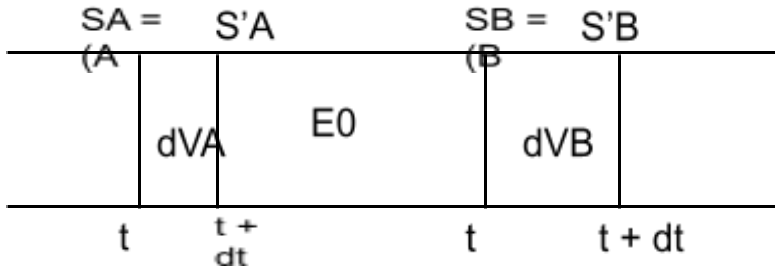
Partie I – Etude d'une turbine

I.A.1) Le débit massique Dm pour un écoulement permanent unidimensionnel s'obtient à partir du vecteur densité de courant de masse $\overrightarrow{j_m} = \mu \overrightarrow{c}$: $D_m = \iint_S \overrightarrow{j_m}.\overrightarrow{dS}$ où μ est la masse volumique du fluide, c sa vitesse et S la section de la canalisation. Lors d'un écoulement permanent, ce vecteur densité de courant de masse est uniforme sur la section considérée : $D_m = \mu c S$.

Soit Σ une surface fermée fixe définissant un volume de contrôle limité par S_{lat} (la surface latérale), S_1 (la surface d'entrée) et S_2 (la surface de sortie). Soit m la masse contenue à l'instant t dans ce volume de contrôle. La conservation de la masse entre les instants t et t + dt s'écrit : $\frac{dm}{dt} + \oiint_\Sigma \overrightarrow{j_m}.\overrightarrow{dS} = 0$.

En régime permanent, $\frac{dm}{dt} = 0$ (il n'y a pas d'accumulation de matière), donc $\oiint_\Sigma \overrightarrow{j_m}.\overrightarrow{dS} = \iint_{S_{lat}} \overrightarrow{j_m}.\overrightarrow{dS} + \iint_{S_1} \overrightarrow{j_m}.\overrightarrow{dS} + \iint_{S_2} \overrightarrow{j_m}.\overrightarrow{dS} = 0$ avec $\iint_{S_{atl}} \overrightarrow{j_m}.\overrightarrow{dS} = 0$ car la paroi latérale est imperméable à la matière. D'où $D_{m1} = D_{m2} = D_m$ (en raison des orientations de $\overrightarrow{j_m}$ et des surfaces d'entrée et de sortie)

I.A.2) Soit S_A et S_B les deux surfaces délimitant le fluide à l'instant t et liées au fluide. A l'instant t, $S_A = \Sigma_A$ et $S_B = \Sigma_B$. A l'instant t + dt, le fluide est délimité par les surfaces S'_A et S'_B. Soit dV_A le volume compris entre les surfaces S_A et S'_A. Soit dV_B le volume compris entre les surfaces S_B et S'_B. Le fluide contenu dans dV_A (ou dans dV_B) traverse la section fixe Σ_A (ou Σ_B) pendant dt et sa masse est D_m.



v_A et v_B étant les volumes massiques, on a $dV_A = v_A.D_m.dt$ et $dV_B = v_B.D_m.dt$. Si l'écoulement se fait de A vers B, alors la puissance des forces de pression est positive en A et négative en B. Les travaux des forces de pression entre les instants t et t + dt sont :

$\delta W_A = P_A.dV_A = P_A.v_A.D_m.dt$ et $\delta W_B = - P_B.dV_B = - P_B.v_B.D_m.dt$.

La puissance des forces de pression $P_p = (P_A v_A – P_B v_B).D_m$.

Le premier principe pour un système fermé S^f s'écrit alors :

$dE = \delta W + \delta Q$ avec $E = U + E_p + E_c$

Où E représente l'énergie totale du système, E_p son énergie potentielle, E_c son énergie cinétique, U son énergie interne, W le travail reçu par celui-ci (sauf les forces dérivant de E) et Q la chaleur reçue par ce système.

Comme l'écoulement est permanent, la quantité E est une constante ($=E_0$) pour la matière comprise entre S'_A et S_B.
Soit dE_A et dE_B les énergies contenues dans les volumes dV_A et dV_B.
$dE = E(t + dt) - E(t) = (E_0 + dE_B) - (E_0 + dE_A) = dE_B - dE_A$
Or $dE_A = (u_A + e_{cA} + e_{pA}).dm = (u_A + e_{cA} + e_{pA}).D_m.dt$ et de même
$dE_B = (u_B + e_{cB}\ e_{pB}).D_m.dt$ (les lettres minuscules représentent des grandeurs massiques).
$dE = \delta W + \delta Q$ donne $\frac{dE}{dt} = P + P_{th} = P_u + P_{th} + P_p$ où P_u est la puissance utile reçue par le fluide, P_{th} la puissance thermique et P_p la puissance des forces de pression.

Cela donne : $D_m.(\Delta u + \Delta e_c + \Delta e_p) = P_u + P_{th} - D_m.\Delta(Pv)$
Or $\Delta h = \Delta(u + Pv) = \Delta u + \Delta(Pv)$
D'où $D_m.\Delta(h + e_c + e_p) = P_u + P_{th}$.
Ici $\Delta e_p = 0$, ce qui donne : $D_m.\Delta(h + e_c) = P_u + P_{th}$

I.B.1) $$P_Q = D_m\left[\left(h_2 + \frac{v_2^2}{2}\right) - \left(h_1 + \frac{v_1^2}{2}\right)\right] - P_W$$

A.N. : $\underline{P_Q = -772\ kW}$: la turbine fournit de la chaleur

I.B.2) $\left|\frac{P_Q}{P_W}\right| = 6{,}713.10^{-2} = 6{,}7\%$: P_Q est négligeable devant P_W.

I.B.3)
INCORPORER Equation.3 : (Ec est négligeable devant (h.

Partie I

I – Etude d'une turbine fonctionnant suivant un cycle de Joule (ou cycle Brayton)

II.A.1)

II.A.2)
WC = h2 – h1 = cp (T2 – T1)

QE = h3 – h2 = cp (T3 – T2)

WT = h4 – h3 = cp (T4 – T3)

QS = h1 – h4 = cp (T1 – T4)

II.A.3)
Le travail fourni (par unité de masse) par le système est : WF = -WC – WT

II.A.4) INCORPORER Equation.3 soit INCORPORER Equation.3
Avec INCORPORER Equation.3 et INCORPORER Equation.3 , on a
INCORPORER Equation.3
Soit INCORPORER Equation.3

II.A.5) Lors de la question précédente, on a démontré : INCORPORER Equation.3

II.A.6)
(579111315(0,370,430,470,500,520,54

II.A.7)
a) INCORPORER Equation.3 avec P4 = P1 et P3 = P2
D'où INCORPORER Equation.3 A.N. : T4 = 673,3 K
INCORPORER Equation.3 d'où INCORPORER Equation.3 A.N. : T2 = 579,2 K.

b) WC = cp (T2 – T1) = 281,64 kJ.kg-1
WT = cp (T4 – T3) = - 632,12 kJ.kg-1
QE = cp (T3 – T2) = 727,07 kJ.kg-1

c) INCORPORER Equation.3 = 48,2 %

II.B.1) INCORPORER Equation.3 donne INCORPORER Equation.3

De même : INCORPORER Equation.3 donne INCORPORER Equation.3

II.B.2) (s12a > 0
(maintenant irréversible) d'où s2 > s1
(s34a > 0 (maintenant irréversible) d'où s4 > s3

II.B.3) INCORPORER Equation.3 (cf. II.A.4))

II.B.4) En choisissant un chemin réversible pour un gaz parfait, on a :
INCORPORER Equation.3 avec INCORPORER Equation.3
donc INCORPORER Equation.3 . Cette expression donne INCORPORER Equation.3
(INCORPORER Equation.3 et INCORPORER Equation.3

De même INCORPORER Equation.3 avec INCORPORER Equation.3
Et INCORPORER Equation.3

II.B.5) Applications numériques :
T2a = 640,5 K (sCa = 101,5 J.K-1.kg-1
T4a = 767,3 K (sTa = 131,8 J.K-1.kg-1
(a = 29,1 %

On
vérifie que T2a > T2 et T4a > T4 et que (sCa et (sTa > 0

Partie
I
II – Etude d'un turboréacteur

III.A.1)

III.A.2)
a) INCORPORER Equation.3 avec v1 =0
D'où INCORPORER Equation.3 (INCORPORER Equation.3

b) Cela donne T1 = 299,5 K (300 K et avec INCORPORER Equation.3 , on obtient P1 = 1,01 bar (1,03 bar.

III.A.3) a) WC = cp (T2 – T1) avec INCORPORER Equation.3 d'où INCORPORER Equation.3
On a alors INCORPORER Equation.3

De même WT = cp (T4 – T3) = - WC d'où INCORPORER Equation.3

b) Applications numériques :
WC = 281,6 kJ.kg-1 T4 = 1020,8 K
INCORPORER Equation.3 avec P3 = P2 = 10,3 bar
INCORPORER Equation.3 = 4,42 bar > P1.
INCORPORER Equation.3 = 579,2 K

III.A.4) a) INCORPORER Equation.3 (INCORPORER Equation.3
b) INCORPORER Equation.3 d'où INCORPORER Equation.3
A.N. : T5 = 595,4 K et v5 = 926 m.s-1 : c'est énorme ! !

III.A.5) a) v5 – vy est l'accroissement de vitesse de l'air. La vitesse des molécules de l'air entraîne donc une pression
à laquelle correspond une force de pression (l'avion avance à une vitesse vy) : v5 – vy est en m.s-1, Dm en kg.s-1 donc Dm (v5 – vy) en kg.m.s-2 (masse (accélération) : c'est homogène à une force (F = m Δv / Δt).

b) PF = F (vy = Dm.vy.(v5 – vy)

c) PQE = Dm (h3 – h2) = Dm.cp. (T3 – T2)

d) INCORPORER Equation.3

e) Applications numériques :
PF = 1,21.107 W = 12,1 MW
PQE = 5,09.107 W = 50,9 MW
(M = 23,8 %

III.B.1) P1a = Py + KDi (P1 – Py) = 9,98.10-1 bar

III.B.2) INCORPORER Equation.3 = 343,4 kJ.kg-1
WCa = cp (T2a – T1) d'où INCORPORER Equation.3 = 640,5 K
P2a = (.P1a = 9,98 bar

III.B.3) QEa = cp (T3a – T2a) = cp (T3 – T2a) = 665,2 kJ.kg-1.

III.B.4)
a) WTa = - WCa = cp (T4a – T3)
D'où INCORPORER Equation.3 = 959,6 K

INCORPORER Equation.3 = - 404,0 kJ.kg-1
INCORPORER Equation.3 (INCORPORER Equation.3 = 899,5 K (900 K
INCORPORER Equation.3 (INCORPORER Equation.3
P4a = 2,75 bar.

III.B.5) INCORPORER Equation.3
INCORPORER Equation.3 avec T4a = 959,6 K
d'où INCORPORER Equation.3 = 641,0 K
et T5a = T4a + (Te (T5b – T4a) = 653,7 K
INCORPORER Equation.3 d'où INCORPORER Equation.3 = 785,6 m.s-1.

III.B.6)
PFa = Dm.vy (v5a – vy) = 9,57 MW
PQEa = cp (T3 – T2a) = 46,6 MW
INCORPORER Equation.3 = 20,5 %

III.B.7)
WTa = - WCa n'est sûrement pas vrai.
Les échanges de chaleur sont négligés dans le compresseur et la turbine.
Peut-on considérer cp = cte
dans le domaine de température considéré ?
Les gaz sont-ils parfaits ?