

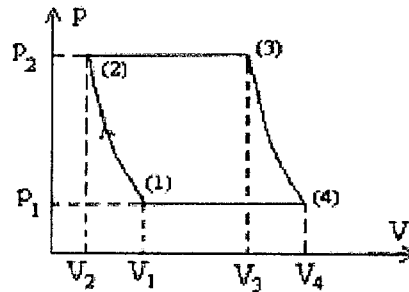
CORRIGE

- **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)



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

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

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

$$V_4 = V_3 \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{1/\gamma} = R T_3 P_2^{1/\gamma} P_1^{-1/\gamma} \quad T_4 = T_3 \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{1/\gamma}$$

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

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

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

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 ΔT 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 :**

Questions	Points
1	2
2	1,5
3	2
4	4
5	0,5
Total problème 1	10

Problème 2 :

Questions	Points
1	2
2	2
3	4
4	2
Total problème 2	10

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

- $$Q_{mat} = \rho \cdot S \cdot V_0 \quad \rho = P / r \cdot T = 101325 / 287 \cdot 288 \quad \rho = 1,225 \text{ kg/m}^3$$

$$S = \pi \cdot R^2$$

$$Q_{ma \text{ total}} = 1.225 \cdot \pi \cdot 0.63^2 \cdot 98$$

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

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

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

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

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

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

- $$C_{sp} = Ch / F \quad Ch = C_{sp} \cdot F \quad Ch = 0,0363 \cdot 33269 \quad Ch = 1207 \text{ kg/h}$$

$$Ch = Q_{mc} \cdot 3600 \quad Q_{mc} = Ch / 3600 \quad Q_{mc} = 1207 / 3600 \quad Q_{mc} = 0,335 \text{ kg/s}$$

- $$F = Q_{ma1} \cdot (V_{15} - V_0) + Q_{mc} \cdot V_{15} + Q_{ma2} \cdot (V_{25} - V_0)$$

$$\text{et } V_{25} / V_{15} = 0,68 \quad V_{25} = 0,68 \cdot V_{15}$$

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

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

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

- 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.

- $$P_c = Q_{mc} \cdot P_{ci} \quad P_c = 0,335 \cdot 44 \cdot 10^6 \quad P_c = 14,74 \text{ MW}$$

$$P_p = F \cdot V_0 \quad P_p = 33269 \cdot 98 \quad P_p = 3,26 \text{ MW}$$

$$\eta_g = P_p / P_c \quad \eta_g = 3,26 / 14,74 \quad \eta_g = 0,22 \text{ soit } 22 \%$$

Le rendement est faible car le GTR fonctionne dans les conditions les plus pénalisantes : au sol à 85% de N2.

- Puissance absorbée par le compresseur FAN :**

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

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

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

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

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

- Puissance absorbée par le compresseur HP :**

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

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

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

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

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

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

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

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

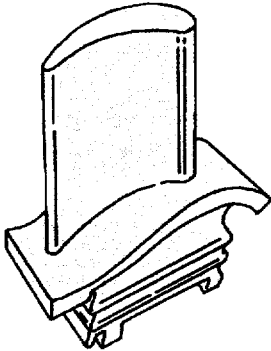
$$9. \quad \Gamma_g = \Gamma_e^n \quad \Gamma_g^{1/n} = \Gamma_e \quad \Gamma_e = 14^{1/14} \quad \Gamma_e = 1,207$$

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

10. Les systèmes anti pompage :

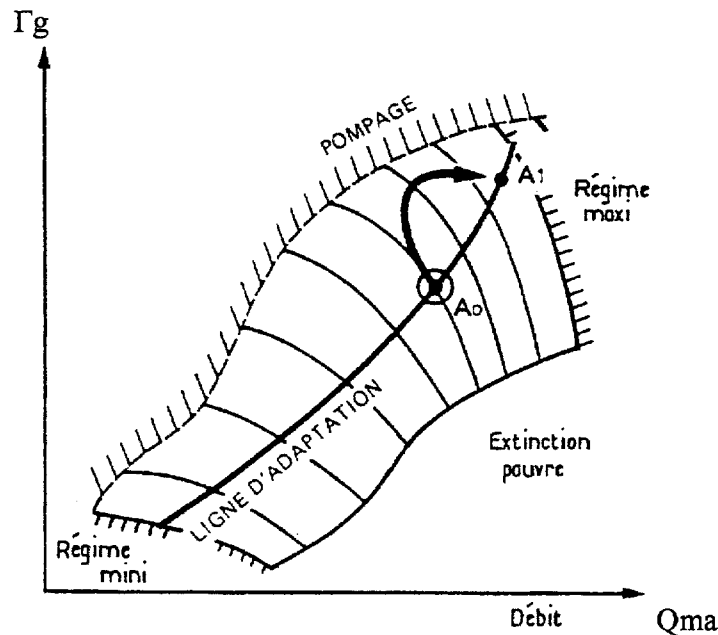
- 1 grille d'IGV devant le compresseur HP
- 5 grilles statoriques à calage variable au niveau des 5 premiers étages du compresseur HP
- Le double rotor BP et HP

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° 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 :**

Questions	Points
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
Total épreuve	20