

Final TF71 A_2016**Nom/ prénom :**

Durée : 1h30 ; Aucun document autorisé ; Calculatrice autorisée;

Partie I (Questions de cours).**Analyse thermodynamique :**

1) Le travail à fournir est plus important pour une compression adiabatique que pour une compression isotherme ?

Vrai

Faux

2) Une situation réelle de compression peut être décrite par un modèle de transformation équivalent « adiabatique »

Vrai

Faux

3) La valeur du rendement volumétrique dépend :

Du taux de compression

De la puissance du compresseur

De la valeur de l'espace mort

Du coefficient polytropique

Compression étagée :

4) Les hypothèses classiquement faites dans une configuration de compression étagée sont :

Température d'entrées BP et HP identiques

Températures de sortie BP identique à la température d'entrée HP

Même coefficient polytropique dans les deux étages (BP et HP).

Coefficient polytropique HP plus élevé que coefficient polytropique dans l'étage BP.

Pas de pertes de charge dans l'échangeur de chaleur

Compresseur rotatifs :

5) Pour les compresseurs rotatifs le taux de compression est fixé uniquement par la géométrie et le coefficient polytropique

Vrai

Faux

6) Quelle technologie n'existe qu'en version non lubrifiée ?

Vis

Spirales

Palettes

Lobes

Turbine axiales

7) Pour une turbine à action, la détente est partiellement réalisée dans les aubages fixes d'entrée

Vrai

Faux

8) Les irréversibilités dans les aubages sont générées principalement par :

Les couches limites sur les parois

La variation de la température

9) Les premiers aubages de détente d'une turbine à gaz sont refroidis par injection d'air

Vrai

Faux

10) Les compresseurs rotatifs sont munis de clapets automatiques

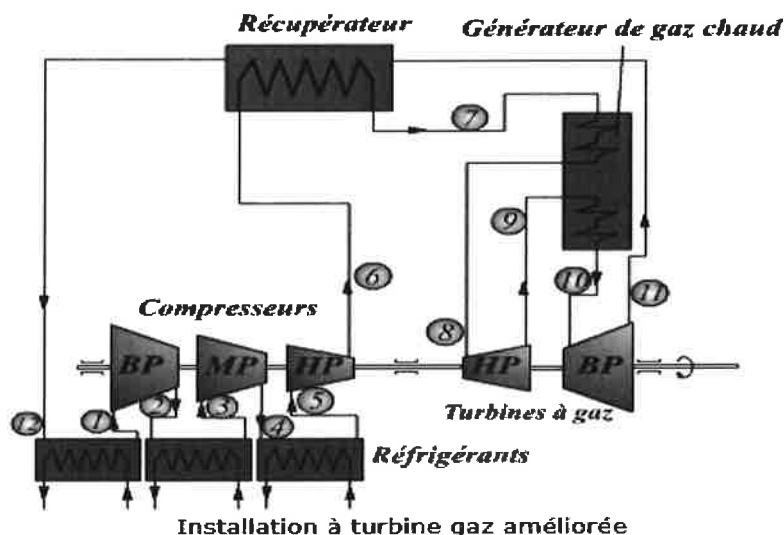
Vrai

Faux

Partie II (Exercice).

Compresseur (Compression étagée) :

Une installation fermée de production d'énergie est constituée des différents éléments présentés sur la figure ci-dessous.



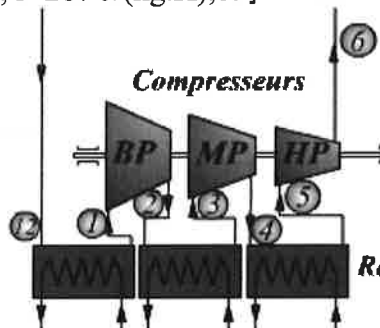
Le compresseur d'air comprend 3 étages adiabatiques. Le taux de compression de chaque étage est constant et égal à 2.

Le rendement par rapport à l'isentropique de chaque étage est égal à $\eta_{is}=0.8$.

Le débit d'air est $Q_m=18 \text{ kg/min}$

La température à l'entrée du compresseur est $T_1=20^\circ\text{C}$

Pour l'air on a $C_p=1004 \text{ J/(kg.K)}$, $r=287 \text{ J/(kg.K)}$, et $\gamma = 1.4$



Dans un premier temps, il n'y a pas d'échangeurs.

Calculer :

- 1) La température à la sortie de chaque étage de compression
- 2) La puissance absorbée par le premier étage du compresseur $P_{c1}(BP)$.
- 3) La puissance polytropique de cet étage.
- 4) Le rendement polytropique de cet étage.
- 5) Sachant que le rendement polytropique global du compresseur est égal à celui d'un étage, calculer la température T_6 et la puissance totale absorbée par le compresseur P_{abs} .

Le compresseur est maintenant refroidi à l'aide d'un échangeur entre chacun des étages comme indiqué sur la figure. A l'entrée de chaque étage, on a $T_1=T_3=T_5=20^\circ\text{C}$.

- 6) Calculer la puissance totale absorbée dans ce nouveau cas.
- 7) Quelle puissance thermique doit-on évacuer dans les échangeurs ?
- 8) En supposant une variation de température de 15°C pour l'eau de refroidissement, quel doit être le débit ? On a $C_{p_eau}=4185 \text{ J/(kg.K)}$.

$$\frac{P_s}{P_a} = \left(\frac{T_s}{T_a} \right)^{\frac{k}{k-1}}$$

Compression adiabatique :

$$WC = Wi = h = Cp(T_2 - T_1).$$

le rendement isentropique de compression :

$$\eta_{is}^C = \frac{W_{is}^C}{WC} = \frac{T_{2is} - T_1}{T_2 - T_1} \leq 1$$

Le travail de détente: WD=h=Cp(T3- T4)

et le rendement isentropique de détente :

$$\eta_{is}^D = \frac{W_D}{W_{is}^D} = \frac{T_3 - T_4}{T_3 - T_{4s}} \leq 1$$

Transformations polytropiques

$$k = \frac{\ln \frac{P_2}{P_1}}{\ln \frac{P_2}{P_1} - \ln \frac{T_2}{T_1}}$$

le rendement polytropique de compression et de détente

$$\eta_{pol}^C = \frac{\gamma - 1}{\gamma} \frac{k}{k - 1}$$

$$\eta_{pol}^D = \frac{\gamma}{\gamma - 1} \frac{k - 1}{k}$$

modèle de gaz parfait

$$pV = C^{te} = rT$$

PV^k=Cte

Le travail indiqué par unité de masse [j/kg], pour un coefficient polytropique k,

$$w_{ik_{BP}} = \frac{kr}{k-1} (T_2 - T_1) = \frac{krT_1}{k-1} \left[\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right]$$

Adiabatique

$$w_{is} = \frac{\gamma P_1 v_1}{\gamma - 1} \left(\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} - 1 \right)$$

Polytropique

$$w_{ik} = \frac{k P_1 v_1}{k - 1} \left(\left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}} - 1 \right)$$

Le rendement volumétrique

$$\eta_v = \frac{V_{aspire}}{V_{engendre}} = 1 - \epsilon \left(R_c^{\frac{1}{k}} - 1 \right)$$

$$V_4 = \epsilon V_e \left(\frac{P_3}{P_4} \right)^{\frac{1}{k}} = \epsilon V_e (R_c)^{\frac{1}{k}}$$

rapports thermiques de compression

$$\lambda = \left(\frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} = \frac{T_{2is}}{T_1}$$

rapport des températures

$$\tau = \frac{T_3}{T_1}$$

travail de compression	$W^C = C_p(T_2 - T_1)$ avec $T_2 = T_1 \left(1 + \frac{\lambda - 1}{\eta_{is}^C} \right)$
apport de chaleur	$Q_{comb} \simeq C_p(T_3 - T_2)$ ou $\simeq C_{p_g} T_3 - C_p T_2$
travail de détente	$W_{is}^D = C_{p_g}(T_3 - T_4)$ avec $T_4 = T_3 \left[1 - \eta_{is}^D \left(1 - \frac{1}{\lambda_g} \right) \right]$