

Etude simplifiée du fonctionnement d'un turboréacteur

L'air qui pénètre dans un turboréacteur (voir figure) subit une compression (dans le compresseur), puis passe dans la chambre de combustion où est injecté le combustible (kérosène), Les gaz brûlés se détendent dans la turbine (qui entraîne le compresseur), puis dans la tuyère,

On admet qu'il n'y a pas de différence notable, du point de vue thermodynamique, entre l'air aspiré et les gaz rejetés par le réacteur (la combustion s'effectue toujours avec un excès d'air important et on peut négliger la masse du carburant injecté devant celle de l'air),

On raisonne donc sur de l'air assimilé à un gaz parfait décrivant le cycle théorique de Joule suivant :

- 1 → 2 compression isentropique, $T_1 = 300 \text{ K}$; $p_1 = 1 \text{ bar}$; $p_2 = 5 \text{ bar}$
- 2 → 3 combustion isobare, $T_3 = 1080 \text{ K}$
- 3 → 5 détente isentropique dans la turbine (3 → 4), puis dans la tuyère (4 → 5)
- 5 → 1 transformation isobare "de retour",

On suppose que le réacteur- est au banc d'essai, donc fixe, et on néglige toutes les vitesses hormis la vitesse d'éjection C_5 au niveau de la tuyère,

On prendra : $\gamma = c_p/c_v = 1,4$

- 1 - Donner l'allure du cycle sur les diagrammes (p, v) et (T, S) ,
- 2 - Calculer les températures T_2 et T_5 ,
- 3 - a - Calculer le rendement thermodynamique du cycle en fonction des températures T_1, T_2, T_3, T_5 ,
- b - Application numérique,

Dans le compresseur et la turbine, ont lieu des transformations thermodynamiques dites "avec transvasement" : le fluide pénètre dans la machine, échange avec elle du travail et de la chaleur, puis quitte le dispositif,

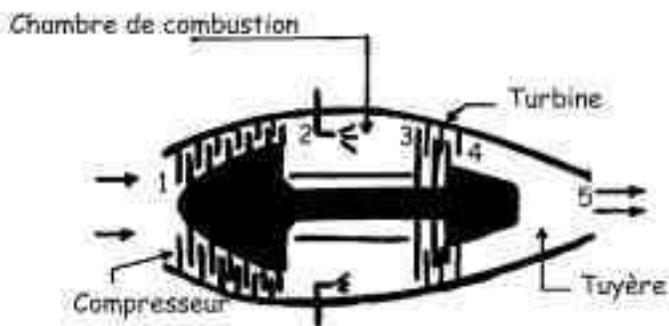
On peut montrer que, pour le compresseur (transformation 1→2), la variation d'enthalpie massique de l'air peut s'écrire : $\Delta h_{12} = h_2 - h_1 = w_c + q_c$

De même, pour la turbine (transformation 3→4), on écrira à $\Delta h_{34} = h_4 - h_3 = w_T + w_T$

- 4 - Calculer le travail w_c fourni par les aubages du compresseur à l'unité de masse du fluide,
- 5 - En admettant que le compresseur restitue exactement le travail que lui a fourni la turbine, calculer l'enthalpie massique h_4 de l'air dans l'état 4 et sa pression p_4 ,
- 6 - En appliquant à la tuyère l'équation de conservation de l'énergie pour les écoulements isentropiques, calculer la vitesse c_5 d'éjection des gaz brûlés,

7 - Le théorème des quantités de mouvement appliqué au système air- turboréacteur, permet de montrer que la poussée du réacteur peut s'écrire $F = q_m c_5$, q_m étant le débit massique de l'air, Calculer F pour $q_m = 40 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$

8 - Pour accroître la poussée, on peut injecter du kérosène dans le gaz d'échappement pour une nouvelle combustion utilisant l'oxygène encore disponible (postcombustion), Si, dans ces nouvelles conditions, on atteint une température $T'_4 = 1680 \text{ K}$, quelle sera la nouvelle poussée du réacteur ?
(pour cette question on prendra $c_p = 1,1 \text{ kJ}\cdot\text{kg}^{-1}$,



Propriétés de l'air

T	h	T	h	T	h
K	KJ. kg ⁻¹	K	kJ. kg ⁻¹	K	kJ. kg ⁻¹
100	99,76	490	492,74	880	910,56
110	109,77	500	503,02	890	921,75
120	119,79	510	513,32	900	932,94
130	129,81	520	523,63	910	944,15
140	139,84	530	533,98	920	955,38
150	149,86	540	544,35	930	966,64
160	159,87	550	554,75	940	977,92
170	169,89	560	565,17	950	989,22
180	179,92	570	575,57	960	1000,53
190	189,94	580	586,04	970	1011,88
200	199,96	590	596,53	980	1023,25
210	209,97	600	607,02	990	1034,63
220	219,99	610	617,53	1000	1046,03
230	230,01	620	628,07	1020	1068,89
240	240,03	630	638,65	1040	1091,85
250	250,05	640	649,21	1060	1114,85
260	260,09	650	659,84	1080	1137,93
270	270,12	660	670,47	1100	1161,07
280	280,14	670	681,15	1120	1184,28
290	290,17	680	691,82	1140	1207,54
300	300,19	690	702,52	1160	1230,9
310	310,24	700	713,27	1180	1254,34
320	320,29	710	724,01	1200	1277,79
330	330,34	720	734,20	1220	1301,33
340	340,43	730	745,62	1240	1324,89
350	350,48	740	756,44	1260	1348,55
360	360,58	750	767,30	1280	1372,25
370	370,67	760	778,21	1300	1395,97
380	380,77	770	789,10	1320	1419,77
390	390,88	780	800,03	1340	1443,61
400	400,98	790	810,98	1360	1467,5
410	411,12	800	821,94	1380	1491,43
420	421,26	810	832,96	1400	1515,41
430	431,43	820	843,97	1420	1539,44
440	441,61	830	855,01	1440	1563,49
450	451,83	840	866,09	1460	1587,61
460	462,01	850	877,16	1480	1611,8
470	472,25	860	888,28	1500	1635,99
480	482,48	870	899,47		

I - On dispose d'une solution d'acide méthanoïque de concentration $0,1 \text{ mol.dm}^{-3}$ à 25°C . Le pH de cette solution est de 2,4.

1. Donner la définition selon Brönsted d'un acide.
2. Ecrire la réaction d'ionisation de cet acide dans l'eau et préciser la formule de la base conjuguée.
3. Quelles sont les espèces chimiques présentes dans la solution aqueuse ?
4. Quelle équation traduit la neutralité électrique de la solution ?
5. Quelle équation traduit la conservation de la matière dans la solution ?
6. Calculer les concentrations de toutes les espèces chimiques présentes dans la solution.
7. Définir et calculer le K_a et le pK_a du couple acide base considéré.

II - On envisage la réaction d'hydrolyse suivante $\text{RCl} + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{ROH} + \text{HCl}$

On suit la concentration C de R Cl au cours du temps.

t (h)	0	1	2	3	4	5
C (mol.dm^{-3})	0,1	$9,70 \cdot 10^{-2}$	$9,41 \cdot 10^{-2}$	$9,12 \cdot 10^{-2}$	$8,85 \cdot 10^{-2}$	$8,58 \cdot 10^{-2}$

1. Définir la vitesse de la réaction par rapport à RCl ainsi que l'ordre de la réaction.
2. Vérifier que cette réaction est d'ordre 1 par rapport à RCl.
3. Calculer la constante de vitesse de la réaction et le temps de demi-réaction.