

**BTS MAINTENANCE ET EXPLOITATION
DES MATERIELS AERONAUTIQUES**

Session 2006 - Sous épreuve U 31

Durée : 4 heures – Coefficient 2

THERMODYNAMIQUE - Durée conseillée : 2 heures , coefficient 1

Problème 1 (8 points) ; Problème 2 (12 points)

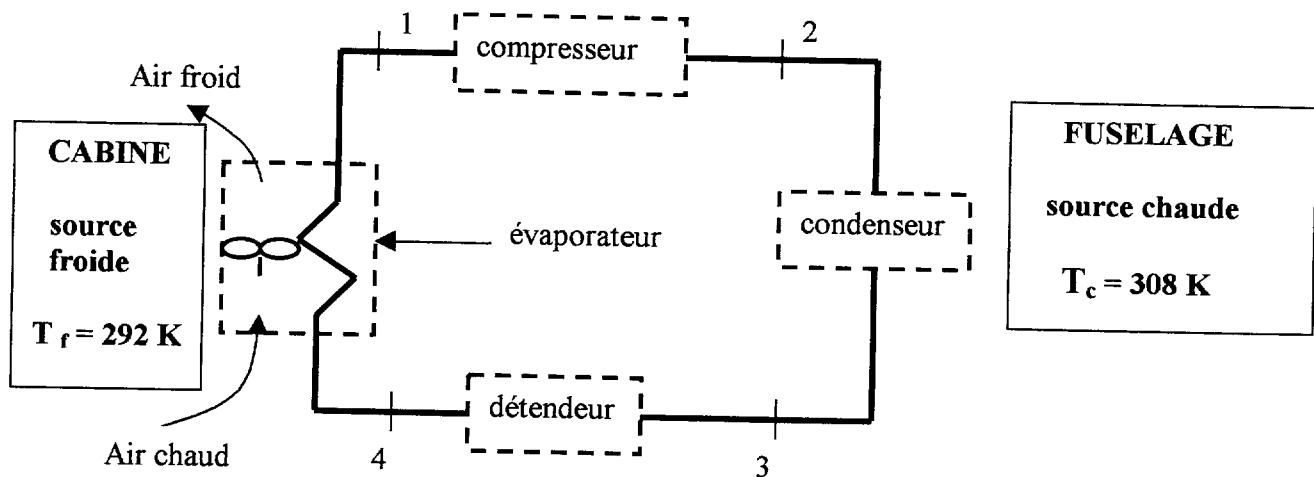
THERMOPROPULSION - Durée conseillée : 2 heures , coefficient 1

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, sont autorisées .

Problème 1 : Etude de la climatisation dans le KING AIR 200

Le KING AIR 200 est un biturbopropulseur dans lequel le système de conditionnement d'air est composé des éléments suivants :

un évaporateur , un condenseur , une valve d'expansion (détenteur) et un compresseur .



En utilisation , le compresseur , monté sur le moteur droit , comprime le fluide frigorigène de l'état **gaz basse pression (1)** à l'état **gaz haute pression (2)**. Ce gaz traverse un condenseur , situé dans le nez du fuselage (source chaude), où il devient **liquide haute pression (3)**. Le liquide réfrigérant traverse la valve d'expansion (détenteur) où sa pression est calibrée (**état 4 : liquide basse pression**).

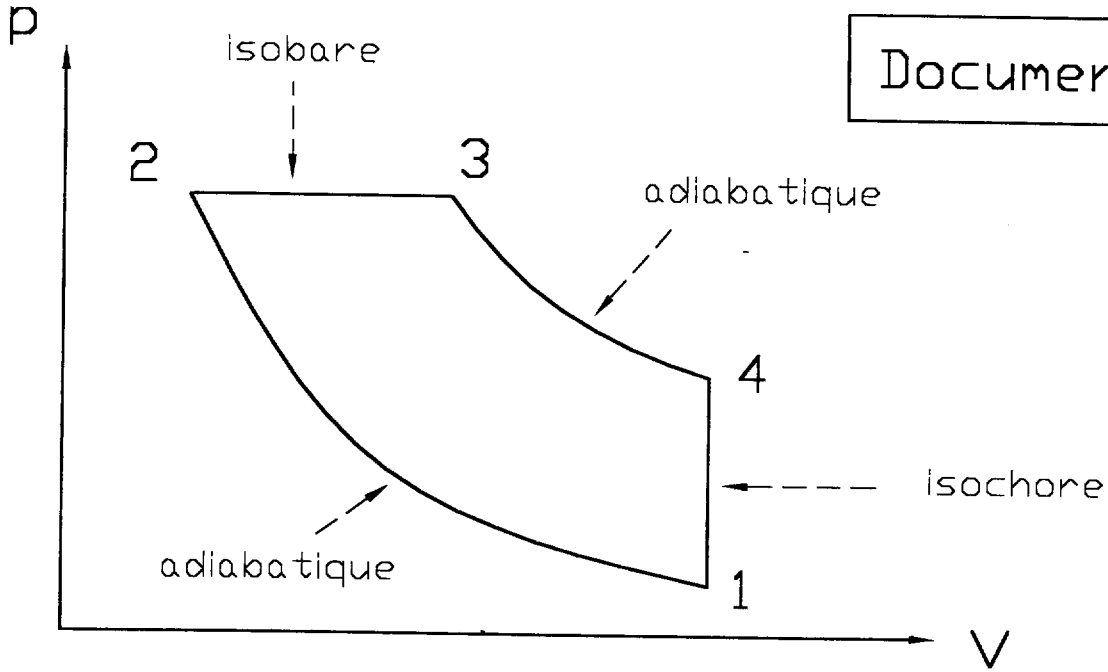
Il traverse l'évaporateur dans lequel il va redevenir gaz basse pression , après avoir recueilli la chaleur de l'air chaud de la cabine . Un ventilateur assure la circulation de l'air au voisinage de l'évaporateur .

Dans tout le problème , la quantité de chaleur prélevée à la source froide est $Q_f = 18\,990\text{ J}$ par seconde , la compression 1-2 et la détente 3-4 sont supposées isentropiques.

Question 1 : on propose de calculer l'énergie reçue par le compresseur dans l'hypothèse où l'évolution est faite suivant un cycle ditherme réversible (cycle de CARNOT)

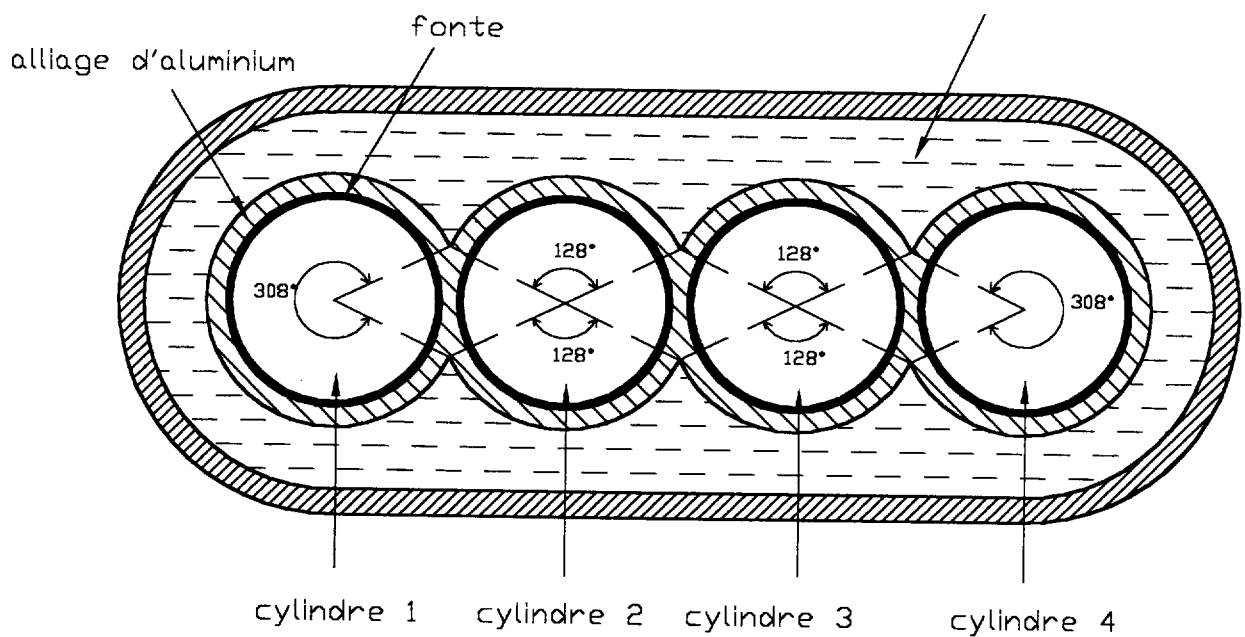
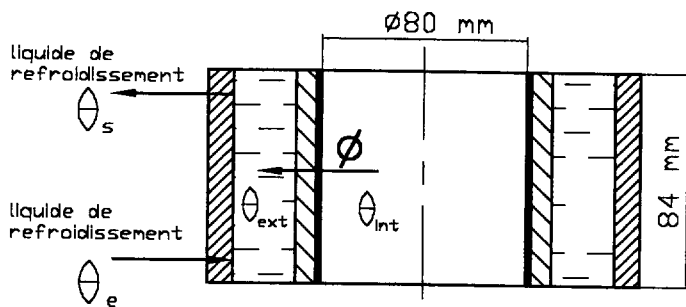
- 1.1 Etablir l'expression littérale du travail reçu par le compresseur W en fonction de Q_f , T_c et T_f .
Calculer W en joules .
- 1.2 Calculer le coefficient moyen d'efficacité théorique $e_{f\ th}$.

Document 1



Document 2

COUPE D'UN CYLINDRE



Question 2 : On propose de calculer l'énergie reçue par le compresseur à partir du cycle réel du fluide frigorigène .

Données :

Enthalpie massique à l'entrée du compresseur : $h_1 = 400 \text{ kJ/kg}$

Enthalpie massique à la sortie du compresseur : $h_2 = 430 \text{ kJ/kg}$

Enthalpie massique à la sortie du détendeur = $h_4 = 200 \text{ kJ/kg}$

- 2.1 En appliquant le premier principe de la thermodynamique ,calculer le **travail massique** reçu par le compresseur w_{1-2} .
- 2.2 En appliquant le premier principe de la thermodynamique ,calculer la **quantité de chaleur massique** reçue par le fluide lors de son passage dans l'évaporateur q_{4-1} .
- 2.3 En déduire la masse de fluide m (en kg) qui a traversée l'évaporateur .(donner le résultat avec 3 chiffres après la virgule) pendant 1 seconde .
- 2.4 Calculer le travail W_{1-2} reçu par le compresseur .
- 2.5 Calculer le coefficient moyen d'efficacité réel $e_{f \text{ réel}}$.

Problème 2 : Refroidissement du moteur CENTURION équipant le DIAMOND DA 40 D

Le moteur CENTURION est un moteur DIESEL 4 temps (2 tours par cycle) , à injection , équipé de 4 cylindres refroidis par eau , monté sur l'avion monomoteur DIAMOND.

Le document 1 page 3 rappelle l'allure du cycle DIESEL.

Les principales données nécessaires à la résolution du problème sont :

- taux de compression $\frac{p_2}{p_1} = 19,1$; température à l'admission : $\theta_1 = 26,8 \text{ }^\circ\text{C}$

- $p_1 = 2,226 \cdot 10^5 \text{ Pa}$; $V_1 = 480,71 \text{ cm}^3$

- $R = 8,315 \text{ J/mole. K}$; masse molaire du gaz $M = 29 \text{ g/mole}$; $\gamma = 1,4$

le carburant : kérosène

- masse volumique : $\rho = 0,8 \text{ kg/dm}^3$

- pouvoir calorifique : $P_c = 44 \cdot 10^6 \text{ J/kg}$

- consommation = 18 litres par heure pour les 4 cylindres à 2300 tr / mn .

Question 1

Calculer la température T_2 en fin de compression .

Question 2

Calculer successivement :

- la consommation , en cm^3 , par cylindre et par cycle (précision : 5 chiffres après la virgule)
- la consommation , en kg , par cylindre et par cycle (précision : 5 chiffres après la virgule) .
- la quantité de chaleur apportée au gaz Q_{2-3} , par cylindre et par cycle .

Question 3

En déduire la température θ_3 .

Question 4 (Document 2 page 3)

On suppose que la transmission de chaleur, de l'intérieur du cylindre vers l'extérieur , s'effectue uniquement par conduction à travers une première paroi cylindrique (chemise en fonte , d'épaisseur 2 mm , coefficient de conduction thermique $\lambda_F = 58$ S.I. , diamètre intérieur $D = 80$ mm) suivie d'une seconde paroi cylindrique (bloc cylindre en alliage d'aluminium , d'épaisseur 8 mm , $\lambda_A = 160$ S.I.). Le passage du flux thermique s'effectue sur une partie de la surface cylindrique :

.. sur les cylindres 1 et 4 , le passage s'opère sur 308°

.. sur les cylindres 2 et 3 , il concerne un angle de 256° .

Le liquide de refroidissement entre à la température $\theta_e = 89^\circ\text{C}$ et ressort à la température $\theta_s = 105^\circ\text{C}$.

La température moyenne extérieure prise en compte pour le transfert de chaleur est :

$$\theta_{\text{ext}} = \frac{\theta_e + \theta_s}{2} \quad (\theta \text{ exprimé en } ^\circ\text{C})$$

La température moyenne intérieure prise en compte pour le transfert de chaleur est :

$$\theta_{\text{int}} = \frac{3 \cdot \theta_1 + \theta_3}{6} \quad (\theta \text{ exprimé en } ^\circ\text{C})$$

Pour la suite du problème on donne $T_3 = 3000$ K

On rappelle que pour un cylindre , la résistance thermique totale est donnée par la formule :

$$R_t = \frac{\ln \frac{D_e}{D_i}}{2\pi \lambda L} \quad \text{avec}$$

D_e : diamètre extérieur D_i : diamètre intérieur L : hauteur du cylindre

Calculer la résistance thermique totale r_t d'un cylindre (fonte + aluminium) propageant la chaleur à travers sa surface latérale supposée **complète**, en $^\circ\text{C} / \text{W}$ avec une précision de 5 chiffres après la virgule.

Question 5

En tenant compte des angles de propagation de la chaleur dans les cylindres 1 , 2 , 3 et 4 , calculer les flux thermiques ϕ_1 , ϕ_2 , ϕ_3 , ϕ_4 traversant chacun des cylindres en tenant compte du fait que la résistance thermique de la paroi est inversement proportionnelle à la surface de propagation du flux thermique.

En déduire le flux thermique total ϕ_t traversant le bloc cylindre .

Question 6

Calculer le débit massique q_m (en kg / s) du liquide de refroidissement .

On donne : chaleur massique du liquide de refroidissement : $c = 4185$ J / kg . $^\circ\text{C}$

THERMOPROPULSION

Durée conseillée : 2h00

Documents interdits ; calculatrices autorisées

Ce sujet propose d'étudier une solution permettant d'atténuer les nuisances sonores produites par les turboréacteurs lors des phases de décollage. Dans une première partie, ce sujet aborde l'étude des principaux paramètres qui influencent la poussée avant de traiter des aspects liés aux nuisances « sonores ».

1^{ère} partie : ETUDE DE LA POUSSEE

La poussée d'un turboréacteur provient principalement du terme « réacteur » qui traduit l'accélération du débit d'air qui traverse le moteur.

En vous appuyant sur la figure 1 donnée page 3/3 :

1. Exprimer la formule de la poussée du moteur et préciser son terme prépondérant.
2. Calculer ce terme prépondérant de la poussée.
3. Citer les 2 principaux paramètres qui influencent la poussée.
4. Quels sont les facteurs qui vont limiter ces deux paramètres, et par conséquent la poussée ?

Un turboréacteur est caractérisé par de nombreux rendements : parmi ceux-ci le rendement global et le rendement de propulsion :

5. Rappeler, sans les démontrer, les expressions de ces deux rendements pour un avion en vol (moteur simple flux).
6. Calculer ces deux rendements pour le moteur décrit en figure 1.
7. Quels sont les moyens d'améliorer ces rendements ?

Dans la suite de problème, nous considérerons que la poussée n'est produite que par le seul terme Réacteur.

La plupart des turboréacteurs modernes sont de type double flux, double corps.

8. Rappeler la définition d'un moteur double flux,
9. Donner les principaux avantages & inconvénients de cette solution.
10. Rappeler la définition du taux de dilution, quelles sont les valeurs maxi rencontrées aujourd'hui.

2^{ème} partie : REDUCTION DES NUISANCES SONORES

Afin de réduire le niveau sonore du moteur, il est envisagé de réduire la vitesse à l'échappement du moteur ; dans le même temps, pour conserver la poussée, il devient donc nécessaire d'augmenter le débit d'air qui traverse le moteur.

La solution envisagée est décrite sur la figure 2. On considère que le débit d'air qui traverse le moteur central est de 200 kg.s^{-1} et que les vitesses à l'échappement des 3 tuyères sont identiques.

En considérant que ce moteur délivre une poussée de 60000 N (terme réacteur) et que son rendement de propulsion est de 70% :

1. Déterminer la vitesse à l'échappement (elle est identique pour les 3 tuyères).
2. En déduire le débit d'air total (pour les 3 veines d'air) et le débit d'air qui traverse une des veines additionnelles.
3. Déterminer le taux de dilution de cette solution en considérant que le taux de dilution du moteur principal est de 6.
4. Conclusion.

3^{ème} partie : CONSIDERATIONS TECHNOLOGIQUES

Une des difficultés de mise au point de ce type de moteur réside dans le système de transmission de la puissance entre le Générateur de Gaz et les Soufflantes (Réducteur, système d'embrayage, guidages, ...) et dans sa lubrification.

1. Rappeler les principales fonctions du circuit de lubrification.
2. Citer les principaux moyens de contrôles de la lubrification moteur à l'arrêt et moteur en fonctionnement.

Conditions de fonctionnement :

Dans les 2 cas d'étude, nous considérerons que l'avion évolue au niveau de la mer ($P_0 = 100000 \text{ Pa}$ et $T_0 = 288 \text{ K}$) et à la vitesse $V_0 = 100 \text{ m.s}^{-1}$ (Mach 0,3).

On donne : $P_{ci} = 44.10^6 \text{ J.Kg}^{-1}$ et $c_p = 1000 \text{ J.Kg}^{-1}.\text{°K}^{-1}$.

Figure 1

On donne pour cette configuration :

Débit d'Air $Q_{ma} = 200 \text{ Kg.s}^{-1}$

Vitesse à l'échappement $V_5 = 400 \text{ m.s}^{-1}$

Consommation spécifique $C_{sp} = 0,07 \text{ Kg.h}^{-1}.\text{N}^{-1}$

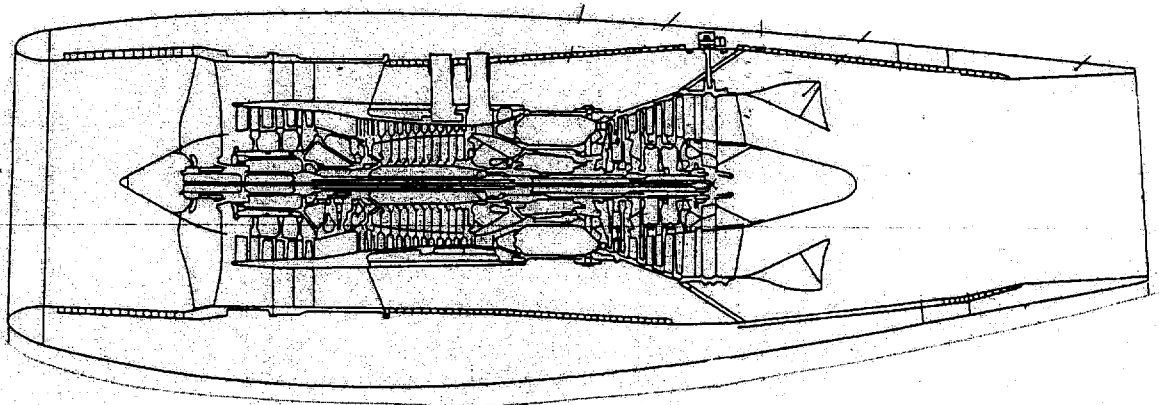


Figure 2

