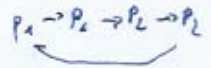


Examen de thermomécanique des machines

Thermodynamique

IMPORTANT : les questions spécifiques à TEN, MC et AGE sont marquées **T**, celles spécifiques à EI et EAC sont marquées **E**

Une installation de réfrigération fonctionnant en régime permanent utilise du R12 comme fluide frigorigène. On négligera dans tout le problème les énergies cinétique et potentielle. On se propose ici d'étudier l'effet de différents paramètres sur le coefficient de performance de l'installation. L'installation comprend un compresseur de vapeur faisant passer la pression de P_1 à P_2 , un condenseur isobare, un évaporateur isobare permettant la production de froid dans une enceinte calorifugée et un détendeur ramenant la pression de P_2 à P_1 . Tous les calculs seront effectués à partir des valeurs lues sur les tables fournies



- 1) **T, E** Représenter schématiquement la disposition des différents éléments ainsi que le cycle thermodynamique simplifié du fluide dans les diagramme (T,s) , (h,s) et $(\ln P,h)$ en spécifiant le sens de circulation du fluide.
- 2) **T, E** Ecrire pour chaque élément, les équations de bilan énergie et entropie.
- 3) **T** On considère dans cette question que le fluide passe en contact thermique direct avec une source froide à 20°C et une source chaude à 42°C , que le compresseur à un fonctionnement isentropique et que la vanne de détente opère adiabatiquement (on pourra dans cette question considérer que la pression de saturation correspondant à 42°C est de 10 bar). Sachant que la vapeur à saturation entre dans le compresseur à 20°C , que le liquide à saturation quitte le condenseur à 42°C et que le débit massique du fluide frigorigène est de 8g/s, déterminer :
 - a) la puissance du compresseur
 - b) la puissance de réfrigération
 - c) le coefficient de performance de l'installation
 - d) le coefficient de performance d'un cycle de Carnot utilisé en réfrigération et fonctionnant entre les mêmes températures de 42°C et 20°C
 - e) analyser la différence
- 4) **T, E** Il existe maintenant une différence de température entre le fluide réfrigérant et les sources chaude et froide (les transferts thermiques sont imparfaits). La vapeur à saturation entre dans le compresseur à 12°C . Le liquide à saturation quitte le condenseur à une pression de 1,4MPa, le débit massique du fluide frigorigène est toujours de 8g/s. Déterminer pour ce cycle modifié :
 - a) la puissance du compresseur
 - b) la puissance de réfrigération
 - c) le coefficient de performance de l'installation
 - d) **T** comparer les résultats obtenus à ceux de la question précédente
- 5) **E** Pour les mêmes conditions de température et de pression que la question 4, le compresseur a en fait un rendement de compression isentropique η_{is} de 0,8. D'autre part le liquide quitte le condenseur à une température de 48°C . Déterminer pour ce cycle modifié :
 - a) la puissance du compresseur
 - b) la puissance de réfrigération
 - c) le coefficient de performance de l'installation
 - d) la vitesse de production d'entropie dans le compresseur et la vanne de détente
 - e) exprimer la puissance mécanique détruite dans ces deux éléments par rapport à la puissance mécanique absorbée au compresseur

Propriétés du fluide frigogène R 12 (Liquide-Vapeur): Table en température

Temp (°C)	Press (bar)	Volume spécifique (m ³ /kg)		Energie interne (kJ/kg)		Enthalpie (kJ/kg)			Entropie (kJ/kg.K)	
		liqu. sat v _l *10 ³	vap sat v _g	liqu. sat u _l	vap sat u _g	liqu. sat h _l	Evap h _{lg}	vap sat h _g	liqu. sat s _l	vap sat s _g
0	3.0861	0.7159	0.05539	35.83	170.44	36.05	151.48	187.53	0.1420	0.6965
4	3.5124	0.7227	0.04895	39.51	172.04	39.76	149.47	189.23	0.1553	0.6946
8	3.9815	0.7297	0.04340	43.21	173.63	43.50	147.41	190.91	0.1686	0.6929
12	4.4962	0.7370	0.03860	46.93	175.20	47.26	145.30	192.56	0.1817	0.6913
16	5.0591	0.7446	0.03442	50.67	176.78	51.05	143.14	194.19	0.1948	0.6898
20	5.6729	0.7525	0.03078	54.44	178.32	54.87	140.91	195.78	0.2078	0.6884
24	6.3405	0.7607	0.02759	58.25	179.85	58.73	138.61	197.34	0.2207	0.6871
26	6.6954	0.7650	0.02614	60.17	180.61	60.68	137.44	198.11	0.2271	0.6865
28	7.0648	0.7694	0.02478	62.09	181.36	62.63	136.24	198.87	0.2335	0.6859
30	7.4490	0.7739	0.02351	64.01	182.11	64.59	135.03	199.62	0.2400	0.6853
32	7.8485	0.7785	0.02231	65.96	182.85	66.57	133.79	200.36	0.2463	0.6847
34	8.2636	0.7832	0.02118	67.90	183.59	68.55	132.53	201.09	0.2527	0.6842
36	8.6948	0.7880	0.02012	69.86	184.31	70.55	131.25	201.80	0.2591	0.6836
38	9.1423	0.7929	0.01912	71.84	185.03	72.56	129.94	202.51	0.2655	0.6831
40	9.6065	0.7980	0.01817	73.82	185.74	74.59	128.61	203.20	0.2718	0.6825
42	10.088	0.8033	0.01728	75.82	186.45	76.63	127.25	203.88	0.2782	0.6820
44	10.587	0.8086	0.01644	77.82	187.13	78.68	125.87	204.54	0.2845	0.6814
48	11.639	0.8199	0.01488	81.88	188.51	82.83	123.00	205.83	0.2973	0.6802
52	12.766	0.8318	0.01349	86.00	189.83	87.06	119.99	207.05	0.3101	0.6791
56	13.972	0.8445	0.01224	90.18	191.10	91.36	116.84	208.20	0.3229	0.6779
60	15.259	0.8581	0.01111	94.43	192.31	95.74	113.52	209.26	0.3358	0.6765
112	41.155	1.792	0.00179	175.98	175.98	183.35	0	183.35	0.5687	0.5687

Propriétés du fluide frigogène R 12 (Liquide-Vapeur): Table en pression

Press (bar)	Temp (°C)	Volume spécifique (m ³ /kg)		Energie interne (kJ/kg)		Enthalpie (kJ/kg)			Entropie (kJ/kg.K)	
		liqu. sat v _l *10 ³	vap sat v _g	liqu. sat u _l	vap sat u _g	liqu. sat h _l	Evap h _{lg}	vap sat h _g	liqu. sat s _l	vap sat s _g
4.0	8.15	0.7299	0.04321	43.35	173.69	43.64	147.33	190.97	0.1691	0.6928
5.0	15.60	0.7438	0.03482	50.30	176.61	50.67	143.35	194.02	0.1935	0.6899
6.0	22.00	0.7566	0.02913	56.35	179.09	56.80	139.77	196.57	0.2142	0.6878
7.0	27.65	0.7686	0.02501	61.75	181.23	62.29	136.45	198.74	0.2324	0.6860
8.0	32.74	0.7802	0.02188	66.68	183.13	67.30	133.33	200.63	0.2487	0.6845
9.0	37.37	0.7914	0.01942	71.22	184.81	71.93	130.36	202.29	0.2634	0.6832
10.0	41.64	0.8023	0.01744	75.46	186.32	76.26	127.50	203.76	0.2770	0.6820
12.0	49.31	0.8237	0.01441	83.22	188.95	84.21	122.03	206.24	0.3015	0.6799
14.0	56.09	0.8448	0.01222	90.28	191.11	91.46	116.76	208.22	0.3232	0.6778
16.0	62.19	0.8660	0.01054	96.80	192.95	98.19	111.62	209.81	0.3329	0.6758

Propriétés du fluide frigogène R 12 : vapeur surchauffée

T (°C)	v (m ³ /kg)	u (kJ/kg)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg.K)	v (m ³ /kg)	u (kJ/kg)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg.K)
	P=0.8 MPa (T_{sat} = 32.74°C)				P=0.9 MPa (T_{sat} = 37.37°C)			
sat	0.02188	183.13	200.63	0.6845	0.01942	184.81	202.29	0.6832
40	0.02283	187.81	206.07	0.7021	0.01974	186.55	204.32	0.6897
50	0.02407	194.19	213.45	0.7253	0.02091	193.10	211.92	0.7136
60	0.02525	200.52	220.72	0.7474	0.02201	199.56	219.37	0.7363
80	0.02748	213.13	235.11	0.7894	0.02407	212.37	234.03	0.7790
100	0.02959	225.77	249.44	0.8289	0.02601	225.13	248.54	0.8190
120	0.03162	238.51	263.81	0.8664	0.02785	237.97	263.03	0.8569
140	0.03359	251.39	278.26	0.9022	0.02964	250.90	277.58	0.8930
160	0.03552	264.41	292.83	0.9367	0.03138	263.99	292.23	0.9276
180	0.03742	277.60	307.54	0.9699	0.03309	277.23	307.01	0.9609

T (°C)	v (m ³ /kg)	u (kJ/kg)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg.K)	v (m ³ /kg)	u (kJ/kg)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg.K)
	p = 1.00 MPa (T_{sat} = 41.64° C)				p = 1.20 MPa (T_{sat} = 49.31° C)			
sat	0.01744	186.32	203.76	0.6820	0.01441	188.95	206.24	0.6799
50	0.01837	191.95	210.32	0.7026	0.01448	189.43	206.81	0.6816
60	0.01941	198.56	217.97	0.7259	0.01546	196.41	214.96	0.7065
80	0.02134	211.57	232.91	0.7695	0.01722	209.91	230.57	0.7520
100	0.02313	224.48	247.61	0.8100	0.01881	223.13	245.70	0.7937
120	0.02484	237.41	262.25	0.8482	0.02030	236.27	260.63	0.8326
140	0.02647	250.43	276.90	0.8845	0.02172	249.45	275.51	0.8696
160	0.02807	263.56	291.63	0.9193	0.02309	263.70	290.41	0.9048
180	0.02963	276.84	306.47	0.9528	0.02443	276.05	305.37	0.9385
200	0.03116	290.26	321.42	0.9851	0.02574	289.55	320.44	0.9711

T (°C)	v (m ³ /kg)	u (kJ/kg)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg.K)	v (m ³ /kg)	u (kJ/kg)	h (kJ/kg)	s (kJ/kg.K)
	p = 1.40 MPa (T_{sat} = 56.09° C)				p = 1.60 MPa (T_{sat} = 62.19° C)			
sat	0.01222	191.11	208.22	0.6778	0.01054	192.95	209.81	0.6758
60	0.01258	194.00	211.61	0.6881				
80	0.01425	208.11	228.06	0.7360	0.01198	206.17	225.34	0.7209
100	0.01571	221.70	243.69	0.7791	0.01337	220.19	241.58	0.7656
120	0.01705	235.09	258.96	0.8189	0.01461	233.84	257.22	0.8065
140	0.01832	248.43	274.08	0.8564	0.01577	247.38	272.61	0.8447
160	0.01954	261.80	289.16	0.8921	0.01686	260.90	287.88	0.8808
180	0.02071	275.27	304.26	0.9262	0.01792	274.47	303.14	0.9152
200	0.02186	288.84	319.44	0.9589	0.01895	288.11	318.43	0.9482
220	0.02299	302.51	334.70	0.9905	0.01996	301.84	333.78	0.9800