

# BTS FLUIDES ÉNERGIES ENVIRONNEMENTS

## SCIENCES PHYSIQUES – U. 22

Session 2007

Durée : 2 heures  
Coefficient : 2

**Matériel autorisé :**

Calculatrice conformément à la circulaire N°99-186 du 16/11/1999

**Documents à rendre avec la copie :**

Annexe 1.....page 4/5  
Annexe 2.....page 5/5

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

BTS FLUIDES ÉNERGIES ENVIRONNEMENT		Session 2007
Sciences physiques – U. 22		FEE2SC
Coefficient : 2	Durée : 2 heures	Page : 1/5

**Il est rappelé que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des explications entreront pour une part importante dans l'appréciation des copies. Toute réponse devra être justifiée.**

Le sujet comporte 3 exercices indépendants.

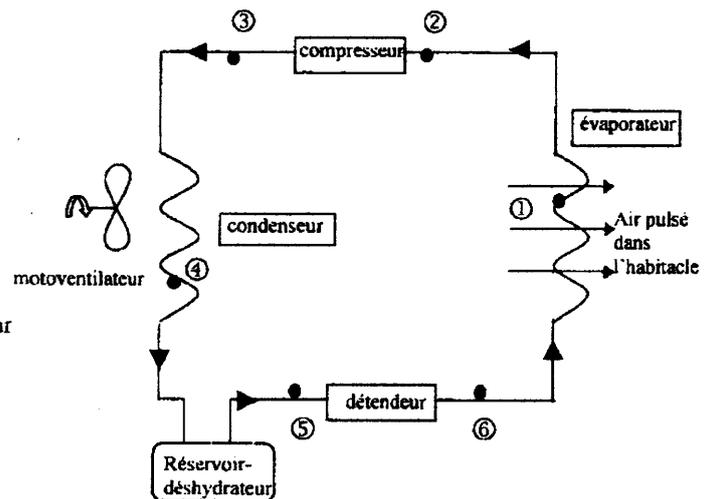
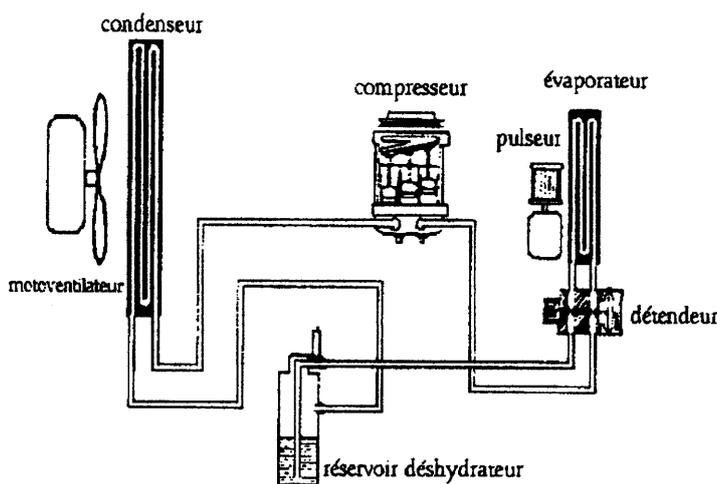
**Problème I : THERMODYNAMIQUE (8 points)**

**- ÉTUDE DU CYCLE DE PRODUCTION DU FROID D'UNE CLIMATISATION AUTO -**

Les véhicules équipés de la climatisation en série occupent une place de plus en plus importante sur le marché automobile : en 2005, cet équipement a été présent sur près de 90 % des véhicules neufs en France.

Le fluide frigorigène subissant le cycle est de l'hydrofluorocarbure HFC connu sous le code **R134a**. On admet qu'il se conduit à l'état gazeux comme un gaz parfait de caractéristique massique  $r = 85 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$  et

d'exposant adiabatique  $\gamma = \frac{c_p}{c_v} = 1,12$ .



Le cycle théorique du R134a est le suivant :

- En ①, dans l'évaporateur, le fluide frigorigène est entièrement à l'état de vapeur saturante :  $p_1 = 3,5 \text{ bar}$ ,  $\theta_1 = 5,0 \text{ }^\circ\text{C}$ ,  $h_1 = 400 \text{ kJ.kg}^{-1}$ . Il subit alors un **échauffement isobare** en sortie de l'évaporateur jusqu'à l'entrée du compresseur caractérisé par l'état ② :  $p_2 = 3,5 \text{ bar}$ ,  $h_2 = 415 \text{ kJ.kg}^{-1}$ ,  $\theta_2$ .
- La vapeur surchauffée basse pression est alors comprimée par le compresseur de 3,5 bar à 10 bar (état ③). Sa température est alors  $\theta_3$ . La **compression** est supposée **adiabatique réversible**.
- Entre ③ et ④, la vapeur surchauffée haute pression est refoulée dans le condenseur où elle cède à l'air extérieur une quantité de chaleur sous **pression constante**. Le fluide frigorigène se condense alors entièrement (état ④).
- En sortie du condenseur, le fluide liquéfié se **sous-refroidit** et traverse un réservoir déshydrateur, toujours à **pression constante**. L'état ⑤ caractérise ce sous refroidissement.
- Entre ⑤ et ⑥, le fluide est acheminé dans un **détendeur** où il subit une **détente isenthalpique** ; sa pression passe alors de 10 bar à 3,5 bar. Le fluide se vaporise alors partiellement. L'état ⑥ est caractérisé par les données suivantes : titre massique en vapeur 20 % ; température  $\theta_6 = 5,0 \text{ }^\circ\text{C}$  ; pression  $p_6 = 3,5 \text{ bar}$ .

BTS FLUIDES ÉNERGIES ENVIRONNEMENT		Session 2007
Sciences physiques – U. 22		FEE2SC
Coefficient : 2	Durée : 2 heures	Page : 2/5

- Enfin, il pénètre dans l'évaporateur et absorbe en s'évaporant une certaine quantité de chaleur provenant de l'air pulsé en direction de l'habitacle. L'air arrive rafraîchi dans l'habitacle.

Dans tout le problème, le débit massique du R134a a pour valeur :  $q_m = 0,13 \text{ kg.s}^{-1}$ .

## 1 – CARACTÉRISTIQUE DU R134a

Montrer que la capacité thermique massique à pression constante  $c_p$  du fluide frigorigène R134a est :  $c_p = 0,79 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ .

## 2 – ÉTUDE DU CYCLE DU FLUIDE FRIGORIGÈNE

- 2.1 Placer, sur le diagramme enthalpique (*annexe 1 à joindre avec la copie, page 4/5*), les 6 points correspondant aux différents états du cycle du fluide frigorigène.  
Tracer le cycle en précisant le sens du parcours.
- 2.2 En utilisant le diagramme enthalpique, indiquer la valeur de la température  $\theta_2$  de surchauffe du fluide basse pression. Pour la suite du problème, on prendra  $\theta_2 = 20 \text{ °C}$ .
- 2.3 La compression de l'état ② à l'état ③ est supposée adiabatique réversible (isentropique).
  - a. En utilisant le cycle tracé à la question 2.1, vérifier que la température  $\theta_3$  de fin de compression isentropique est :  $\theta_3 \approx 55 \text{ °C}$ .
  - b. Relever, sur le diagramme, le travail massique de transvasement que doit fournir le compresseur par kilogramme de fluide lors de sa compression adiabatique.
  - c. En déduire la puissance  $P_1$  que doit fournir le compresseur au fluide caloporteur.
- 2.4 Préciser les différentes transformations subies par le fluide frigorigène, entre la sortie du compresseur (état ③) et l'amont du détendeur (état ⑤). Mesurer à l'aide du diagramme la quantité de chaleur  $q_C$  échangée par kilogramme de fluide entre ces deux états.  
Préciser et interpréter le signe de  $q_C$ .
- 2.5 Déterminer la quantité de chaleur  $q_f$  échangée avec l'air pulsé vers l'habitacle par kilogramme de fluide au niveau de l'évaporateur (entre les états ⑥ et ②).  
Préciser et interpréter le signe de  $q_f$ .
- 2.6 En déduire la puissance frigorifique  $P_2$  produite par la climatisation automobile.

## 3 – EFFICACITÉ DE L'INSTALLATION

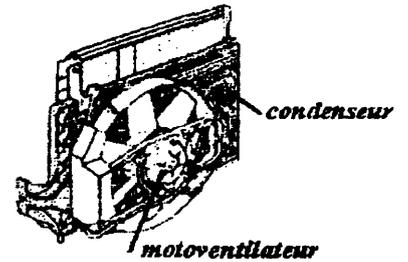
Définir puis calculer le coefficient de performance de l'installation.

BTS FLUIDES ÉNERGIES ENVIRONNEMENT		Session 2007
Sciences physiques – U. 22		FEE2SC
Coefficient : 2	Durée : 2 heures	Page : 3/5

**Problème II : PHYSIQUE APPLIQUÉE (7 points)**

**- ÉTUDE DU MOTEUR DU VENTILATEUR DE LA CLIMATISATION AUTOMOBILE -**

Le moteur du ventilateur (motoventilateur) utilisé pour refroidir le condenseur du climatiseur automobile est de type **continu**. Son inducteur est un aimant permanent maintenant sous chaque pôle un flux  $\Phi$  constant. La résistance de l'induit est  $R = 0,20 \Omega$ .



La force électromotrice  $E$  du moteur, exprimée en volts, s'écrit sous la forme  $E = 0,24.n$  où  $n$  est la fréquence de rotation exprimée en  $\text{tr.s}^{-1}$ .

- 1 – Donner le schéma équivalent de l'induit du moteur. En déduire l'expression du courant  $I$  absorbé par l'induit en fonction de  $n$  et de la tension d'alimentation  $U$ .
- 2 – Établir l'expression du moment  $T_{em}$  du couple électromagnétique en fonction de  $n$  et de  $U$  ; montrer que  $T_{em} = 0,19.U - 0,046.n$  ( $n$  en  $\text{tr.s}^{-1}$ ).
- 3 – Le moteur entraîne un ventilateur dont le moment  $T_R$  du couple résistant dépend de la fréquence de rotation suivant la relation :  $T_R = 1,5 \times 10^{-3} \cdot n^2$ .

Le graphique représentant la courbe  $T_R = f(n)$  est donné en **annexe 2, page 5/5**.

- 3.1 On suppose négligeable la valeur du moment  $T_p$  du couple de pertes.  
Le moment  $T_m$  du couple moteur est alors égal à celui  $T_{em}$  du couple électromagnétique.

Représenter la courbe  $T_m = f(n)$  pour  $U = 6 \text{ V}$  et  $U = 12 \text{ V}$  sur le graphique de l'**annexe 2** à joindre avec la copie, page 5/5.

- 3.2 Déduire du graphique, la fréquence de rotation de fonctionnement de l'ensemble en régime permanent pour  $U = 6 \text{ V}$  et  $U = 12 \text{ V}$ . Justifier votre démarche.
- 3.3 Quel est l'intérêt de pouvoir régler la tension d'alimentation ?

BTS FLUIDES ÉNERGIES ENVIRONNEMENT		Session 2007
Sciences physiques – U. 22		FEE2SC
Coefficient : 2	Durée : 2 heures	Page : 4/5

### Problème III : CHIMIE (5 points)

#### - IMPACT « EFFET DE SERRE » DU A LA CLIMATISATION AUTOMOBILE -

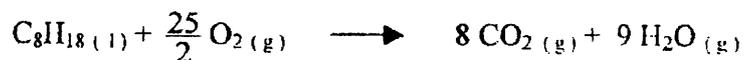
Le dioxyde de carbone est un des gaz responsables de « l'effet de serre ». Le fonctionnement des moteurs d'automobiles est l'une des causes importantes de rejet de CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère. On peut considérer que l'essence est constituée principalement par de l'octane, de formule brute C<sub>8</sub>H<sub>18</sub>.

Un réservoir d'automobile contient 60 L d'essence, soit une masse de 40 kg d'octane.

1 – Quelle est la quantité de matière (en mol) d'octane liquide correspondant à un plein d'essence ?

*Masses molaires atomiques en g.mol<sup>-1</sup> : carbone = 12 , hydrogène = 1 , oxygène = 16.*

2 – La combustion de l'octane, dans un moteur bien réglé, correspond à la réaction dont l'équation chimique est donnée ci-après :



Calculer le volume de CO<sub>2</sub> rejeté dans l'atmosphère par la combustion de la totalité de l'essence contenue dans le réservoir d'automobile.

*Volume molaire du dioxyde de carbone dans les conditions de combustion de l'essence :*

$$V_m = 25 \text{ L.mol}^{-1}.$$

3 – Calculer la masse en kilogramme de dioxyde de carbone correspondante. En déduire la masse de dioxyde de carbone émise au kilomètre, sachant que le véhicule consomme 8,5 litres aux 100 kilomètres.

Selon l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME), la forte croissance du taux d'équipement en climatisation automobile a des répercussions importantes sur les émissions de gaz à effet de serre (surconsommation annuelle de l'ordre de 5 % et rejets dans l'atmosphère de fluides frigorigènes des circuits de l'air conditionné).

Au total, pour un véhicule de gamme moyenne émettant 175 g de CO<sub>2</sub> au kilomètre, l'impact énergétique de la climatisation, surconsommation plus rejets de fluide, atteint **30 grammes en plus de CO<sub>2</sub> par kilomètre parcouru.**

4 – Sur cette base, estimer l'impact « effet de serre » dû à la climatisation des 16 millions de véhicules européens équipés vendus chaque année, en calculant le rejet moyen supplémentaire de dioxyde de carbone de l'ensemble du parc européen, en tonnes par kilomètre parcouru.

BTS FLUIDES ÉNERGIES ENVIRONNEMENT		Session 2007
Sciences physiques – U. 22		FEE2SC
Coefficient : 2	Durée : 2 heures	Page : 5/5