

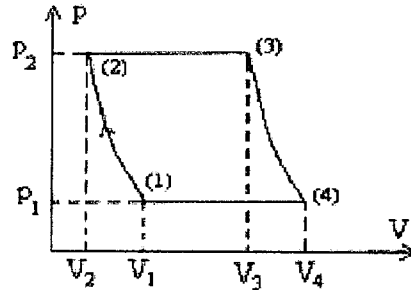
# CORRIGE

- **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

Problème 1 :

1)



$$V_1 = \frac{RT_1}{P_1}$$

$$V_2 = V_1 \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{1/\gamma} = RT_1 P_1^{1/\gamma} P_2^{-1/\gamma} \quad T_2 = T_1 \left(\frac{P_1}{P_2}\right)^{1/\gamma}$$

$$V_3 = \frac{RT_1}{P_2}$$

$$V_4 = V_3 \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{1/\gamma} = RT_1 P_2^{1/\gamma} P_1^{-1/\gamma} \quad T_4 = T_1 \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{1/\gamma}$$

$$2) \quad Q = C_{p,m}(T_3 - T_2) = \frac{\gamma R}{\gamma - 1}(T_3 - T_2) \quad q = C_{p,m}(T_1 - T_4) = \frac{\gamma R}{\gamma - 1}(T_1 - T_4)$$

$$W = \frac{\gamma R}{\gamma - 1}(T_4 - T_1 + T_2 - T_3)$$

$$3) \quad \eta_{th} = 1 - r^{\frac{1-\gamma}{\gamma}} \quad \text{Argon } \frac{1-\gamma}{\gamma} = -0,4 ; \text{ Air } \frac{1-\gamma}{\gamma} = -0,286 ; \text{ Dioxyde de Carbone } \frac{1-\gamma}{\gamma} = -0,237$$

Le meilleur rendement sera obtenu avec l'Argon

$$4) \quad \text{Argon } \eta_{th} = 0,426 ; \quad \text{Air } \eta_{th} = 0,327 ; \quad \text{dioxyde de Carbone } \eta_{th} = 0,280$$

Pour l'Air

$$V_1 = 0,025 \text{ m}^3 ; V_2 = 0,009 \text{ m}^3 ; V_3 = 0,018 \text{ m}^3 ; V_4 = 0,048 \text{ m}^3$$

$$T_2 = 445,8 \text{ K} ; T_4 = 605,7 \text{ K}$$

$$W = -4324 \text{ J}$$

$$5) \quad \eta_c = 1 - \frac{T_1}{T_3} = 0,667$$

## Problème 2 :

1)

a.

$$n = m/M \approx 2250/121 \approx 18,6 \text{ moles}$$

b.

$$P_1 \cdot V_1 = n \cdot R \cdot T_1 \Rightarrow V_1 = n \cdot R \cdot T_1 / P_1 \approx 18,6 \times 8,32 \times 272 / 1,9 \cdot 10^5 \approx 221 \text{ L}$$

2)

$$1-2 \text{ est adiabatique} \Rightarrow P_2 \cdot V_2^\gamma = P_1 \cdot V_1^\gamma \Rightarrow V_2 = V_1 \cdot \left( \frac{P_1}{P_2} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \approx 221 \cdot 10^{-3} \cdot \left( \frac{1,9 \cdot 10^5}{8,5 \cdot 10^5} \right)^{\frac{1}{1,2}} \approx 63,5 \text{ L}$$

$$\text{gaz parfait} \Rightarrow P_2 \cdot V_2 = n \cdot R \cdot T_2 \Rightarrow T_2 = P_2 \cdot V_2 / (n \cdot R) \approx 8,5 \cdot 10^5 \times 63,5 \cdot 10^{-3} / (18,6 \times 8,32) \approx 349 \text{ K}$$

3)

a.

Dans le condenseur la pression du gaz ne varie pas (ce n'est ni un détendeur, ni un compresseur)  $\Rightarrow$  la transformation 2-3 est isobare, d'où  $Q_a = n \cdot C_p \cdot (T_3 - T_2) \approx 18,6 \times 49,9 \times (310 - 349) \approx -36,2 \text{ kJ}$

b.

Ici il y a liquéfaction, donc rejet de chaleur  $\Rightarrow Q_b = -m \cdot L \approx -2,25 \times 130 \approx -293 \text{ kJ}$   
Attention : l'unité de L impose l'unité de m qui doit être exprimée en kg !

c.

$$Q_{23} = Q_a + Q_b \approx -36,2 - 293 \approx -329 \text{ kJ}$$

d.

Le signe négatif de  $Q_{23}$  indique que le fréon perd de la chaleur, ce qui est normal puisqu'il est refroidi par le ventilateur. C'est l'air qui récupère cette chaleur.

4)

Pour abaisser de  $\Delta T$  la température de  $m$  kg d'eau, il faut lui retirer la chaleur  $m \times C_{\text{eau}} \times \Delta T$ , cette chaleur doit être fournie en 1 min à l'évaporateur qui nécessite  $Q_{41} \approx 240 \text{ kJ}$ , il faut donc, en une minute, apporter une masse

$$m = \frac{Q_{41}}{C_{\text{eau}} \cdot \Delta T} \approx 240 \cdot 10^3 / (4180 \times 5) \approx 11,5 \text{ kg (soit 11,5 L) en 1 min, soit un débit max } D_{\text{max}} = 11,5 \text{ L/min}$$

**Sujet de Thermodynamique BTS MEMA 2007****Proposition de barème :****Problème 1 :**

<b>Questions</b>	<b>Points</b>
1	2
2	1,5
3	2
4	4
5	0,5
<b>Total problème 1</b>	<b>10</b>

**Problème 2 :**

<b>Questions</b>	<b>Points</b>
1	2
2	2
3	4
4	2
<b>Total problème 2</b>	<b>10</b>

1. A : Compresseur FAN  
 B : Turbine HP  
 C : Turbine BP  
 D : Chambre de combustion  
 E : Compresseur HP

2.  $Q_{mat} = \rho \cdot S \cdot V_0$        $\rho = P / r \cdot T = 101325 / 287 \cdot 288$        $\rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$   
 $S = \pi \cdot R^2$   
 $Q_{ma \text{ total}} = 1.225 \cdot \pi \cdot 0.63^2 \cdot 98$

**$Q_{ma \text{ total}} = 149,7 \text{ kg/s}$**

$Q_{ma1} + Q_{ma2} = 149,7$       et       $\lambda = Q_{ma2}/Q_{ma1}$

$Q_{ma1} = Q_{mat} / \lambda + 1 = 149,7 / 7,26 = 20,6 \text{ kg/s}$

**$Q_{ma1} = 20,6 \text{ kg/s}$**

$Q_{ma2} = Q_{mat} - Q_{ma1} = 149,7 - 20,6 = 129,1 \text{ kg/s}$

**$Q_{ma2} = 129,1 \text{ kg/s}$**

3.  $C_{sp} = Ch / F$        $Ch = C_{sp} \cdot F$        $Ch = 0,0363 \cdot 33269$   
 $Ch = Q_{mc} \cdot 3600$        $Q_{mc} = Ch / 3600$        $Q_{mc} = 1207 / 3600$

**$Ch = 1207 \text{ kg/h}$**

**$Q_{mc} = 0,335 \text{ kg/s}$**

4.  $F = Q_{ma1} \cdot (V_{15} - V_0) + Q_{mc} \cdot V_{15} + Q_{ma2} \cdot (V_{25} - V_0)$   
 et  $V_{25} / V_{15} = 0,68$        $V_{25} = 0,68 \cdot V_{15}$

$V_{15} = F + V_0 \cdot Q_{mat} / Q_{ma1} + Q_{mc} + 0,68 \cdot Q_{ma2}$

**$V_{15} = 440 \text{ m/s}$**

**$V_{25} = 300 \text{ m/s}$**

5. La vitesse d'éjection augmente dans la tuyère, selon Bernoulli,  $P_s/\rho + V^2/2 = Cte$   
 Si V augmente alors,  $P_s$  diminue jusqu'à la valeur de la pression atmosphérique.  
 La détente des gaz est complète dans la tuyère et le terme  $S_5 \cdot (P_5 - P_0) = 0$   
 Dans ces conditions, on dit que la tuyère est adaptée.

6.  $P_c = Q_{mc} \cdot P_{ci}$        $P_c = 0,335 \cdot 44 \cdot 10^6$        **$P_c = 14,74 \text{ MW}$**   
 $P_p = F \cdot V_0$        $P_p = 33269 \cdot 98$        **$P_p = 3,26 \text{ MW}$**   
 $\eta_g = P_p / P_c$        $\eta_g = 3,26 / 14,74$        **$\eta_g = 0,22 \text{ soit } 22 \%$**

Le rendement est faible car le GTR fonctionne dans les conditions les plus pénalisantes : au sol à 85% de  $N_2$ .

7. **Puissance absorbée par le compresseur FAN :**

$P_{FAN} = Q_{mat} \cdot C_p (T_{24} - T_2)$

$T_{24} = T_2 \cdot I_{FAN}^{\gamma-1/\gamma}$        $T_{24} = 288 \cdot 1,49^{1.47-1/1.47}$

**$T_{24} = 327,25 \text{ K}$**

$P_{FAN} = 149,7 \cdot 1005 (327,25 - 288)$

**$P_{FAN} = 5,9 \text{ MW}$**

**Puissance absorbée par le compresseur HP :**

$P_{HP} = Q_{ma1} \cdot C_p (T_3 - T_{2c})$       avec  $T_{2c} = T_{24}$

$T_3 = T_{2c} \cdot I_{HP}^{\gamma-1/\gamma}$        $T_3 = 327,15 \cdot 14^{1.47-1/1.47}$

**$T_3 = 760,61 \text{ K}$**

$P_{HP} = 20,6 \cdot 1005 \cdot (760,61 - 327,15)$

**$P_{HP} = 8,97 \text{ MW}$**

8. L'équation de conservation du débit donne :  $Q_m = \rho \cdot S \cdot V = Cte$   
 Avec V = Cte dans le compresseur, on a :

$\rho_{2c} \cdot S_{2c} = \rho_3 \cdot S_3$       si  $\rho_3 > \rho_{2c}$       par compression alors,       $S_3 < S_{2c}$

La taille des ailettes diminuera donc au fur et à mesure des étages de compression.

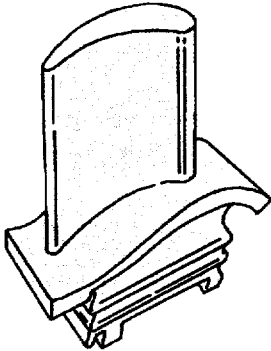
$$9. \quad \Gamma_g = \Gamma_e^n \quad \Gamma_g^{1/n} = \Gamma_e \quad \Gamma_e = 14^{1/14} \quad \Gamma_e = 1,207$$

$$\Gamma_g = \Gamma_{FAN} \cdot \Gamma_{HP} \quad \Gamma_g = 1,49 \cdot 14 \quad \Gamma_g = 20,86$$

10. Les systèmes anti pompage :

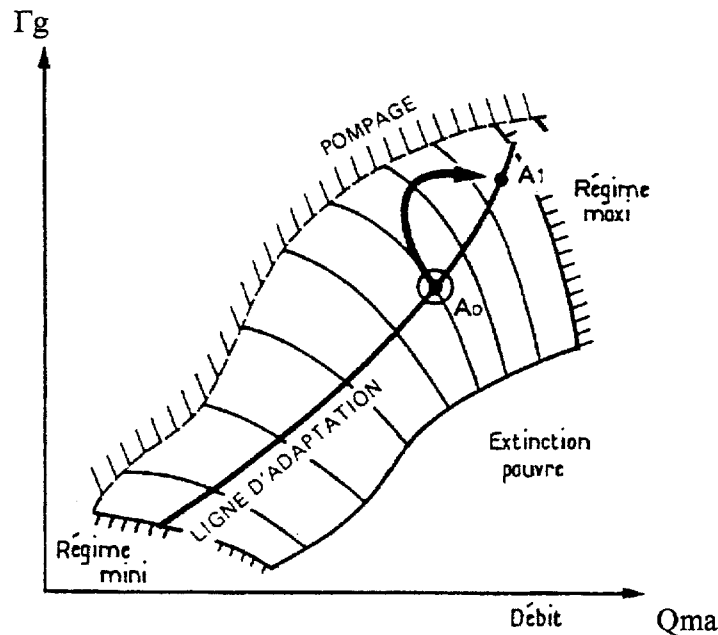
- 1 grille d'IGV devant le compresseur HP
- 5 grilles statoriques à calage variable au niveau des 5 premiers étages du compresseur HP
- Le double rotor BP et HP

11. Les structures monocristallines :



- Ces procédés permettent d'obtenir des alliages composés d'un seul grain. La structure est comparable à celle d'un diamant. On parle alors d'alliages **monocristallins**. Cette technique permet d'augmenter encore la  $T^\circ$  dans laquelle la pièce travaille.

12.



13. D'une manière générale, la régulation numérique gère l'ensemble des limitations.

- |                        |   |                           |
|------------------------|---|---------------------------|
| • Extinction riche     | → | Limiteur d'accélération   |
| • Extinction pauvre    | → | Limiteur de décélération  |
| • Régimes maxi et mini | → | Régulation                |
| • Pompage              | → | Systèmes « anti pompage » |

14. FADEC : Full Authority Digital Engine Control

Le FADEC est une autorité numérique à deux chaînes redondantes, permettant une utilisation optimisée du GTR.

**BAREME THERMOPROPULSION****Sujet de Thermopropulsion BTS MEMA 2007****Proposition de barème :**

<b>Questions</b>	<b>Points</b>
1	0,5
2	2
3	1
4	2
5	1
6	1,5
7	3
8	2
9	1
10	1.5
11	0.75
12	2,5
13	2,5
14	1
<b>Total épreuve</b>	<b>20</b>