

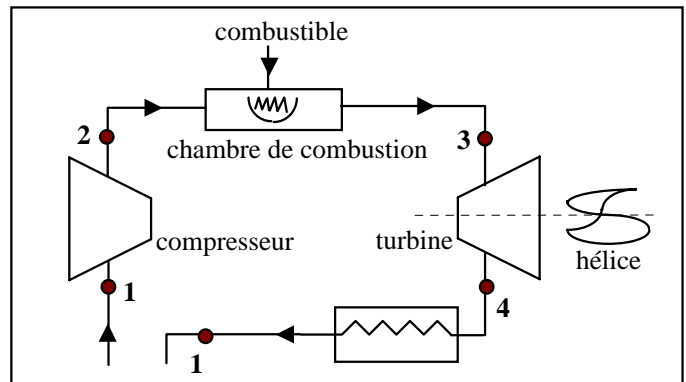
Épreuve de physique B.T.S. 1996

Cycle de Joule

Une turbine à gaz, à combustion externe, sans régénération, fonctionne avec de l'air, suivant le cycle de Joule, d'après le schéma ci-contre :

L'air, aspiré à la pression $p_1 = 1 \text{ bar}$ et à la température $T_1 = 293 \text{ K}$, est comprimé de façon adiabatique et réversible jusqu'à la pression $p_2 = 10 \text{ bar}$ et à la température T_2 .

Il pénètre, ensuite, dans la chambre de combustion où il reçoit, à pression constante, une quantité de chaleur $q = 433 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. La température atteinte est T_3 .



L'air parvient, ensuite, à la turbine où il subit une détente adiabatique et réversible jusqu'à la pression $p_4 = 1 \text{ bar}$ et à la température T_4 . Puis, il est refroidi, à pression constante, jusqu'à la température $T_1 = 293 \text{ K}$.

1° question : Donner le nom des transformations :

$$\text{Etat 1} \xrightarrow{?} \text{Etat 2} \xrightarrow{?} \text{Etat 3} \xrightarrow{?} \text{Etat 4} \xrightarrow{?} \text{Etat 1}$$

2° question :

On considère la masse $m = 1 \text{ kg}$ d'air.

- Calculer les paramètres p , V , T pour les états 1, 2, 3, 4.
- Représenter ce cycle dans le diagramme de Clapeyron $p = f(V)$
- Calculer les travaux W_{12} , W_{23} , W_{34} , W_{41} échangés avec le milieu extérieur.
- Calculer le travail total W mis en jeu.

Données : $\gamma = 1,40$

$$r = 287 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$c_p = 1006 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1} \text{ (on admet que } c_p \text{ est constante à toute température)}$$

3° question : Sachant que le compresseur aspire 45 kg d'air par seconde, calculer la puissance théorique P de cette turbine.

4° question : En admettant un rendement mécanique η de 78% , calculer la puissance réelle P' de cette turbine.

5° question : Déterminer le travail total W mis en jeu d'après la table des enthalpies de l'air à différentes températures, sachant que l'on peut écrire : $W = H_2 - H_1 + H_4 - H_3$

Table donnant l'enthalpie massique de l'air en fonction de la température

| T (en K) | Enthalpie massique (en kJ.kg ⁻¹) | T (en K) | Enthalpie massique (en kJ.kg ⁻¹) | T (en K) | Enthalpie massique (en kJ.kg ⁻¹) | T (en K) | Enthalpie massique (en kJ.kg ⁻¹) |
|----------|--|----------|--|----------|--|----------|--|
| 100 | 99,76 | 390 | 390,88 | 680 | 691,82 | 970 | 1011,88 |
| 110 | 109,77 | 400 | 400,98 | 690 | 702,52 | 980 | 1023,25 |
| 120 | 119,79 | 410 | 411,12 | 700 | 713,27 | 990 | 1034,63 |
| 130 | 129,81 | 420 | 421,26 | 710 | 724,01 | 1000 | 1046,03 |
| 140 | 139,84 | 430 | 431,43 | 720 | 734,20 | 1020 | 1068,89 |
| 150 | 149,86 | 440 | 441,61 | 730 | 745,62 | 1040 | 1091,85 |
| 160 | 159,87 | 450 | 451,83 | 740 | 756,44 | 1060 | 1114,85 |
| 170 | 169,89 | 460 | 462,01 | 750 | 767,30 | 1080 | 1137,93 |
| 180 | 179,92 | 470 | 472,25 | 760 | 778,21 | 1100 | 1161,07 |
| 190 | 189,94 | 480 | 482,48 | 770 | 789,10 | 1120 | 1184,28 |
| 200 | 199,96 | 490 | 492,74 | 780 | 800,03 | 1140 | 1207,54 |
| 210 | 209,97 | 500 | 503,02 | 790 | 810,98 | 1160 | 1230,90 |
| 220 | 219,99 | 510 | 513,32 | 800 | 821,94 | 1180 | 1254,34 |
| 230 | 230,01 | 520 | 523,63 | 810 | 832,96 | 1200 | 1277,79 |
| 240 | 240,03 | 530 | 533,98 | 820 | 843,97 | 1220 | 1301,33 |
| 250 | 250,05 | 540 | 544,35 | 830 | 855,01 | 1240 | 1324,89 |
| 260 | 260,09 | 550 | 554,75 | 840 | 866,09 | 1260 | 1348,55 |
| 270 | 270,12 | 560 | 565,17 | 850 | 877,16 | 1280 | 1372,25 |
| 280 | 280,14 | 570 | 575,57 | 860 | 888,28 | 1300 | 1395,97 |
| 290 | 290,17 | 580 | 586,04 | 870 | 899,42 | 1320 | 1419,77 |
| 300 | 300,19 | 590 | 596,53 | 880 | 910,56 | 1340 | 1443,61 |
| 310 | 310,24 | 600 | 607,02 | 890 | 921,75 | 1360 | 1467,50 |
| 320 | 320,29 | 610 | 617,53 | 900 | 932,94 | 1380 | 1491,43 |
| 330 | 330,34 | 620 | 628,07 | 910 | 944,15 | 1400 | 1515,41 |
| 340 | 340,43 | 630 | 638,65 | 920 | 955,38 | 1420 | 1539,44 |
| 350 | 350,48 | 640 | 649,21 | 930 | 966,64 | 1440 | 1563,49 |
| 360 | 360,58 | 650 | 659,84 | 940 | 977,92 | 1460 | 1587,61 |
| 370 | 370,67 | 660 | 670,47 | 950 | 989,22 | 1480 | 1611,80 |
| 380 | 380,77 | 670 | 681,15 | 960 | 1000,53 | 1500 | 1635,99 |