le gasoil. Ce carburant est un mélange d'alcane contenant en majorité de l'hexadécane de formule $C_{16}H_{34}$.

Le PCI du gasoil standard est $K = 41.10^{+3} \text{ kJ.kg}^{-1}$. Sa masse volumique est $\rho_g = 820 \text{ kg.m}^{-3}$.

1. Écrire l'équation de la combustion complète de l'hexadécane dans le dioxygène. On rappelle que cette combustion produit de l'eau et du dioxyde de carbone.

2. Calculer la masse M_g ainsi que le volume V_g de gasoil utile, pour dégager la quantité de chaleur de combustion $Q_{BC} = 3175 \text{ J}$ pour un cycle et par cylindre.

3. Le moteur tourne à la fréquence de rotation $n_{\text{mot}} = 1200 \text{ tr.min}^{-1}$. Calculer la consommation horaire C_m du moteur en litre pour ce régime de fonctionnement.

On rappelle qu'un cycle correspond à 2 tours de moteur et que le moteur comporte 4 cylindres.

C. Étude du moteur 24V du dévidoir PS. (7,5 points)

Le dévidoir PS situé à l'arrière du fourgon permet d'enrouler les tuyaux semi-rigides. Il est entraîné par un moto- réducteur à courant continu à aimant permanent, alimenté par la batterie 24 V du fourgon.

Il est doté d'un variateur de vitesse.

I. Détermination du couple utile du moto-réducteur au régime nominal.

Le rapport de réduction des vitesses de rotation est $r_v = 100$, ce qui signifie que la vitesse en sortie du réducteur est 100 fois plus petite que la vitesse réelle du moteur.

Le rendement en puissance du réducteur ρ_r est de 70 % au régime nominal.

Caractéristiques nominales du moteur :

Tension d'alimentation $U_n = 24 \text{ V}$.

Intensité du courant d'induit : $I_n = 13,0 \text{ A}$

Fréquence de rotation : $n_n = 2650 \text{ tr.min}^{-1}$

Résistance d'induit : $R = 0,38 \Omega$

Caractéristiques du moteur à vide :

Tension d'alimentation $U_v = U_n = 24 \text{ V}$.

Intensité du courant d'induit : $I_v = 1,0 \text{ A}$

1. Calculer la force électromotrice E_v du moteur à vide et E_n du moteur en régime nominal.

Calculer la fréquence de rotation n_v du moteur à vide.

2. Calculer la puissance P_v consommée à vide par le moteur. Indiquer à quoi correspond cette puissance.

BTS Maintenance Industrielle	SUJET	Session 2010
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MIE3SC10		Page 4/8

3. Déduire de la question précédente la somme des pertes fer et mécanique du moteur, P_C . On supposera ces pertes constantes dans la suite du problème.
4. Calculer la puissance nominale utile P_m du moteur et le moment nominal T_m du couple utile.
5. Calculer la puissance restituée P_r et le moment du couple T_r en sortie de réducteur en prenant comme puissance utile du moteur $P_m = 224 \text{ W}$.
Le réducteur réduit la fréquence de rotation. Quel autre intérêt présente-t-il ?

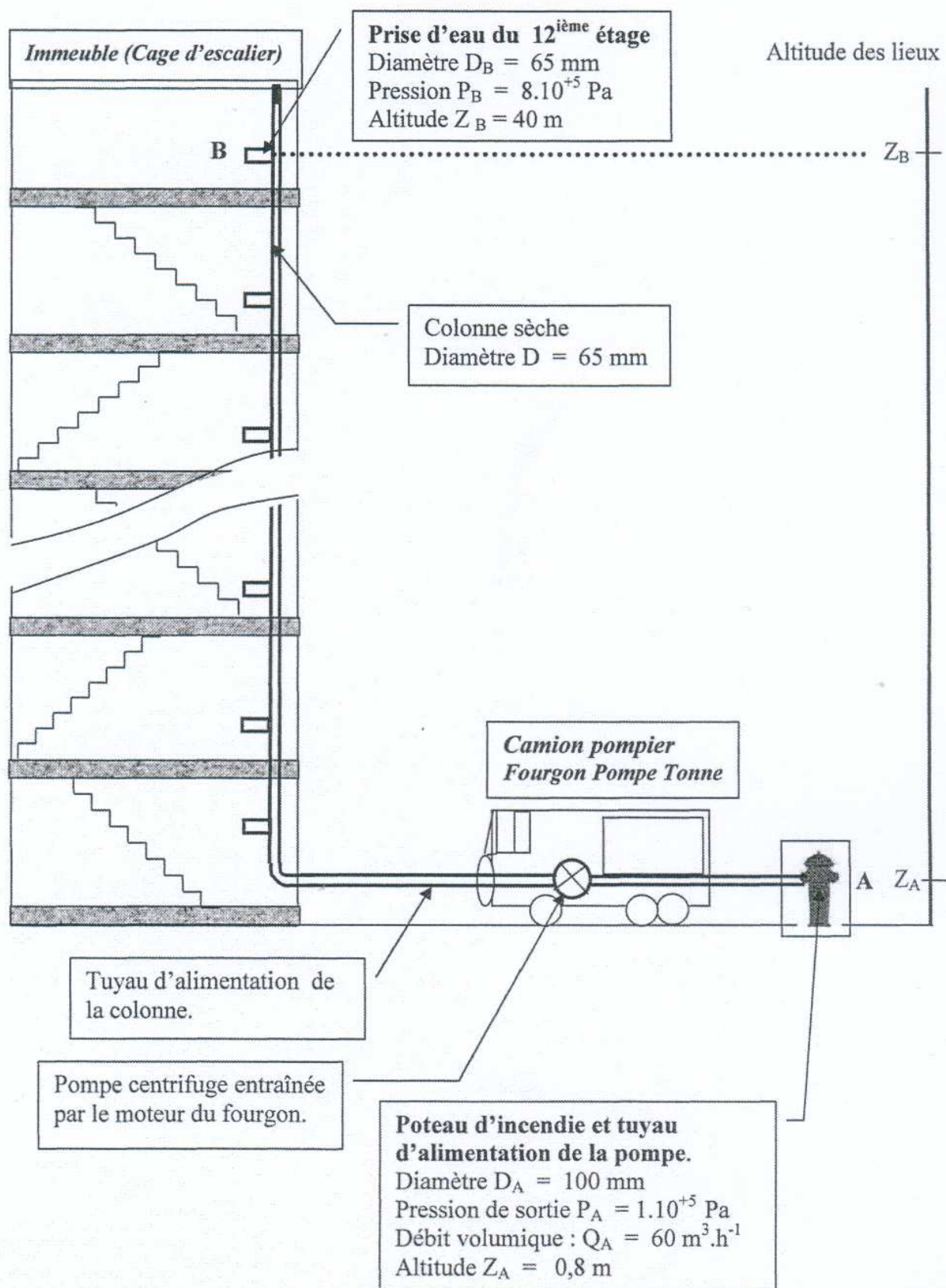
II. Etude du variateur de vitesse.

Le schéma électrique de principe du variateur de vitesse est donné sur la figure 1 du document réponse page 8.

1. Donner le nom de ce type de variateur.
2. On donne sur la figure 2 du document réponse, l'oscillogramme en mode DC (ou CC) de la tension u aux bornes du moteur. Placer sur le schéma électrique de principe du variateur de vitesse du dévidoir, sur la figure 1 du document réponse page 8, les branchements de la voie A de l'oscilloscope, permettant de visualiser la tension u .
3. Déduire de l'oscillogramme la fréquence f et le rapport cyclique α de la tension u .
4. Calculer la valeur moyenne U_{moy} de la tension u .
5. Représenter l'oscillogramme de la tension u observée sur la voie A de l'oscilloscope en mode AC (ou CA), sur la figure 3 du document réponse.

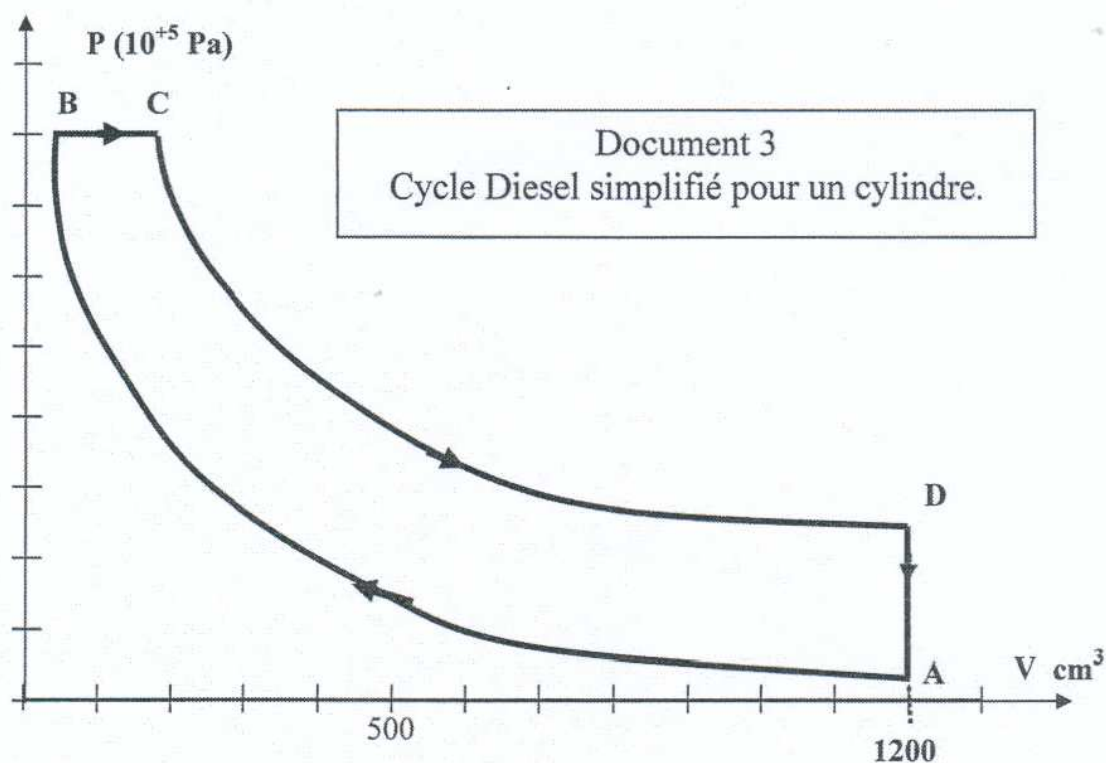
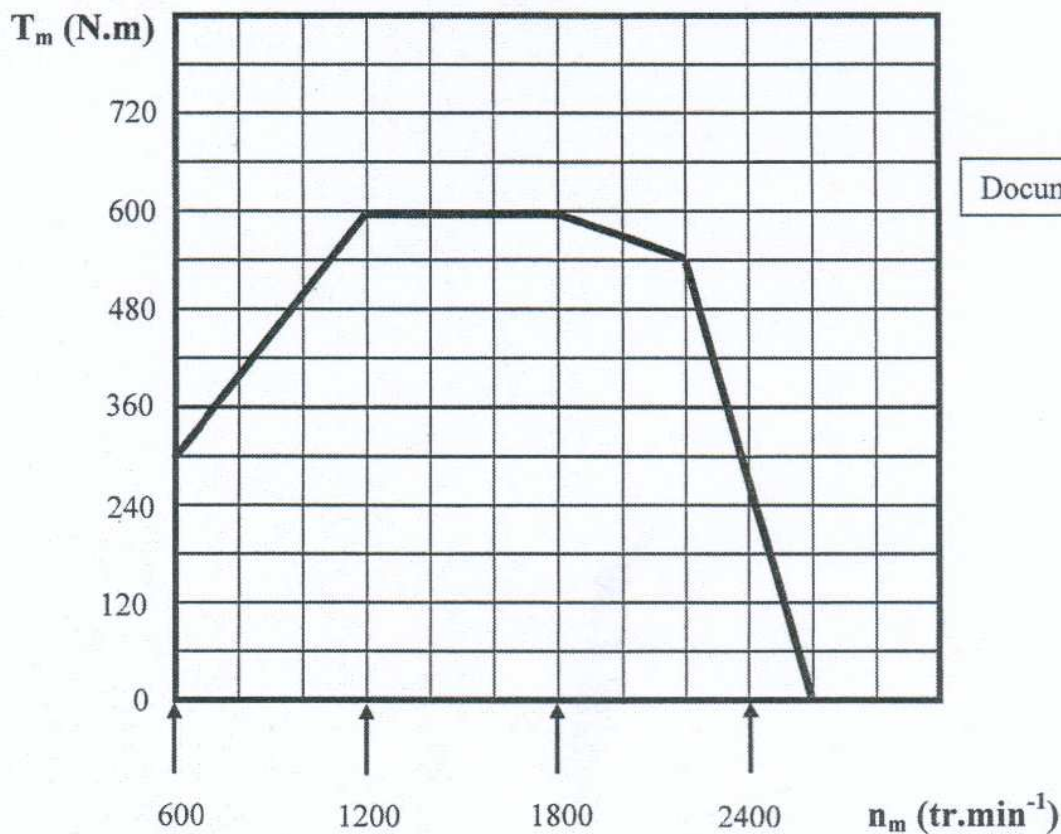
BTS Maintenance Industrielle	SUJET	Session 2010
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MIE3SC10		Page 5/8

Document 1



BTS Maintenance Industrielle	SUJET	Session 2010
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MIE3SC10		Page 6/8

Moment du couple du moteur du fourgon en fonction de sa fréquence de rotation



BTS Maintenance Industrielle	SUJET	Session 2010
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MIE3SC10		Page 7/8

Schéma électrique de principe du variateur de vitesse du dévidoir

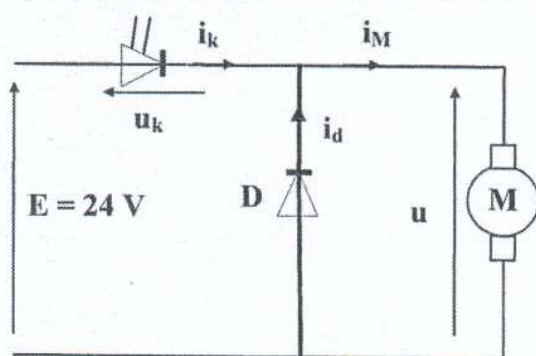
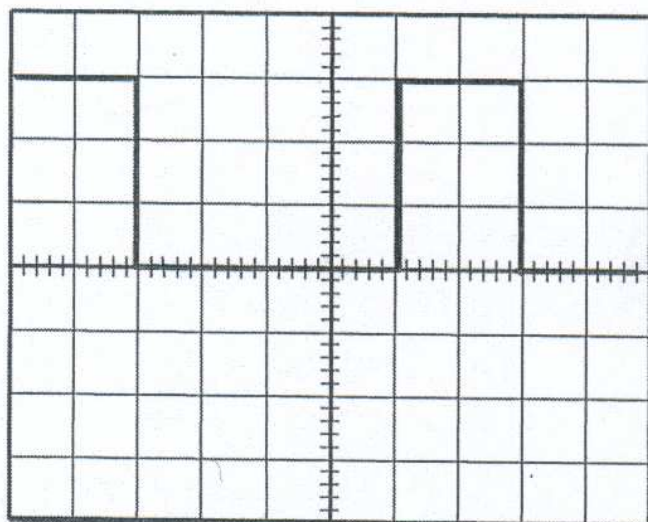


figure 1

1^{er} oscillogramme : mode DC

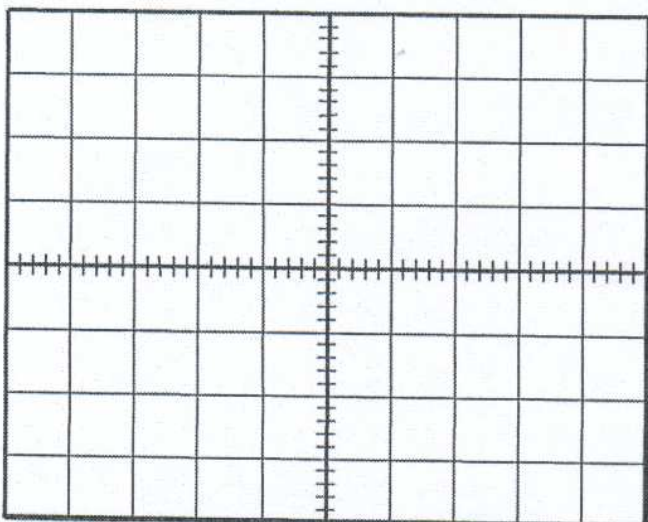


Voie A : 8 V.div⁻¹
Mode DC

Base de temps
1 ms.div⁻¹

figure 2

2nd oscillogramme : mode AC



Voie A : 8 V.div⁻¹
Mode AC

Base de temps
1 ms.div⁻¹

figure 3

BTS Maintenance Industrielle	SUJET	Session 2010
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MIE3SC10		Page 8/8