

BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

TRAVAUX PUBLICS

**EPREUVE E3: MATHÉMATIQUES ET  
SCIENCES PHYSIQUES  
UNITÉ U32 : SCIENCES PHYSIQUES**

Durée : 2 heures

Coefficient : 2

Calculatrice autorisée conformément à la circulaire n° 99-186  
du 16 novembre 1999.  
Aucun document autorisé

Document(s) à rendre avec la copie : Page 5/5

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il soit complet.  
Le sujet comporte 5 pages, numérotées de 1 à 5.

Code sujet : TVE3SC

## Exercice A. Distribution d'eau à partir d'un château d'eau

La surface libre C de l'eau contenue dans un château d'eau est à une hauteur  $h = 60$  m du sol.

Un immeuble est alimenté par ce château d'eau. Le sol sur lequel sont construits l'immeuble et le château d'eau est horizontal (voir ci-contre figure 1).

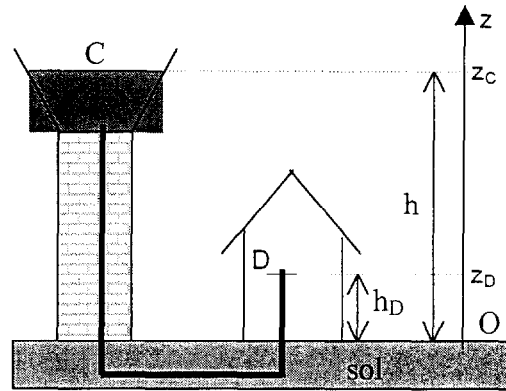


figure 1

**A1** - Énoncer le principe fondamental de la statique des fluides.

**A2** - Calculer l'écart entre la pression de l'eau au niveau d'un robinet D situé à 15 m de hauteur dans l'immeuble et la pression atmosphérique.

**A3** - En déduire la pression  $p_D$  de l'eau au niveau du robinet D.

**A4** - On ouvre le robinet D. La section  $S$  de la canalisation alimentant ce robinet est de  $1,13 \text{ cm}^2$ . En utilisant l'équation de Bernoulli entre les points C et D, calculer :

**A4.1** - la vitesse d'écoulement dans la canalisation

**A4.2** - le débit en  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$  dans cette canalisation.

**A5** - On branche maintenant un nettoyeur haute pression sur ce robinet D. La pression  $p_E$  obtenue en E à la sortie du compresseur pour un même débit et au même niveau est élevée à  $15,5 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ .

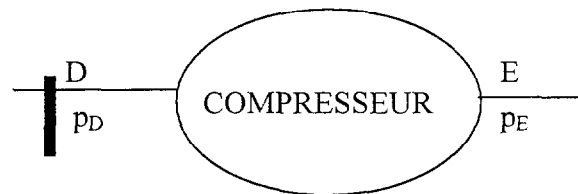


figure 2

On admettra que le débit garde la valeur précédemment calculée au A4.2.

Calculer la puissance de ce compresseur  $P_C$  en utilisant la relation suivante déduite du théorème de Bernoulli :

$$P_C = (p_E - p_D) \cdot q_v$$

Données :

masse volumique de l'eau  $\rho_{eau} = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$   
pression atmosphérique normale  $p_0 = 1 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

$$g = 10 \text{ N} \cdot \text{kg}^{-1}$$

relation de Bernoulli pour un fluide parfait en écoulement sans machine :

$$P_1 + \frac{1}{2} \rho V_1^2 + \rho g z_1 = P_2 + \frac{1}{2} \rho V_2^2 + \rho g z_2$$

## Exercice B. Lutte contre la corrosion

Un moyen de protéger les canalisations souterraines en fer consiste à raccorder celles-ci à des blocs de zinc qu'on sacrifie et qu'on remplace régulièrement.

La réalisation de cette protection peut être schématisée par la figure 3 ci-dessous :

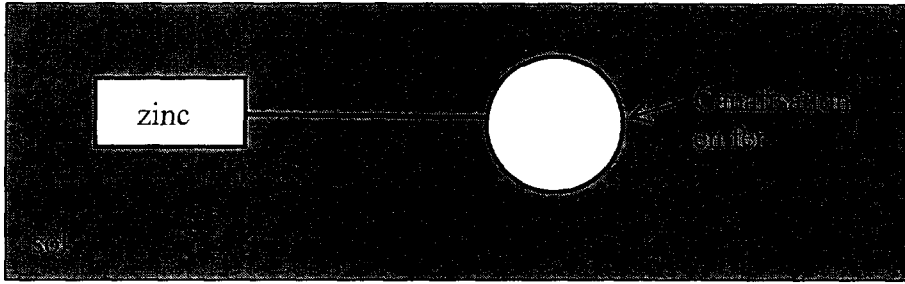
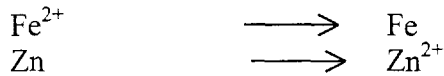


figure 3

La rouille qui se forme sur la canalisation est formée en partie avec des ions fer II ( $\text{Fe}^{2+}$ ). Le but de la protection est de reformer du fer sous sa forme métal.

Le zinc sacrifié se transforme lors de la réaction en ion zinc II ( $\text{Zn}^{2+}$ ).

**B1** - Compléter les demi-équations électroniques proposées ci-dessous sur la feuille réponse :



puis écrire l'équation bilan de cette réaction sur la même feuille réponse.

**B2** - Indiquer le sens de déplacement des électrons dans la jonction fer zinc en complétant la figure de la feuille réponse n°1. Indiquer le pôle positif et le pôle négatif de la pile en court-circuit ainsi réalisée.

**B3** - Le courant circulant dans cette jonction est de 50 mA . Quelle quantité d'électricité ce courant transporte-t-il par jour ? Quelle masse de zinc est de cette façon sacrifiée par jour ?

**B4** - Citer un autre moyen de lutte contre la corrosion.

Données :

$$M(\text{Zn}) = 65,4 \text{ g.mol}^{-1}$$

La charge portée par une mole d'électrons est :  $Q_{\text{mol}} = 96500 \text{ C}$ .

La quantité d'électricité transportée par un courant d'intensité  $I$  pendant une durée  $\Delta t$  est donnée par l'expression suivante :  $Q = I.\Delta t$

## Exercice C. Pompe à chaleur : Installation de chauffage.

*Principe.* La chaleur est pompée d'un corps froid et transmise à un corps chaud grâce à un compresseur d'air et à un détendeur. Ce cycle nécessite un apport extérieur d'énergie.

Une pompe à chaleur fonctionne avec deux sources :

- une source froide constituée par une nappe souterraine;
- le circuit de chauffage de l'installation qui constitue la source chaude.

Le fluide utilisé dans cette pompe à chaleur est de l'air assimilable à un gaz parfait de constante  $R = 8,32 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$ , de capacité thermique molaire à pression constante  $C_p = 29,1 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$ .

Le rapport  $\gamma$  des capacités thermiques à pression constante  $C_p$  et à volume constant  $C_v$  est tel que :

$$\gamma = \frac{C_p}{C_v} = 1,4 *$$

L'air de la pompe à chaleur subit le cycle de transformations suivant:

Passage de l'état initial A à l'état B par une **compression adiabatique** réversible dans un compresseur.

État A : pression  $p_A = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$       volume  $V_A$       température  $T_A = 298 \text{ K}$ .  
État B : pression  $p_B = 2,2 \cdot 10^5 \text{ Pa}$       volume  $V_B$       température  $T_B$ .

Passage de l'état B à l'état C par une **transformation isobare** pendant laquelle l'air transfère à la source chaude une quantité de chaleur  $Q_{BC}$ .

État C : pression  $p_C = p_B$       température  $T_C = 340 \text{ K}$ .

Passage de l'état C à l'état D par une **détente adiabatique** réversible.

État D : pression  $p_D = p_A$       température  $T_D$ .

Passage de l'état D à l'état A par une **transformation isobare** pendant laquelle l'air reçoit de la source froide une quantité de chaleur  $Q_{DA}$ .

C1 – Détermination de la valeur des grandeurs dans chaque état :

On effectuera les calculs relatifs à une mole d'air ( $n = 1 \text{ mol}$ ) puis les résultats des calculs de volume, de pression et de température seront reportés dans le tableau de la feuille réponse.

- C1.1 - Calculer  $V_A$ .
- C1.2 - En déduire  $V_B$ .
- C1.3 - Calculer  $T_B$ .
- C1.4 - Calculer  $V_C$ .
- C1.5 - Calculer  $V_D$ .
- C1.6 - Vérifier alors que  $T_D = 271 \text{ K}$ .

C2 – Détermination du cycle de Clapeyron :

- C.2.1. Compléter le cycle de Clapeyron (P, V) sur la feuille réponse en y plaçant les points C et D.
- C.2.2. Préciser le sens de parcours du cycle.

C.3. On étudie le bilan thermique.

- C.3.1. Calculer les quantités de chaleur échangées  $Q_{BC}$  et  $Q_{DA}$ .
- C.3.2. Donner la valeur de la quantité de chaleur échangée lors d'une transformation adiabatique.
- C.3.3. En déduire le travail  $W$  échangé au cours de la totalité du cycle.

C.3.4. On définit l'efficacité  $e$  de la pompe par le rapport suivant :  $e = \frac{Q}{W}$  pour lequel  $Q$  est la quantité de chaleur transférée à la source chaude au cours d'un cycle décrit par l'air et  $W$  est le travail échangé par l'air au cours de ce même cycle.

Calculer  $e$  et conclure.

### Rappel.

Pour un gaz parfait subissant une transformation adiabatique d'un état caractérisé par les grandeurs ( $p_A, V_A, T_A$ ) à un état B caractérisé par les grandeurs ( $p_B, V_B, T_B$ ), on peut écrire :

$$p_A \cdot V_A^\gamma = p_B \cdot V_B^\gamma \quad \text{et} \quad T_A \cdot V_A^{\gamma-1} = T_B \cdot V_B^{\gamma-1}$$

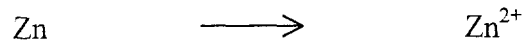
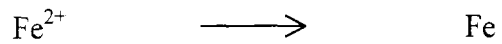
Pour un gaz parfait subissant une transformation isobare  $Q = n \cdot C_p \cdot \Delta T$

Lors d'un cycle de transformations d'un gaz parfait,  $\sum Q + \sum W = 0$

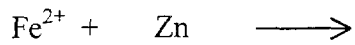
# Feuille réponse à joindre à la copie

## Exercice B. Lutte contre la corrosion

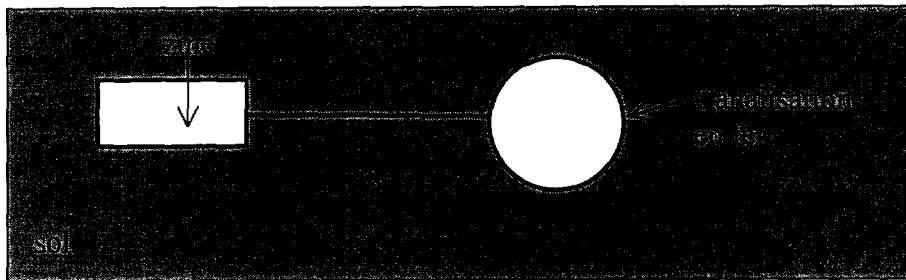
B1 - compléter les demi-équations :



- équation – bilan de la réaction totale :



B2 - lutte contre la formation de rouille.



## Exercice C. Pompe à chaleur

C1 – tableau des valeurs des grandeurs pression, volume et température.

	Pression (Pa)	Volume (L)	Température (K)
État A	$p_A = 1 \cdot 10^5$	$V_A =$	$T_A = 298$
État B	$p_B = 2,2 \cdot 10^5$	$V_B =$	$T_B =$
État C	$p_C = p_B$	$V_C =$	$T_C = 340$
État D	$p_D = p_A$	$V_D =$	$T_D =$

C2 – diagramme de Clapeyron

