

BTS FLUIDES ÉNERGIES ENVIRONNEMENTS

SCIENCES PHYSIQUES – U. 22

SESSION 2010

—
Durée : 2 heures
Coefficient : 2
—

Matériel autorisé :

- Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Cirulaire n°99-186, 16/11/1999).

Document à rendre avec la copie :

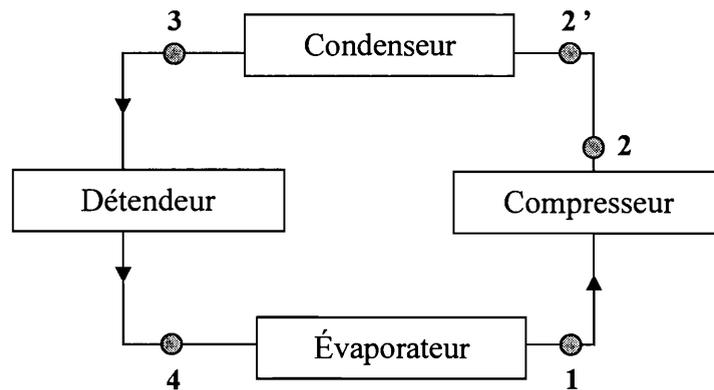
-Document-réponsepage 6/6

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet comporte 6 pages, numérotées de 1/6 à 6/6.

BTS FLUIDES ÉNERGIES ENVIRONNEMENTS		Session 2010
Sciences physiques – U. 22	FEE2SC	Page : 1/6

I – THERMODYNAMIQUE (8 points)

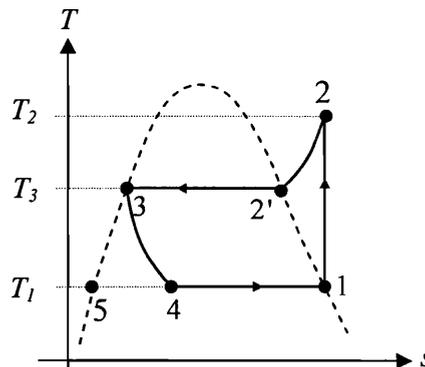
Le principe d'un réfrigérateur à compression est indiqué ci-dessous :



Le fluide utilisé est l'ammoniac et le cycle décrit par un kilogramme de ce fluide est schématisé dans le diagramme entropique (T, s) sur lequel la courbe de saturation est représentée en pointillés (l'entropie massique s est en abscisse, la température absolue T en ordonnée).

L'état 5 est un état fictif de l'ammoniac car il ne fait pas partie du cycle décrit par ce fluide.

Dans l'état 5, l'ammoniac serait à l'état de liquide saturé.



1 - L'ammoniac sort de l'évaporateur dans l'état 1 (température $T_1 = 263 \text{ K}$, pression $p_1 = 2,9 \text{ bar}$) sous forme de vapeur saturante sèche. Il passe alors dans le compresseur où il subit une compression adiabatique réversible. Il sort du compresseur (à l'état de vapeur surchauffée) dans l'état 2 (température T_2 et pression $p_2 = 10,7 \text{ bar}$).

En assimilant l'ammoniac gazeux à un gaz parfait, exprimer littéralement puis calculer la température T_2 en fin de compression.

Données

Rapport des capacités thermiques du gaz ammoniac, à pression et volume constants : $\gamma = 1,29$.

Pour la suite de l'exercice, on prendra $T_2 = 353 \text{ K}$.

2 - De 2 en 2', l'ammoniac se refroidit de manière isobare, de la température $T_2 = 353 \text{ K}$ à la température $T_3 = 300 \text{ K}$.

2.1. En assimilant l'ammoniac gazeux à un gaz parfait, exprimer puis calculer l'énergie $q_{22'}$ échangée sous forme de chaleur par 1 kg de fluide, avec le milieu extérieur, au cours de ce refroidissement.

2.2. Commenter le signe de $q_{22'}$.

Donnée

Capacité thermique massique moyenne de l'ammoniac gazeux, à pression constante, entre les températures T_2 et T_3 : $c_p = 2,75 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

3 - L'ammoniac est dans l'état 2' sous forme de vapeur saturante sèche. Il pénètre alors dans le condenseur où il se liquéfie, à la pression $p_3 = p_2$ et à la température T_3 . À la sortie du condenseur, en 3, le fluide est à l'état de liquide saturé.

Calculer l'énergie $q_{2'3}$ échangée sous forme de chaleur par 1 kg de fluide, avec le milieu extérieur, au niveau du condenseur.

Donnée

Enthalpie massique de vaporisation de l'ammoniac à la température $T_3 = 300 \text{ K}$: $L_v = 1,16 \times 10^3 \text{ kJ.kg}^{-1}$.

4 - Le liquide pénètre alors dans le détendeur. De 3 à 4, il subit une détente isenthalpique au cours de laquelle une partie du liquide se vaporise. La vaporisation du liquide restant va se terminer dans l'évaporateur, à la pression p_1 et à la température T_1 .

4.1. Calculer la masse de liquide m_{liq} qui se vaporise dans l'évaporateur lorsque 1 kg de fluide décrit le cycle.

Pour la suite de l'exercice, le titre en vapeur x sera arrondi à 13 %.

4.2. Calculer l'énergie q_{41} échangée sous forme de chaleur par cette masse de liquide, avec le milieu extérieur, au niveau de l'évaporateur.

Données

Enthalpies massiques de l'ammoniac dans les états 1, 3, 4 et dans l'état (fictif) 5 :

$$h_1 = 1449 \text{ kJ.kg}^{-1} ; \quad h_3 = h_4 = 324 \text{ kJ.kg}^{-1} ; \quad h_5 = 153 \text{ kJ.kg}^{-1} .$$

5 – Efficacité du réfrigérateur

5.1. Exprimer puis calculer l'énergie totale q_{tot} échangée sous forme de chaleur par 1 kg de fluide avec le milieu extérieur, au cours du cycle.

Rappel : le fluide n'échange aucune énergie sous forme de chaleur lors de sa détente isenthalpique.

5.2. À l'aide du premier principe de la thermodynamique, exprimer puis calculer l'énergie w_{tot} échangée par 1 kg de fluide avec le milieu extérieur, au cours du cycle. Commenter son signe.

5.3. Où doit-on placer le compartiment à refroidir ? Justifier brièvement la réponse.

5.4. Déterminer l'expression littérale de l'efficacité **théorique** e de la machine frigorifique et vérifier que sa valeur numérique est de l'ordre de 6,3.

II – ÉLECTRICITÉ (7 points)

On considère une installation électrique alimentée par un réseau triphasé équilibré 230 V / 400 V, 50 Hz.

Cette installation comporte :

- deux moteurs asynchrones triphasés consommant chacun une puissance active $P_M = 30$ kW avec un facteur de puissance égal à $\cos \varphi_M = 0,75$;
- trois fours triphasés consommant chacun une puissance active $P_F = 5$ kW avec un facteur de puissance $\cos \varphi_F = 1,00$.

- 1 - Déterminer les puissances réactives et apparentes d'un moteur et d'un four.
- 2 - Déterminer les puissances active P_{tot} , réactive Q_{tot} et apparente S_{tot} consommées par l'ensemble en fonctionnement en complétant le **document-réponse (document 1 page 6/6, à rendre avec la copie)**.
- 3 - Déterminer le facteur de puissance $\cos \phi_{tot}$ de cette installation.
- 4 - Déterminer l'intensité efficace I du courant de la ligne qui alimente cette installation électrique.

On cherche maintenant à relever le facteur de puissance à une valeur $\cos \phi'_{tot} = 0,98$ afin de satisfaire les conditions demandées par le fournisseur d'énergie électrique. Pour cela, on place une batterie de trois condensateurs montés en triangle ayant chacun une capacité C .

- 5 - Donner, sans démonstration, la valeur de la puissance active consommée par un condensateur, puis par la batterie de condensateurs.
- 6 - Déterminer la nouvelle valeur I' de l'intensité efficace du courant qui alimente l'ensemble.
- 7 - En déduire un intérêt du relèvement du facteur de puissance.

III – CHIMIE (5 points)

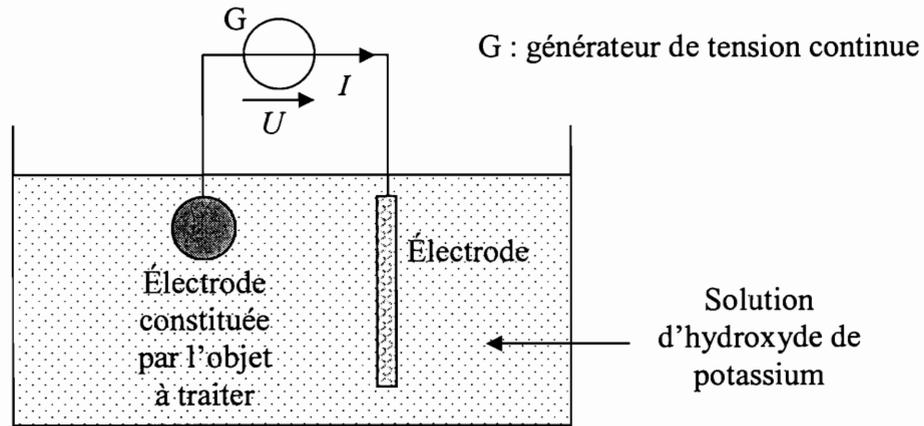
L'Hermione est une frégate qui a transporté La Fayette aux États-Unis. Construite en 1779, elle a coulé en 1793 au large des côtes françaises. Les canons et l'ancre de cette épave ont été remontés à la surface en 2005 et ont subi un traitement électrolytique de 45 mois avant leur exposition à l'air libre.

Un technicien du laboratoire chargé de leur traitement explique :

« exposées à l'air, ces pièces gorgées de sel seraient victimes de la corrosion si elles ne bénéficiaient d'un traitement électrolytique qui dure plusieurs années et permet, dans un premier temps, de libérer l'objet de la gangue de sédiments et coquillages qui l'emprisonne, puis de supprimer les traces de sel, avant de le sécher et traiter pour qu'il se conserve parfaitement. »

Aide : à leur sortie de l'eau, les vestiges sous-marins sont recouverts de concrétions atteignant plusieurs centimètres d'épaisseur formant une épaisse croûte (on parle d'une gangue) autour des objets.

Le schéma de principe du traitement est le suivant :



1 - Le bain électrolytique est une solution d'hydroxyde de potassium. L'hydroxyde de potassium est un solide qui, comme l'hydroxyde de sodium, est une base forte.

1.1. Expliquer ce qu'est une base forte.

1.2. Écrire le bilan de la réaction de dissolution de l'hydroxyde de potassium dans l'eau.

Donnée

La formule de l'hydroxyde de potassium solide est $\text{KOH}_{(s)}$.

Rappel : la formule de l'hydroxyde de sodium solide est $\text{NaOH}_{(s)}$.

2 - Compléter le **document 2** du **document-réponse page 6/6 (à rendre avec la copie)** en indiquant les polarités du générateur et le sens de déplacement des électrons.

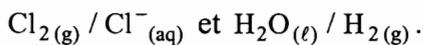
3 - La réaction se produisant à l'électrode reliée à la borne positive du générateur est-elle une oxydation ou une réduction ? Justifier.

4 - À l'une des électrodes, on observe un dégagement de dihydrogène.

La pression exercée par le dihydrogène permet de décoller plus facilement la gangue.

4.1. Quelle est l'équation de la réaction électrochimique qui se produit à cette électrode ?

4.2. Écrire alors le bilan global de la réaction qui a eu lieu lors de la restauration de ces vestiges, sachant que les couples d'oxydoréduction mis en jeu sont :



Données

Couple	Demi-équation électronique associée
$\text{Cl}_{2(g)} / \text{Cl}^{-}_{(aq)}$	$\text{Cl}_{2(g)} + 2 e^{-} = 2 \text{Cl}^{-}_{(aq)}$
$\text{H}_2\text{O}_{(l)} / \text{H}_{2(g)}$	$2 \text{H}_2\text{O}_{(l)} + 2 e^{-} = \text{H}_{2(g)} + 2 \text{HO}^{-}_{(aq)}$

Examen ou concours : _____ Série* : _____

Spécialité/Option : _____

Repère de l'épreuve : _____

Épreuve/sous-épreuve : _____
(Préciser, s'il y a lieu, le sujet choisi)

Numérotez chaque page (dans le cadre en bas de la page) et placez les feuilles intercalaires dans le bon sens.

DOCUMENT – RÉPONSE

(À RENDRE AVEC LA COPIE)

Document 1 – À compléter

	Puissance active	Puissance réactive	Puissance apparente
Un moteur M (valeur numérique)	$P_M =$	$Q_M =$	$S_M =$
Un four F (valeur numérique)	$P_F =$	$Q_F =$	$S_F =$
Ensemble 2 moteurs + 3 fours	$P_{tot} =$	$Q_{tot} =$	$S_{tot} =$

Document 2 – Indiquer les polarités et le sens de déplacement des électrons