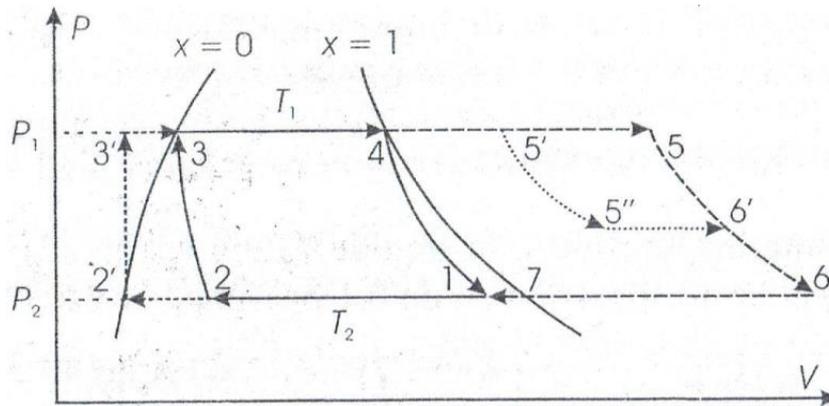


## TD N°3 : Cycles thermodynamiques

**Exercice 1:** Une machine motrice, utilisant l'eau comme fluide, opère selon un cycle de Carnot entièrement inscrit à l'intérieur de la courbe de saturation. On admet que la turbine et le compresseur ont un fonctionnement isentropique. En régime stationnaire, le débit massique de fluide  $\dot{m}$  dans la machine est de  $10 \text{ kg}\cdot\text{s}^{-1}$ . La pression  $P_1$  dans le bouilleur vaut 20 bar tandis que la pression  $P_2$  au niveau du condenseur est égale à 0,1 bar. Déterminer les échanges d'énergie au niveau de chaque élément de la machine et en déduire le rendement thermique  $\eta_{th}$  de cette machine. Comparer la valeur de ce rendement à celle du rendement théorique  $\eta_c$  de la machine de Carnot.

Extrait des tables thermodynamiques de l'eau à l'état saturé :

$P$ (bar)	$T$ (°C)	$h_l^{sat}$ (kJ.kg <sup>-1</sup> )	$h_g^{sat}$ (kJ.kg <sup>-1</sup> )	$S_l^{sat}$ (kJ.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> )	$S_g^{sat}$ (kJ.kg <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> )
0,1	45,81	191,83	2584,7	0,6493	8,1502
20	212,42	908,79	2799,5	2,4474	6,3409



**Fig 1.** Cycles améliorés des machines motrices

**Exercice 2:** La machine motrice à vapeur d'eau de l'exercice d'application précédent opère maintenant selon un cycle idéal de Rankine, ce qui signifie que l'eau en sortie du condenseur est à l'état de liquide saturé à la pression du condenseur (point 2'). Une pompe, dont on suppose que le fonctionnement est isentropique, renvoie cette eau liquide au niveau du bouilleur et ce à la pression de ce dernier. Calculer les échanges d'énergie au niveau de chaque élément de la machine et le rendement de ce nouveau cycle.

*Donnée supplémentaire :* à 45,81 °C et sous une pression de 0,1 bar, le volume massique  $v_{2'}$  de l'eau liquide est égal à  $0,001010 \text{ m}^3\cdot\text{kg}^{-1}$ .

**Exercice 3:** Une machine frigorifique ditherme ( $Q_c$ ,  $Q_f$ ) fonctionne au contact de deux thermostats ( $T_c= 295\text{K}$ ,  $T_f= 263\text{K}$ ), suivant un cycle irréversible, en recevant de l'extérieur le travail  $W$ .

1. Donner les relations  $Q_c = f(Q_f)$  traduisant le premier principe et le deuxième principe. En déduire l'efficacité  $\eta_r$  et le rendement  $r_r$  de la machine, en fonction de  $T_c$ ,  $T_f$ ,  $Q_f$  et de la production d'entropie  $S^p$ .
2. Ce réfrigérateur fonctionne suivant un cycle de Joule ( $T_1 = T_f$ ;  $T_2 = 370K$ ;  $T_3 = T_c$ ;  $T_4 = 210K$ ). Exprimer  $Q_c$  et  $Q_f$  en fonction des températures. En déduire la relation  $Q_c = f(Q_f)$  caractéristiques du cycle de Joule.

Le travail reçu au cours du cycle est  $W = 640J$ . Tracer successivement sur un diagramme de Paveau :  $Q_c = f(Q_f)$  les courbes traduisant les résultats précédents. En déduire graphiquement  $Q_f$ ,  $Q_c$  et  $S^p$ . Trouver  $\eta_r$  et  $r_r$ .

**Exercice 4:** Le cycle moteur de Lenoir est le cycle triangulaire représenté sur la figure 2 : entre 1 et 2, compression isochore due à l'explosion du mélange air-combustible, entre 2 et 3, détente isentropique et enfin, entre 3 et 1, échappement isobare. Pour un tel cycle décrit par de l'air, supposé parfait et diatomique, exprimer l'efficacité  $\eta_m$  du cycle moteur en fonction du rapport de compression  $\beta_{2,1} = P_2/P_1$ ,  $P_2$  étant la pression au point 2 et  $P_1$  celle au point 1. Calculer  $\eta_m$  pour  $\beta_{2,1} = 8$ .

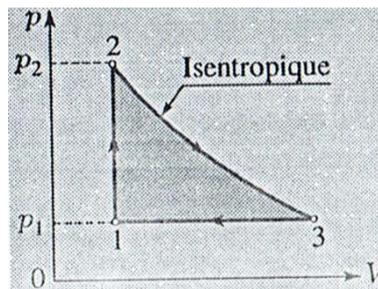


Fig 2. Cycle moteur de Lenoir

**Exercice 5:** Le fluide, supposé parfait, d'un moteur décrit un cycle Diesel : 1-2 compression isentropique, 2-3 échauffement isobare, 3-4 détente isentropique, 4-1 refroidissement isochore. Le facteur  $\gamma$  du fluide, constitué d'air et de gazole, vaut 1,4. Le moteur, d'une cylindrée totale  $1929 \text{ cm}^3$ , possède 4 cylindres en ligne, de hauteur  $h = 94,5 \text{ mm}$  et de diamètre  $D = 82,6 \text{ mm}$ . La puissance développée sur l'arbre moteur, vaut  $48 \text{ kW}$ . On désigne par  $\alpha_{1,2}$ ,  $\alpha_{1,3}$ ,  $\alpha_{3,2}$  respectivement le rapport de compression  $V_1/V_2$ , le rapport  $V_1/V_3$  de détente volumétrique et le rapport  $V_3/V_2$  d'injection volumétrique. Ce dernier vaut 3.

1. Trouver, pour chaque transformation, le rapport de la température finale sur la température initiale, en fonction de  $\alpha_{1,2}$ ,  $\alpha_{1,3}$  et  $\alpha_{3,2}$ .
2. Exprimer l'efficacité du cycle moteur en fonction des températures  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  et  $T_4$ , puis en fonction de  $\alpha_{1,2}$  et de  $\alpha_{1,3}$ .
3. Calculer la consommation horaire du moteur, sachant que la masse volumique du gazole est  $\rho = 0,8 \text{ kg.L}^{-1}$  et que son pouvoir thermique est  $q = 42,22 \text{ MJ.kg}^{-1}$ .