

SESSION 2009

**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.

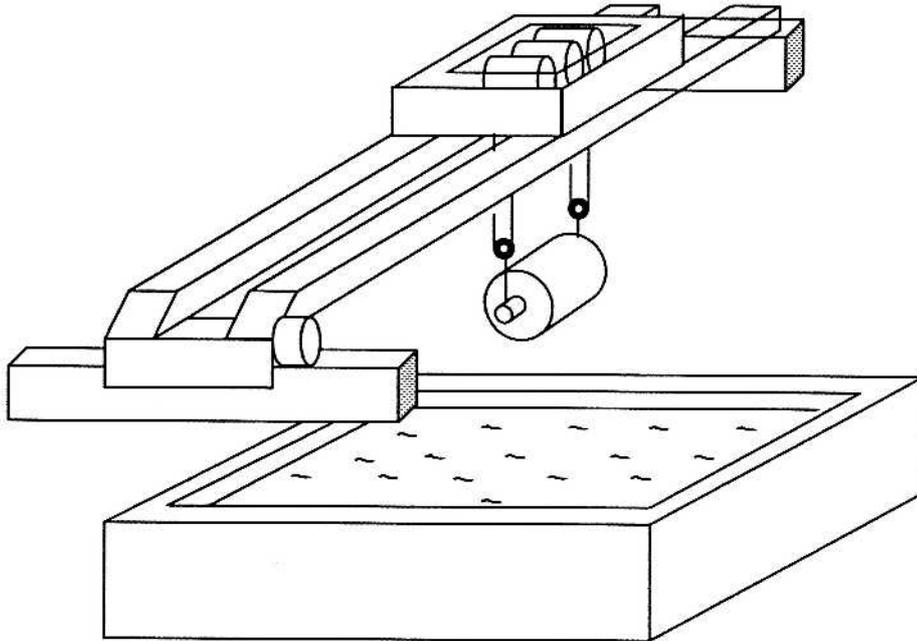
IMPORTANT

Ce sujet comporte 8 pages .

Les documents réponse page 6, 7 et 8 sont à remettre avec la copie.

MAINTENANCE D'UNE CHAÎNE DE BAINS DE TRAITEMENT

Une entreprise est spécialisée dans le traitement de surface par trempage de pièces métalliques de tailles diverses. Un pont roulant permet de faire progresser les pièces au travers de différents bains. L'équipe de maintenance de la société est en charge à la fois de l'outil de production et de la gestion des bâtiments.



L'étude portera sur quelques éléments relatifs au travail de l'équipe de maintenance dans cette entreprise. Les différentes parties du sujet sont indépendantes.

A. Etude mécanique de la charge

Le pont roulant permet de lever une charge d'une hauteur h de 3 m en une durée t_1 de 8 s. La masse totale à soulever m est égale à 800 kg.

Données :

- Accélération de la pesanteur : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.
1. Calculer le travail W_P du poids pour un déplacement vertical de la charge de la hauteur $h = 3 \text{ m}$, phase de levage.
 2. En négligeant les pertes liés aux frottements mécaniques, déterminer la puissance utile P_u que doit fournir le moteur d'entraînement.

BTS Maintenance Industrielle	SUJET	Session 2009
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MIE3SC9		Page 1/8

B. Moteur à courant continu

Le moteur d'entraînement est un moteur à courant continu à aimants permanents. La plaque signalétique est représentée ci-dessous :

3 kW	230 V
1500 tr/min	16 A

Le constructeur indique que la résistance totale du circuit d'induit R est égale à $1,5 \Omega$.

La f.é.m. induite E est proportionnelle à la vitesse angulaire Ω du rotor.

On pose : $E = k \Omega$ avec E en V et Ω en rad.s^{-1} .

1. En utilisant les données du constructeur, calculer la constante k .
2. Calculer la puissance absorbée P_{abs} par l'induit au point nominal ainsi que le rendement η de l'induit.
3. Compléter sur la figure 1 du document réponse 1 page 6 l'arbre des puissances de l'induit du moteur en précisant la nature des différentes puissances.

C. Alimentation du moteur par un pont redresseur à thyristors

La variation de vitesse du moteur à courant continu est assurée par un pont monophasé à thyristors. Le pont représenté figure 2 du document réponse 1 page 6 est alimenté par le réseau qui fournit une tension sinusoïdale de valeur efficace $U = 400 \text{ V}$ et de fréquence $f = 50 \text{ Hz}$. Les thyristors sont considérés comme parfaits.

Th_1 et Th_3 d'une part, Th_2 et Th_4 d'autre part, sont commandés de manière complémentaire avec un angle de retard à l'amorçage noté θ .

On admet que le courant I_C fourni par le pont à thyristors est parfaitement lissé grâce à l'inductance L_F , $I_C = \text{constante}$.

1. Indiquer sur le schéma de la figure 2 du document réponse 1 page 6, le branchement de l'oscilloscope permettant de visualiser la tension u_{Th_3} .
2. Exposer une procédure à suivre pour visualiser l'intensité du courant dans le thyristor Th_3 .
3. Les chronogrammes de la tension u_{Th_3} et de l'intensité du courant i_{Th_3} circulant dans le thyristor Th_3 pour un fonctionnement donné, sont représentés sur la figure 3 du document réponse 2 page 7.
 - 3.1. Déterminer θ_1 la valeur de θ , angle de retard à l'amorçage des thyristors pour ce fonctionnement.
 - 3.2. Sur la figure 3 du document réponse 2 page 7 :
 - Indiquer les intervalles de conduction des thyristors,
 - Représenter l'allure de la tension u_c à la sortie du pont
 - Représenter l'allure du courant i fourni par le réseau.

BTS Maintenance Industrielle	SUJET	Session 2009
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MIE3SC9		Page 2/8

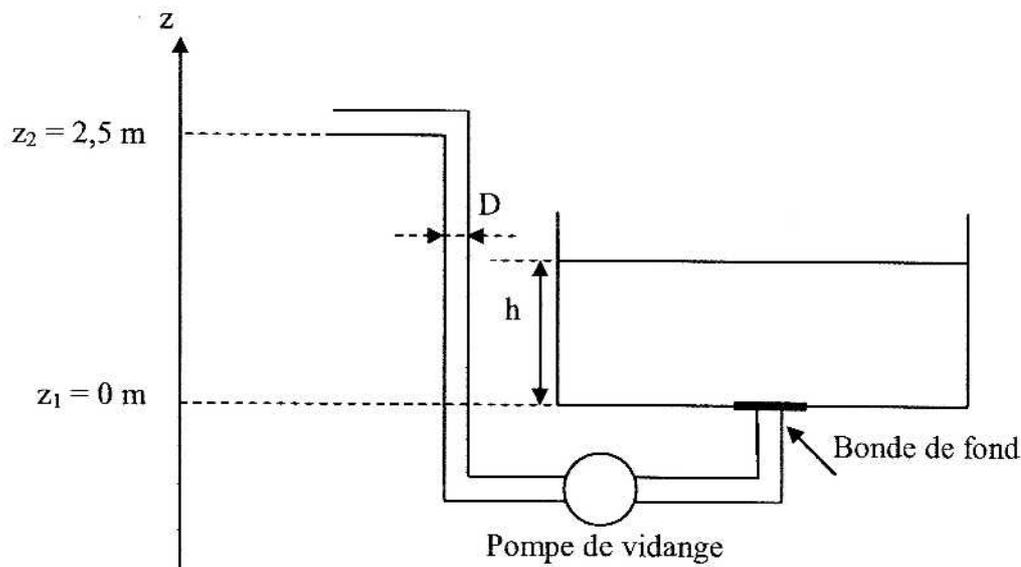
4. On montre que pour une valeur quelconque de θ , la valeur moyenne de la tension à la sortie du pont a pour expression :
$$U_{\text{cmoy}} = \frac{2 \cdot U \cdot \sqrt{2}}{\pi} \cos \theta$$
- 4.1. Déterminer la valeur numérique θ_2 que l'on doit donner à l'angle θ pour assurer le fonctionnement nominal du moteur à courant continu étudié dans la partie B.
- 4.2. Indiquer le type d'appareil à utiliser pour mesurer la valeur moyenne de la tension aux bornes du moteur et préciser la position du commutateur.
5. Afin de limiter la maintenance au niveau des balais des moteurs à courant continu et de moderniser l'installation, l'équipe de maintenance souhaite remplacer ces moteurs. Indiquer la nature des moteurs qui pourraient être envisagés ainsi que le type de convertisseur nécessaire à leur alimentation pour assurer le réglage de la vitesse.

D. Vidange d'un bassin de traitement

L'équipe de maintenance est en charge de la vidange annuelle des bassins de traitement. Chaque bassin est parallélépipédique de dimensions: $L = 4 \text{ m}$; $l = 3 \text{ m}$; $h = 2 \text{ m}$. Pour cette étude, le fluide est assimilé à de l'eau.

Données:

- Accélération de la pesanteur $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.
- Masse volumique de l'eau $\rho = 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$.



1. Grandeurs caractéristiques du bassin

- 1.1. Calculer le volume V_b de l'eau contenue dans le bassin.
- 1.2. On ne tient pas compte de la pression atmosphérique. Vérifier que la pression relative p_r exercée par l'eau sur la bonde de fond avant vidange est égale à $20 \cdot 10^3 \text{ Pa}$.

BTS Maintenance Industrielle	SUJET	Session 2009
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MIE3SC9		Page 3/8

2. Dimensionnement de la pompe de vidange

On désire vider le contenu de ce bassin en une durée d égale à 30 minutes en actionnant une pompe située dans la conduite de vidange. Cette conduite débouche à l'air libre à une altitude $z_2 = 2,5\text{m}$ au-dessus du fond du bassin de traitement. On négligera toutes les pertes de charge.

2.1. Calculer le débit volumique q'_v de la pompe.

2.2. Le diamètre de la conduite est $D = 5\text{ cm}$. Calculer la vitesse d'écoulement v' de l'eau dans cette conduite.

2.3. Déterminer la puissance P_{pompe} de la pompe nécessaire pour réaliser la vidange. On négligera les pertes en charge.

Rappel : Equation de Bernoulli :

$$\frac{1}{2}\rho(v_2^2 - v_1^2) + \rho g(z_2 - z_1) + (p_2 - p_1) = \frac{P_{\text{pompe}}}{q_v}$$

E. Chauffage des locaux

On s'intéresse au chauffage du local industriel réalisé par une pompe à chaleur.

La pompe à chaleur fonctionne avec comme source froide l'extérieur des locaux de température $\theta_{\text{froid}} = \theta_A = -10^\circ\text{C}$. La source chaude est constituée par l'intérieur du bâtiment de température $\theta_{\text{chaud}} = \theta_B = 20^\circ\text{C}$.

Dans cette pompe à chaleur, l'air décrit le cycle thermodynamique A – B – C – D – A suivant:

A – B : chauffage isochore jusqu'à la température T_B .

B – C : compression isotherme, le volume en C étant V_C .

C – D : refroidissement isochore jusqu'à la température T_A .

D – A : détente isotherme.

Chaque état du système est caractérisé par sa pression P , sa température T et son volume V . L'air est assimilé à un gaz parfait.

Données :

- $P_A = 1,0 \times 10^5\text{ Pa}$; $V_A = 1\text{ m}^3$; $V_C = 0,27\text{ m}^3$.
- Constante des gaz parfaits : $R = 8,31\text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.
- Capacité thermique molaire à volume constant de l'air : $C_v = 20,8\text{ J}\cdot\text{mol}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$.
- Transformation isotherme : $Q_{1 \rightarrow 2} = n R T \ln \frac{V_2}{V_1}$

1. Grandeurs thermodynamiques

1.1. Sur la figure 4 du document réponse 3 page 8, compléter l'allure du diagramme de Clapeyron en indiquant les états du système ainsi que le sens de parcours du cycle.

1.2. Calculer le nombre n de moles de gaz constituant le système thermodynamique.

BTS Maintenance Industrielle	SUJET	Session 2009
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MIE3SC9		Page 4/8

1.3. Calculer les quantités de chaleur Q_{AB} ; Q_{BC} ; Q_{CD} et Q_{DA} échangées par l'air au cours des transformations AB, BC, CD et DA . Vérifier que $Q_{AB} = - Q_{CD}$.

2. Efficacité thermodynamique

2.1. Enoncer le premier principe de la thermodynamique pour un cycle.

2.2. Calculer le travail total W_{cycle} échangé par l'air au cours du cycle et commenter son signe.

2.3. Exprimer l'efficacité e de la pompe à chaleur en fonction des grandeurs Q_{BC} et W_{cycle} .

2.4. Déduire des données précédentes la valeur numérique de l'efficacité e .

2.5. Le schéma de principe d'une pompe à chaleur est donné à la figure 5 du document réponse 3 page 8. Indiquer la nature et le sens des flux énergétiques.

BTS Maintenance Industrielle	SUJET	Session 2009
Epreuve U32/ Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MIE3SC9		Page 5/8

Document réponse 1
à rendre avec la copie

figure 1 - Partie B

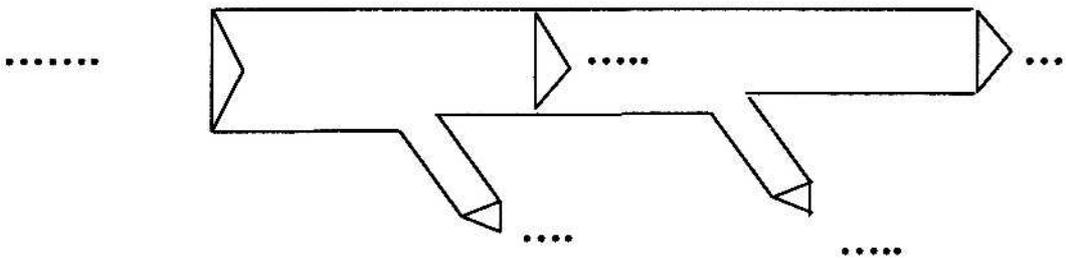
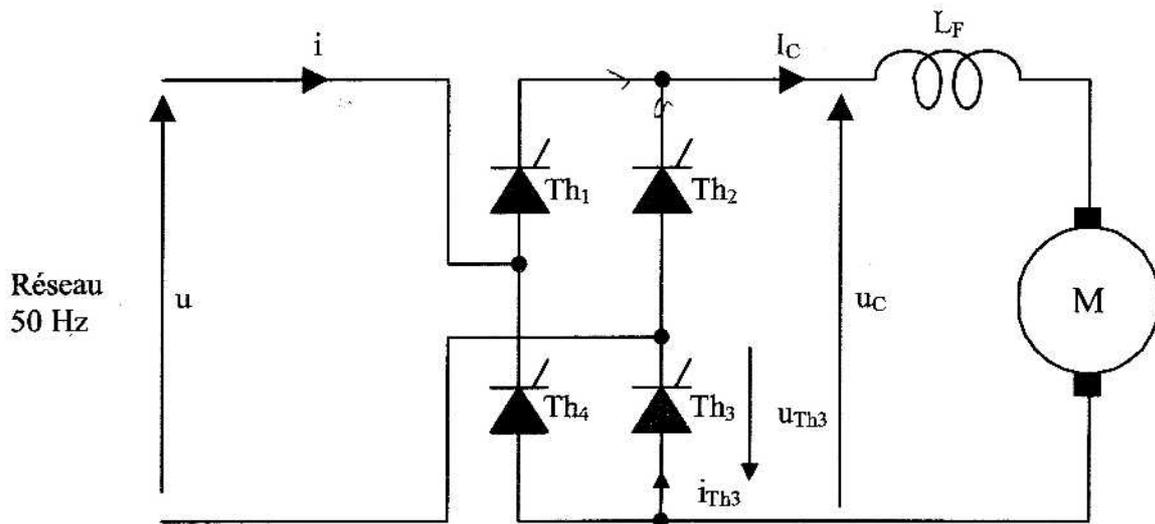


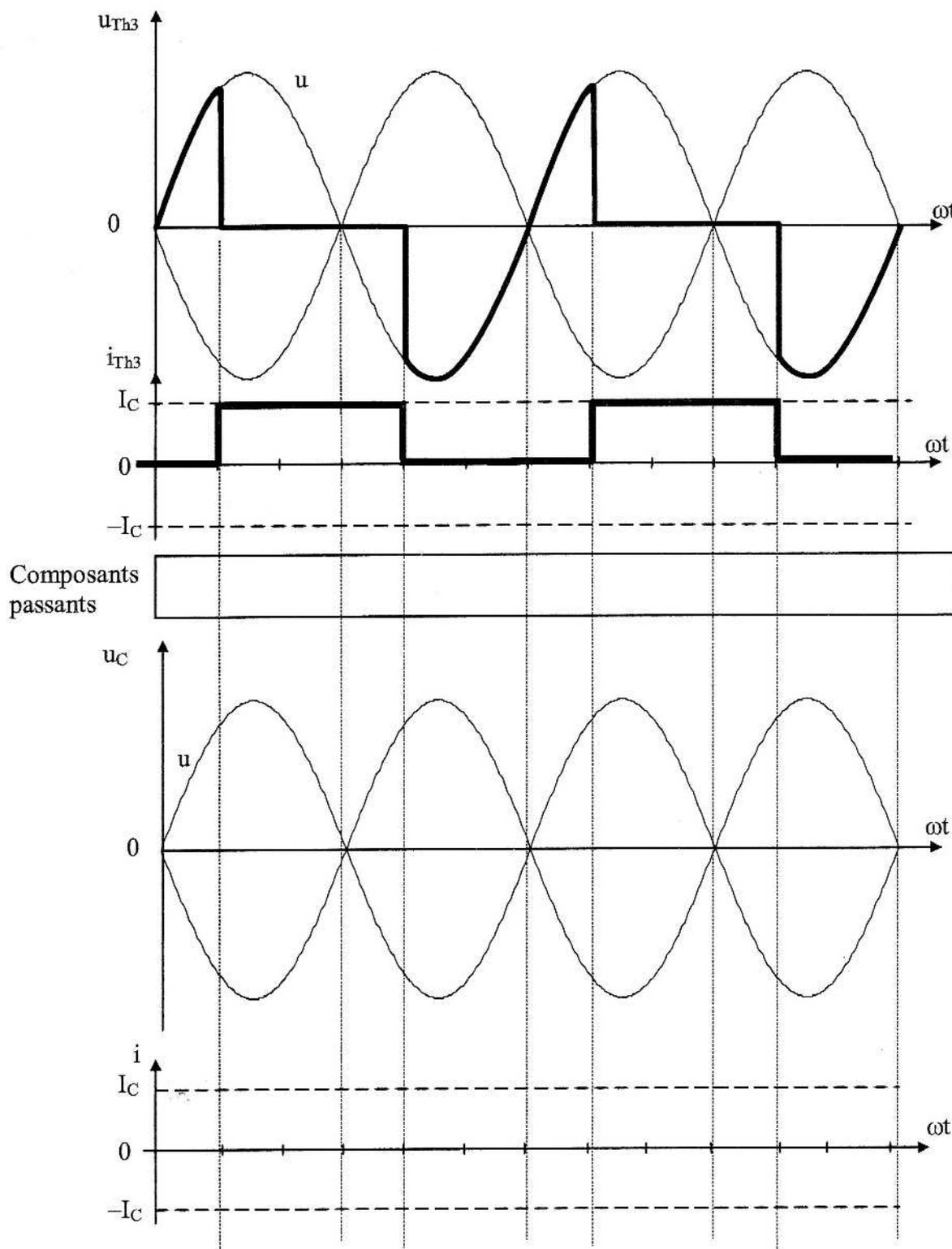
figure 2 - Partie C



BTS Maintenance Industrielle	SUJET	Session 2009
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MIE3SC9		Page 6/8

**Document réponse 2
à rendre avec la copie**

figure 3 - Partie C



BTS Maintenance Industrielle	SUJET	Session 2009
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MIE3SC9		Page 7/8

**Document réponse 3
à rendre avec la copie**

figure 4 - Partie E

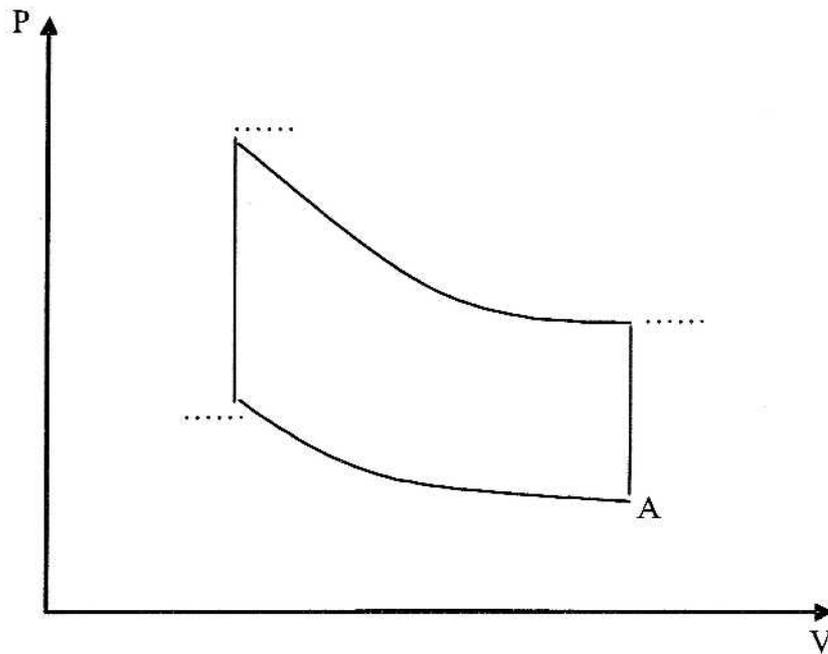
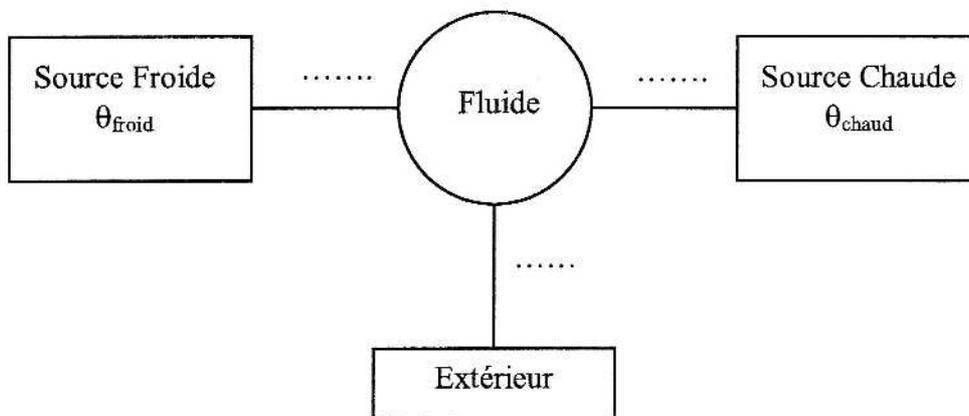


figure 5 - Partie E



BTS Maintenance Industrielle	SUJET	Session 2009
Epreuve U32 Sciences Physiques	Durée : 2 heures	Coefficient : 2
CODE : MIE3SC9		Page 8/8