



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

# CORRIGE

**Ces éléments de correction n'ont qu'une valeur indicative. Ils ne peuvent en aucun cas engager la responsabilité des autorités académiques, chaque jury est souverain.**

Corrigé Thermodynamique

- SESSION 2010 -

PROBLEME 1 :

$$1 - a \quad \gamma = \frac{C_p}{C_v} \text{ avec } r = C_p - C_v \quad C_v = C_p - r \text{ d'où } C_v = 1000 - 287 = 713 \text{ J.K}^{-1}.\text{K}^{-1} \quad \gamma = \frac{1000}{713} = 1,4$$

$$1 - b \quad T^\gamma P^{1-\gamma} = \text{cte} \quad \text{entre 0 et 1}$$

$$T_1 = 497,2 \text{ K}$$

$$1 - c \quad \text{Compression adiabatique 01 :} \quad W_{01} = \Delta U_{01}$$

$$W_{12} = P_0 V_0 + P_1 V_1 + W_{\text{Compression}} = \Delta U = U_1 - U_0 \quad \text{et} \quad (U_0 + P_0 V_0) - (U_1 + P_1 V_1) = W_{\text{Compression}} = H_1 - H_0 = \Delta H$$

$$H = U + PV \quad \Delta H = \Delta U + \Delta(PV) = \Delta U + \Delta(nRT) = n C_v \Delta T + n R \Delta T \quad \Delta H = n \Delta T (C_v + R) = n C_p \Delta T$$

$$1 - d \quad P_{\text{Compression}} = \Delta H = n C_p \Delta T = 60 \cdot 1000 \cdot (497,2 - 298)$$

$$P_{\text{Compression}} = 11,952 \text{ MW} \approx 12 \text{ MW}$$

$$2 - a \quad Q_c = m C_p (T_2 - T_1) = 60 \cdot 1000 \cdot (1258 - 497,2)$$

$$Q_c = 45,64 \text{ MW}$$

$$2 - b \quad Q_c = Q_{mc} \cdot P_{ci} \quad Q_{mc} = Q_c / P_{ci} = 45,64 \cdot 10^6 / 44 \cdot 10^6$$

$$Q_{mc} = 1,037 \text{ Kg. s}^{-1}$$

$$3 - a \quad W_{\text{turbine}} = W_{\text{détente}} + W_{\text{forces de pression}} = H_3 - H_2 = \Delta H$$

$$W_{\text{turbine}} = m C_p (T_3 - T_2) \quad \text{avec } W_{\text{turbine}} < 0$$

$$3 - b \quad P_{\text{turbine}} = |W_{\text{turbine}}| / t$$

$$3 - c \quad P_{\text{Compresseur}} = P_{\text{turbine}} \quad P_{\text{Compresseur}} = Q_{ma} C_p (T_1 - T_0)$$

$$P_{\text{turbine}} = Q_{ma} C_p (T_2 - T_3)$$

$$\text{d'où } T_1 - T_0 = T_2 - T_3 \quad T_3 = T_0 + T_2 - T_1$$

$$T_3 = 1258 + 298 - 497,2$$

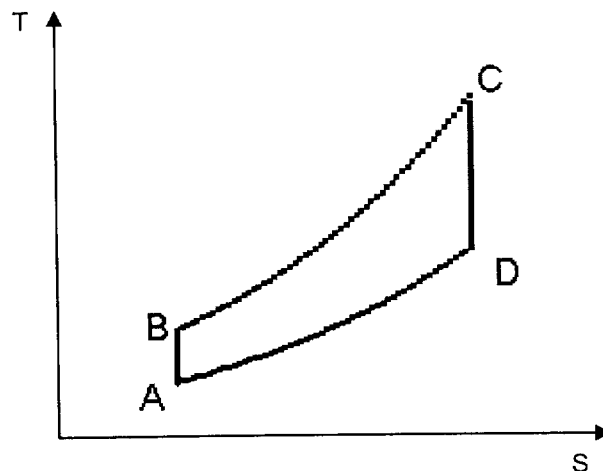
$$T_3 = 1058,8 \text{ K}$$

$$3 - d \quad T^\gamma P^{1-\gamma} = \text{cte} \quad \text{entre 2 et 3}$$

$$P_3 = 3,28 \text{ b}$$

PROBLEME 2 :

1 -



2 - En 1 heure à 110 Km/h le véhicule aura parcouru 110 Km

Corrigé Thermodynamique

- SESSION 2010 -

- Consommation en 1 heure :  $V_c = 6,3 \cdot 110 / 100$   $V_c = 6,93 \text{ L/h}$
- Masse de carburant en 1 heure :  $m_c = 720 \cdot 6,93 \cdot 10^{-3}$   $m_c = 4,98 \text{ Kg/h}$
- 3 – 3200 tr/min = 1600 cycles/min (1 cycle = 2 tours )  
 1600 .60 = 96 000 cycles/h **96 000 cycles/h**
- 4 – a Masse de carburant consommée à chaque cycle :  $m_c = 4,98 / 96\ 000$   $m_c = 5,18 \cdot 10^{-5} \text{ Kg/cycle}$
- 4 – b  $Q_c = Q_{mc} \cdot P_{ci} = 5,18 \cdot 10^{-5} \cdot 43 \cdot 10^6$   $Q_c = 2227,4 \text{ J/cycle}$
- 4 – c Flux de chaleur dégagé par seconde :  $\Phi_c$   
 $\Phi_c = m_c \cdot P_{ci} / 3600 = 4,98 \cdot 43 \cdot 10^6 / 3600$   $\Phi_c = 59,48 \text{ KJ}$
- 5 – a Calcul de la masse volumique :  $\rho = P / r \cdot T = 101325 / 287 \cdot 288$   $\rho = 1,225 \text{ Kg/m}^3$
- $P_m = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot S \cdot C_x \cdot V^3 = \frac{1}{2} \cdot 1,225 \cdot 0,62 \cdot (110/3,6)^3$   $P_m = 10,83 \text{ Kw}$
- 5 – b  $\eta_{\text{réel}} = P_m / \Phi_c = 10,83 \cdot 10^3 / 59,48 \cdot 10^3$   $\eta_{\text{réel}} = 18,2 \%$
- 6 –  $V_{\text{max}} = 9,8 \cdot V_{\text{min}}$  et  $V_{\text{max}} - V_{\text{min}} = 1905 \text{ cm}^3$  d'où  $9,8 \cdot V_{\text{min}} - V_{\text{min}} = 1905 \text{ cm}^3$   
 $V_{\text{min}} = 1905 / 9,8 - 1$   $V_{\text{min}} = 216,47 \text{ cm}^3$   
 $V_{\text{max}} = 9,8 \cdot 216,47$   $V_{\text{max}} = 2121,4 \text{ cm}^3$
- Nombre de moles d'air admises :  $P \cdot V = n \cdot R \cdot T$   $n = P \cdot V / R \cdot T$   
 $n = 101325 \cdot 2,121 \cdot 10^{-3} / 8,314 \cdot 320$   $n = 0,08424$
- 7 – a Calcul de la température  $T_B$  :  
 $T V^{\gamma-1} = \text{cte entre A et B}$   $T_B = T_A \cdot (V_A / V_B)^{\gamma-1}$   $T_B = 797,3 \text{ K}$
- 7 – b  $Q_c = n \cdot C_v \cdot (T_C - T_B)$   $T_C = Q_c / n \cdot C_v + T_B$   $T_C = 2069,4 \text{ K}$
- 8 – a  $T V^{\gamma-1} = \text{cte entre C et D}$   $T_D = T_C \cdot (V_C / V_D)^{\gamma-1}$   $T_D = 830,52 \text{ K}$
- 8 – b  $Q_F = n \cdot C_v \cdot (T_A - T_D)$   $Q_F = - 893,88 \text{ J}$
- 8 – c  $W_{\text{cycle}} + Q_F + Q_c = 0$   $W_{\text{cycle}} = - (Q_F + Q_c) = 893,88 - 2227,4$   $W_{\text{cycle}} = - 1333,52 \text{ J}$
- $\eta_{\text{Théorique}} = 1 + \frac{Q_F}{Q_c} = 1 + (- 893,88 / 2227,4)$   $\eta_{\text{Théorique}} = 59,8 \%$

**Corrigé Thermopropulsion**  
**- SESSION 2010 -**

**I – LE CIRCUIT DE LUBRIFICATION :**

1 – But du circuit de lubrification :

On demandera au circuit de lubrification :

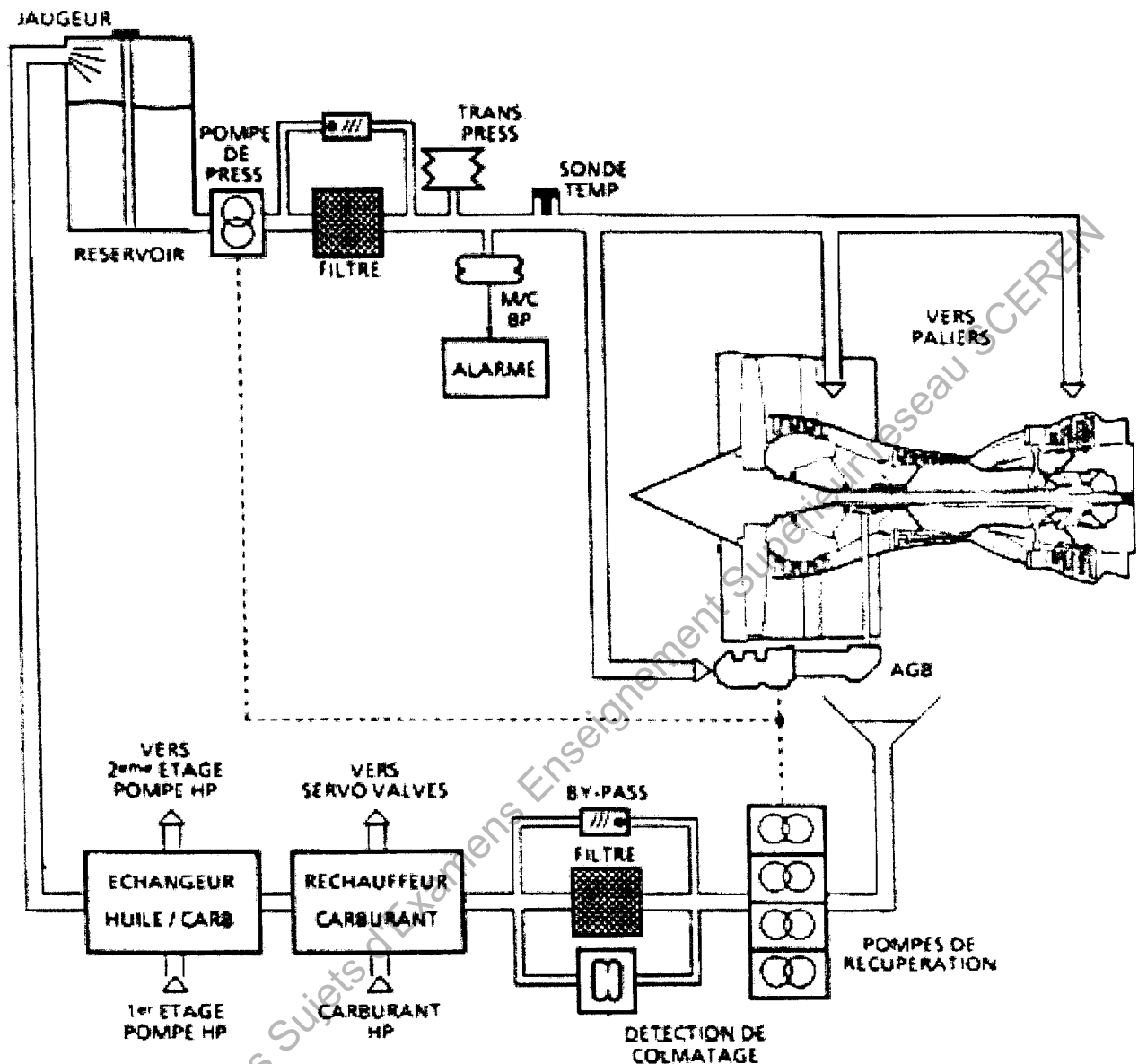
- De diminuer les frottements donc l'usure par création d'un film d'huile entre les pièces en mouvement.
- De refroidir les pièces en mouvement par évacuation des calories contenues dans l'huile au moyen d'échangeurs thermique ou de radiateurs
- De drainer les impuretés en mettant des filtres sur le circuit.
- D'éviter la corrosion résultant des ambiances : humides, salines, hautes températures.

2 – Schéma de principe : (Seuls les éléments essentiels seront exigés sous forme de boîtes fonctionnelles correspondant au schéma ci-dessous)

Base Nationale des Sujets d'Examens Enseignement Supérieur réseau SCEPEN

## Corrigé Thermopropulsion

### - SESSION 2010 -



### 3 – Rôle des éléments suivants :

#### 3 - a Le bouchon magnétique :

- Bouchon magnétique électrique :

Le corps du bouchon s'insère dans un réceptacle muni d'un dispositif d'auto étanchéité. Le bouchon magnétique électrique comprend un entrefer qui attire les particules magnétiques contenues dans l'huile. Lorsqu'un pont de particule se forme sur l'entrefer, il produit une continuité qui provoque l'allumage d'un voyant. Il facilitera donc les recherches sur l'origine des pollutions métalliques.

- Bouchons magnétiques mécaniques :

Les bouchons retiennent les particules contenues dans l'huile et permettent de faciliter les recherches sur l'origine des pollutions métalliques. Dans le circuit nous trouvons un bouchon situé à la partie inférieure du boîtier des accessoires et un autre situé à la partie inférieure du carter réducteur.

## Corrigé Thermopropulsion

### - SESSION 2010 -

#### 3 - b Le dispositif de dégazage :

- Il sépare l'huile de l'air des vapeurs d'huile résultant de la lubrification.

Le dégazeur centrifuge est entraîné en rotation par le pignon intermédiaire du boîtier des accessoires.

Lors du fonctionnement, l'huile des vapeurs d'huile est séparée de l'air dans le dégazeur :

- L'huile est rejetée dans le boîtier des accessoires.
- L'air déshuilé est mis à l'air libre vers la tuyère par une tuyauterie externe.

#### 4 – Les huiles de lubrification :

##### Qualités d'une huile moderne :

Les qualités requises pour les huiles aéronautiques sont :

- ▣ Aptitude à supporter des charges élevées.
- ▣ Faibles variations de viscosité par rapport aux variations de températures.
- ▣ Faible volatilité à haute température.
- ▣ Non corrosives.
- ▣ Inoxydables aux températures d'utilisation.
- ▣ Détergentes (pas de dépôt)

Le domaine d'utilisation devra être le plus large possible car l'utilisation d'un moteur varie de  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$  (cas du rallumage en vol) à  $+350\text{ }^{\circ}\text{C}$  (fonctionnement normal d'un palier de turbine).

##### Avantage d'une huile de synthèse par rapport à une huile minérale :

Les turbomoteurs de dernière génération utilisent de l'huile synthétique. Les huiles minérales, issues du pétrole brut, tendent à être abandonnées car elles supportent moins les charges élevées.

L'augmentation des rendements thermiques des moteurs impose des températures d'utilisation importantes car les vitesses périphériques ainsi que les températures d'utilisation sont en constante augmentation. Une huile de synthèse est donc plus adaptée aux exigences des nouvelles turbomachines.

#### 5 – Contrôle manuel du niveau d'huile :

En fonctionnement normal, le réservoir est pressurisé par de l'air amené par les pompes de récupération. (mélange air/huile). Lors d'une augmentation de régime, le niveau dans le réservoir peut baisser de 6 à 9 litres.

Lors de l'arrêt du moteur, l'air de pressurisation est évacué vers l'extérieur en 5 à 15 minutes.

Il faut donc attendre pendant ce laps de temps pour effectuer un contrôle efficace du niveau d'huile qui augmente progressivement dans le réservoir.

#### 6 – L'échangeur thermique :

##### 6 - a Puissance thermique dissipée en vol de croisière :

$$P = Q_{m_{\text{huile}}} \cdot C_h \cdot (T^{\circ}\text{finale} - T^{\circ}\text{initiale}) \quad \text{avec} \quad Q_{m_{\text{huile}}} = m_h / t$$

$$m_{\text{huile}} = \rho_h \cdot V_h \quad \text{d'où} : P = \frac{\rho_h \cdot V_h}{t} \cdot C_h \cdot (T^{\circ}\text{finale} - T^{\circ}\text{initiale})$$

$$P = 915 \cdot 22,7 \cdot 10^{-3} \cdot 1880 \cdot (140 - 95) / 105 \quad \boxed{P = 16,73 \text{ KW}}$$

##### 6 - b Variation de $T^{\circ}$ liée à ce nouvel équipement :

## Corrigé Thermopropulsion

### - SESSION 2010 -

$$\Delta T = P \cdot t / \rho_h \cdot V_h \cdot C_h \quad \Delta T = 18\,000 \cdot 105 / 915 \cdot 22,7 \cdot 10^{-3} \cdot 1880$$

$\Delta T = 59,15 \text{ } ^\circ\text{C}$

## II – LES REVERSES

### 1 - Utilité de ce dispositif :

La plupart des turboréacteurs civils sont équipés du dispositif d'inversion de poussée. L'inversion de poussée est utilisée pour créer une poussée négative de façon à obtenir une force de freinage et réduire la longueur de piste nécessaire lors d'un atterrissage.

Ce dispositif permet de soulager l'action des freins à un moment où ils ne sont pas très efficaces (vitesse importante, poids apparent faible). Il est particulièrement apprécié en cas de piste glissante (neige, verglas, pluie).

### 2 - a Condition d'utilisation minimales requises :

La commande d'inversion est couplée à celle de poussée. Des dispositifs de sécurité limitent les fausses manœuvres :

- passage en poussée inverse autorisée si la manette de poussée positive est sur ralenti ;
- possibilité d'augmenter la poussée négative, que si les inverseurs sont bien déployés ;
- le retour d'inversion est obtenu en ramenant la manette en position normale. L'augmentation de poussée positive ne sera permise que si le dispositif est bien revenu en position normale ;
- l'utilisation n'est possible que si l'avion se trouve en configuration train comprimé au sol.

### 2 - b Sécurités en vol :

- Des verrous bloquent en position les mécanismes de déploiement et empêchent toute manœuvre intempestive en vol.
- En cas de fonctionnement intempestif des inverseurs vers inversion en vol, la poussée du moteur en cause est automatiquement réduite vers ralenti ;
- Le contrôle de l'inverseur est optique au poste, des voyants permettent de connaître la bonne position du dispositif pendant l'utilisation au sol et à tout moment en vol.

### 3 – Les deux types de réverse les plus utilisés :

- Réverse à capot coulissant et grille déviatrice
- Réverse à trappe

A l'heure actuelle, la tendance sur les turboréacteurs double-flux à fort taux de dilution est de supprimer la reverse sur le flux primaire pour plusieurs raisons : Poids, contraintes thermiques, pompage ... etc



**BAREME THERMOPROPULSION**

- SESSION 2010 -

**Sujet de Thermopropulsion BTS MEMA****Proposition de barème :**

Questions	Points
Circuit d'huile 1	1
Circuit d'huile 2	5
Circuit d'huile 3- a	1
Circuit d'huile 3- b	1
Circuit d'huile 4	2,5
Circuit d'huile 5	1
Circuit d'huile 6- a	2
Circuit d'huile 6- b	1,5
Réverses 1	1
Réverses 2- a	1,5
Réverses 2- b	1,5
Réverses 3	1
<b>Total épreuve</b>	<b>20</b>

Base Nationale des Sujets d'Examens Enseignement Supérieur réseau SCEREN