



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.

Campagne 2010

**BTS MAINTENANCE ET EXPLOITATION
DES MATERIELS AERONAUTIQUES**

SESSION 2010 – Sous épreuve U31

THERMODYNAMIQUE – THERMOPROPULSION

Durée 4 heures – Coefficient 2

Ce document comporte 5 pages numérotées.

THERMODYNAMIQUE - Durée conseillée : 2 heures, coefficient 1.

Le candidat doit traiter les deux problèmes.

- Problème 1 ⇒ 8 points
- Problème 2 ⇒ 12 points.

THERMOPROPULSION - Durée conseillée : 2 heures, coefficient 1.

- Etude du Circuit de lubrification ⇒ 15 points
- Les Réverses ⇒ 5 points

Tout document est interdit. Les calculatrices réglementaires sont autorisées.

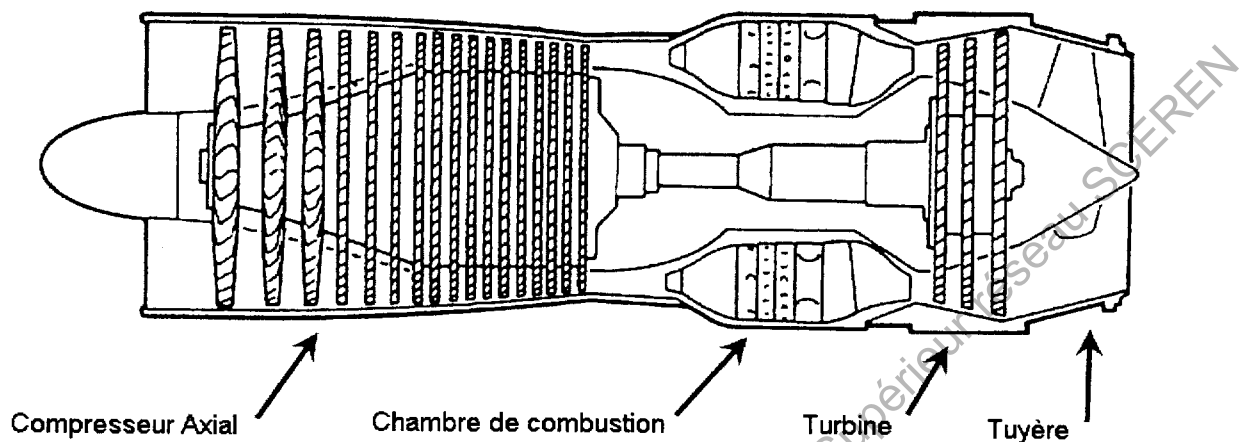
Attention :

Il est demandé aux candidats de rédiger chaque sujet de « **Thermodynamique** » et « **Thermopropulsion** » sur des documents séparés.

Partie Thermodynamique :

PROBLÈME 1 : Étude simplifiée d'un turboréacteur.

Un turboréacteur à simple flux comprend un compresseur, une chambre de combustion, une turbine et une tuyère. Le compresseur et la turbine sont montés sur un même arbre.



Le compresseur aspire l'air à la pression atmosphérique $P_0 = 1 \text{ bar}$ à $T_0 = 298 \text{ K}$ avec un débit massique $\dot{Q}_{ma} = 60 \text{ kg.s}^{-1}$ et le comprime adiabatiquement jusqu'à la pression $P_1 = 6 \text{ bars}$. On assimile l'air à un gaz parfait de constante $r = 287 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$ et de capacité calorifique massique à pression constante $C_p = 1000 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$. Les transformations sont considérées réversibles.

1 - Étude du compresseur

- Montrer que le coefficient γ , rapport entre les capacités calorifiques massiques à pression constante C_p et à volume constant C_v , est égal à 1,4.
- Vérifier que la température T_1 à la sortie du compresseur est égale à 497,2 K.
- Démontrer que le travail que doit fournir le compresseur en une seconde, est égal à la variation d'enthalpie du gaz durant cette période, lors de la phase de compression adiabatique.
- Calculer la puissance P_c du compresseur.

2 - Étude de la chambre de combustion

Le carburant est injecté dans l'air comprimé et brûle sous pression constante dans la chambre de combustion. La combustion s'effectue avec un important excès d'air, on admettra donc qu'il n'y a pas de modification de la nature et du nombre de moles de gaz.

- La température maximale admise à l'entrée de la turbine est $T_2 = 1258 \text{ K}$. Calculer la quantité de chaleur Q_c qu'il faut fournir à l'air en une seconde pour élever sa température de T_1 à T_2 .
- En déduire la masse de carburant à injecter par seconde sachant que son pouvoir calorifique moyen est : $P_{ci} = 44.10^6 \text{ J.kg}^{-1}$.

3 - Étude de la turbine

Les gaz se détendent adiabatiquement dans la turbine. Soit T_3 la température de sortie.

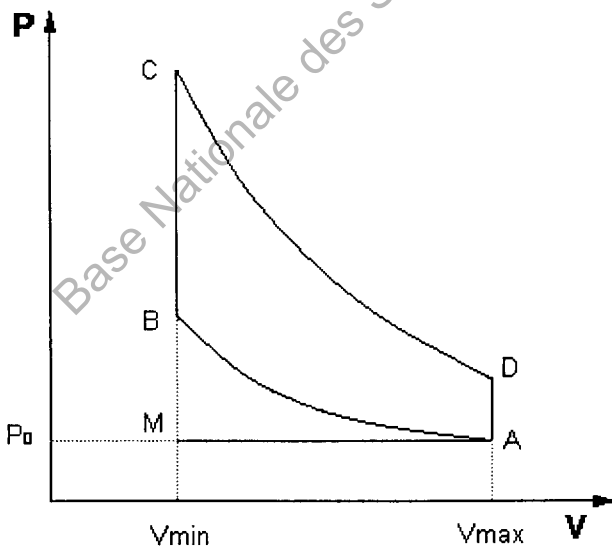
- Donner l'expression du travail échangé entre le gaz et le rotor de la turbine pour 1 kg d'air sachant qu'il s'agit d'un travail total avec transvasement. Interpréter son signe.
- En déduire l'expression de la puissance P_t de la turbine (rappel : $P_t > 0$).
- En admettant que la puissance P_t de la turbine est égale à la puissance P_c du compresseur, montrer que la température T_3 à la sortie de la turbine est donnée par la relation : $T_3 = T_0 + T_2 - T_1$. Calculer T_3 .
- En déduire P_3 , la pression des gaz à la sortie de la turbine.

PROBLÈME 2 : Etude du cycle de « Beau de Rochas » d'un moteur à essence.

Les caractéristiques techniques (données du constructeur) d'un moteur à combustion interne à allumage par bougies d'un véhicule de piste destiné aux interventions de secours sur les zones aéroportuaires sont les suivantes :

- cylindrée, $Cyl = V_{max} - V_{min} = 1905 \text{ cm}^3$.
- Rapport volumétrique : $\Gamma = \frac{V_{max}}{V_{min}} = 9,8$
- la consommation de carburant est de 6,3 litres/100 Km sur piste horizontale à 110 Km/h, le régime moteur en cinquième vitesse est de 3200 Tr/min,
- le maître-couple est $S.C_x = 0.62 \text{ m}^2$ où S est la surface du maître-couple et C_x le coefficient de traînée.

Le carburant est assimilé à de l'octane C_8H_{18} de masse molaire $M = 114 \text{ g}$, de densité par rapport à l'eau $d = 0,72$, de pouvoir calorifique (énergie exothermique lors de la combustion complète) $P_{ci} = 43.10^6 \text{ J.kg}^{-1}$, Constante universelle $R = 8,314 \text{ J. mol}^{-1}.K^{-1}$, Coefficient isentropique $\gamma = 1,4$, masse molaire de l'air $M_a = 29 \text{ g}$.



- M-A : admission d'air assimilable à un gaz parfait diatomique (température $T_M = 288 \text{ K}$, $T_A = 320 \text{ K}$, pression $P_0 = 101325 \text{ Pa}$)
- A-B : compression supposée adiabatique réversible de l'air
- B-C : admission de carburant et combustion isochore
- C-D : détente supposée adiabatique réversible des gaz contenus dans le cylindre
- D-A : refroidissement isochore des gaz
- A-M : refoulement des gaz vers l'extérieur

On rappelle que, dans le moteur quatre temps, **un cycle thermodynamique correspond à deux tours effectués par le vilebrequin**. L'étude, par simplification, est menée pour un cylindre représentant l'ensemble des cylindres.

- 1 - Représenter le cycle de « **BEAU DE ROCHAS** » dans un plan Entropique (T,S)
- 2 - Calculer la consommation de carburant en litres par heure puis en kilogrammes par heure.
- 3 - Calculer le nombre de cycles thermodynamiques effectués en une heure.
- 4 - En déduire :
 - a - la quantité d'essence (exprimée en kilogramme) consommée à chaque cycle
 - b - la quantité de chaleur Q_c dégagée par la combustion à chaque cycle
 - c - le flux de chaleur Φ_c en KJ pour une seconde. (Puissance de combustion ou quantité de chaleur dégagée par seconde pendant la combustion).
- 5 - La puissance mécanique nécessaire pour vaincre les frottements de l'air est égale à :

$$P_m = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot C_x \cdot V^3$$
 - a - Calculer P_m pour $V = 110 \text{ Km/h}$.
On justifiera la valeur de la masse volumique de l'air $\rho = 1,225 \text{ Kg/m}^3$.
 - b - Déduire le rendement réel η_r du moteur.
- 6 - Calculer V_{\max} et V_{\min} . En déduire que le nombre de moles d'air admises à chaque cycle est égal à : $n = 0,08424$
- 7 - Calculer
 - a - la température T_B
 - b - Exprimer la température T_C en fonction de T_B , Q_c , n , C_v (Chaleur spécifique à volume constant). Application numérique.
- 8 - On considère, qu'après la combustion, le mélange est essentiellement constitué de gaz diatomiques dont le nombre de moles est à peu près égal au nombre de moles d'air admis.
 - a - Calculer la température T_D
 - b - Calculer la quantité de chaleur Q_F échangée au cours de la phase D-A
 - c - Déduire la quantité de travail W échangée au cours d'un cycle et le rendement thermodynamique théorique η_{th} du moteur.

Partie Thermopropulsion :

I - ETUDE DU CIRCUIT DE LUBRIFICATION D'UN GTR :

La lecture des données du constructeur nous donne :

CIRCUIT D'HUILE :

1 : CIRCUIT DE PRESSION

L'huile est contenue dans un réservoir dont la quantité est indiquée quarts US GALLON sur les pages CRUISE de l'ECAM SD. Le réservoir d'une contenance de 24 quarts US GALLON (22,7 litres) est équipé :

- d'un dispositif de remplissage sous pression
- d'un bouchon de remplissage par gravité
- d'un dispositif de dégazage
- d'un bouchon magnétique
- d'une jauge manuelle

L'huile est mise en pression par une pompe à engrenage entraînée par l'AGB.

Cette huile assure la lubrification des différents paliers du réacteur et de l'AGB après avoir traversé un filtre.

En sortie du filtre, un transmetteur de pression, un manostat de baisse de pression et une sonde de température permettent la surveillance du circuit d'huile.

Les indications de pression et de température sont indiquées sur la page ENGINE de l'ECAM SD.

2 : CIRCUIT DE RECUPERATION

Après avoir assuré la lubrification, l'huile est récupérée par quatre pompes.

Elle est renvoyée au réservoir à travers :

- un filtre de récupération équipé d'une détection de colmatage et d'un by-pass,
- le réchauffeur carburant,
- l'échangeur huile/carburant ou elle est refroidie.

1 – Donner le but d'un circuit de lubrification.

2 - En vous servant de vos connaissances et des informations du constructeur, réaliser le schéma théorique du circuit de lubrification de ce GTR.

Vous placerez les différentes sondes des indicateurs aux endroits les plus appropriés sur votre schéma théorique.

3 - Indiquer le rôle des éléments suivants :

- a - le bouchon magnétique
- b - le dispositif de dégazage

4 - On utilise dans ce circuit de l'huile de lubrification « synthétique ».

- Quel(s) avantage(s) offre(nt) une huile synthétique par rapport à une « huile minérale » ?

5 – Lors d'un contrôle manuel du niveau d'huile, expliquer pourquoi il est **recommandé d'attendre** entre 5 et 15 minutes après l'arrêt des moteurs.

6 – On donne pour ce circuit les informations suivantes en vol de croisière :

- Masse volumique de l'huile contenue dans le réservoir (24 quarts US GALLON) : $\rho_h = 915 \text{ Kg/m}^3$
- Chaleur spécifique de l'huile : $C_h = 1,88 \text{ KJ/Kg.K}$
- Température normale de l'huile de récupération : $T_c = 140 \text{ }^\circ\text{C}$
- Température de l'huile dans le réservoir : $T_F = 95 \text{ }^\circ\text{C}$
 - a - Calculer la puissance thermique dissipée en vol de croisière par l'échangeur « huile /carburant » si on estime que la pompe de mise en pression permet à l'ensemble du volume d'huile d'effectuer un cycle complet en 1 minute et 45 secondes.
 - b - Un échangeur thermique d'une puissance de 22 KW remplace le précédent. Calculer la variation de température liée à ce nouvel équipement pour les mêmes caractéristiques de fonctionnement du circuit.

II – LES RÉVERSES :

1 - Donner l'utilité d'un tel dispositif.

2 - Le dysfonctionnement des réverses en vol a occasionné de nombreux accidents et la perte d'un nombre important d'avions.

a - Citer les conditions minimales requises par la plupart des appareils permettant d'activer les réverses.

b - Quelles sont les sécurités mises en place par les constructeurs évitant le déploiement inopiné du système en vol ?

3 – Citer les deux types de réverses les plus utilisés actuellement.