

## TP1 : Cycle de Carnot

### I. Objectifs de ce TP.

Ce T.P est pour buts de:

- Maitriser l'étude du **cycle de Carnot** en se basant sur le cours, les TDs, et les références disponibles.
- Maitriser la manipulation du logiciel EES (Engineering Equation Solver).
- déterminer par le logiciel EES (Engineering Equation Solver), les valeurs caractérisant es du cycle.
- l'étude thermodynamique du **cycle de Carnot** à travers l'étude de l'effet de la **variation de certains paramètres thermiques (ex. températures chaudes et froides « T<sub>C</sub> et T<sub>F</sub> », les pressions des deux sources, ....etc), sur les performances du cycle.**
- Interpréter les résultats obtenus.

### II. Partie Théorique.

#### I- Titre de vapeur X:

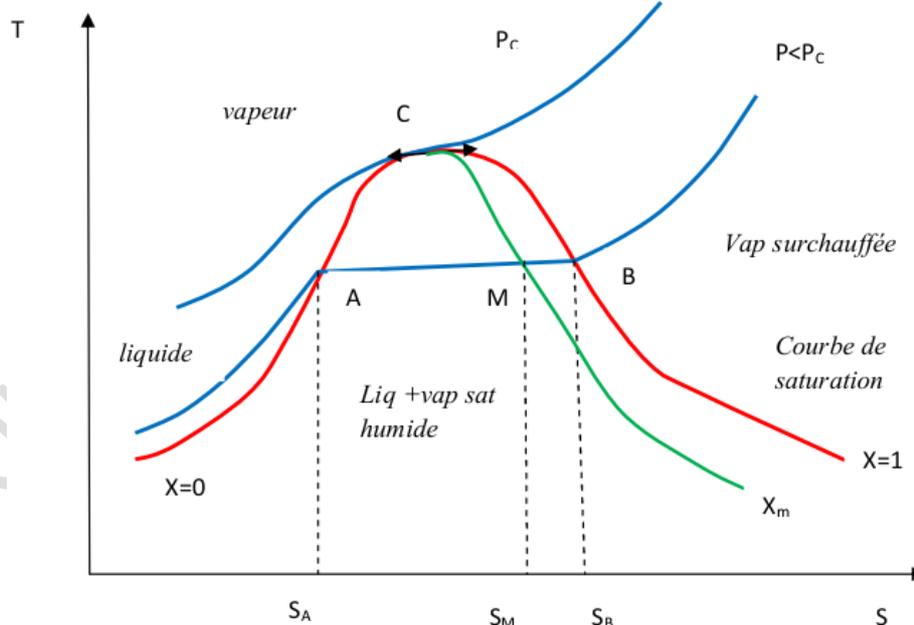


Fig.1. Diagramme (TS).

A ≡ liquide saturé x=0

B ≡ vapeur saturée sèche x=1

M ≡ mélange liq sat + vap sat humide

**X = quantité de vapeur humide / mélange liq+vap = AM/AB**

$$x = \frac{V_M - V_A}{V_B - V_A} = \frac{S_M - S_A}{S_B - S_A} = \frac{H_M - H_A}{H_B - H_A}$$

On obtient alors :

$$V_M = (1-x) \cdot V_A + x \cdot V_B$$

$$S_M = (1-x) \cdot S_A + x \cdot S_B$$

$$H_M = (1-x) \cdot H_A + x \cdot H_B$$

## II- Cycle de Carnot

### Principe de fonctionnement et données du problème:

Le cycle de Carnot est un cycle thermodynamique théorique pour un moteur ditherme, constitué de quatre processus réversibles : une détente isotherme réversible, une dilatation adiabatique réversible (donc isentropique), une compression isotherme réversible, et une compression adiabatique réversible.

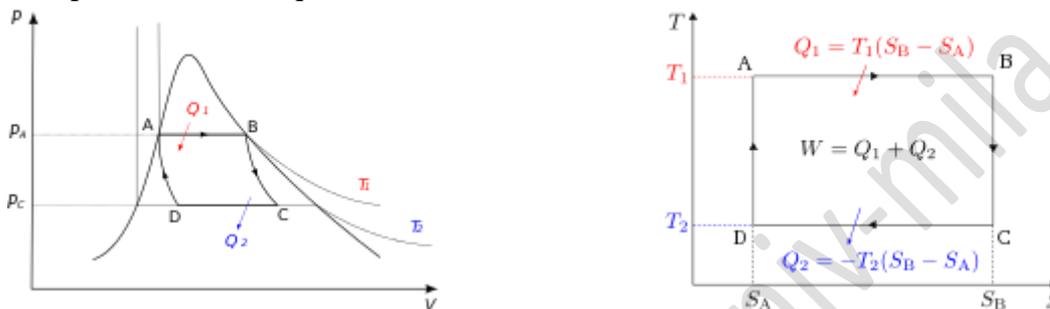


Fig.1 : Schéma explicatif d'un Cycle de Carnot moteur pour un corps diphasé :

a) dans le diagramme de Clapeyron.

b) diagramme température-entropie

- AB : vaporisation complète ;
- BC : détente adiabatique ;
- CD : liquéfaction partielle ;
- DA : compression adiabatique- et liquéfaction de la vapeur présente en D

L'efficacité des autres cycles et des machines réelles est comparée à celle du cycle de Carnot par le biais du **rendement**, un nombre sans dimension compris entre 0 (efficacité nulle) et 1 (efficacité parfaite). On donne :

$\eta$  (*eta*) = efficacité énergétique = énergie utile en sortie / énergie fournie en entrée

$$\eta$$
 (*eta*) = - W / Q<sub>c</sub>

Alors :

$$\eta$$
 (*eta*) = 1 - Q<sub>f</sub> / Q<sub>c</sub> (1)

$$\eta$$
 (*eta*) = 1 - T<sub>f</sub> / T<sub>c</sub> (2)

Avec :

Q<sub>f</sub> transfert thermique avec la source froide ;

Q<sub>c</sub> transfert thermique avec la source chaude ;

T<sub>f</sub> température de la source froide, constante (en kelvin) ;

T<sub>c</sub> température de la source chaude, constante (en kelvin).

Pour un cycle de Carnot moteur, l'énergie utile est celle correspondant au travail algébrique W fourni par le fluide (et donc compté négativement), et l'énergie reçue par le fluide est sous forme d'énergie thermique apportée par la source chaude (Q<sub>c</sub>) grâce à un transfert thermique.

Par conséquent, le cycle de Carnot est par définition un cycle réversible, formé de deux transformations adiabatiques (2-3 et 4-1) et de deux transformations isothermes (1-2 et 3- 4). Travailler avec un fluide diphasique permet d'améliorer les qualités de la machine de Carnot fonctionnant avec un fluide monophasique. En effet, si l'on considère que le fluide moteur est

un gaz parfait, la pression est uniforme dans la chaudière d'une part, et dans le condenseur d'autre part. Or, tant que les phases : liquide et vapeur coexistent, toute transformation isobare est également isotherme. Pour que les transformations 1-2 et 3-4 soient isothermes, il suffit donc de représenter tout le cycle dans la partie diphasique du diagramme de Clapeyron, voir la figure 2.

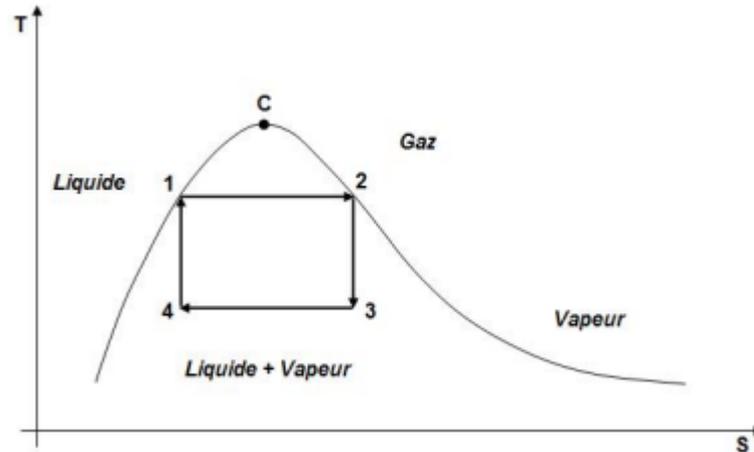


Fig.2 : Représentation d'un Cycle de Carnot dans la diagramme T-S.

Sachant que (les données) :

$$T_3=T_f= 40\text{ }^{\circ}\text{C} = 313\text{ K}, T_1=T_c = 300\text{ }^{\circ}\text{C} = 573\text{ K}.$$

### iii. Partie Pratique (simulation).

#### I- Les étapes :

1- Avant tout il faut préciser les unités : (*options / unit system / SI*), dans notre TP, sont :

Pression : *M Pas*

Température : *Celsius*

Energies (Enthalpie, Entropie) : *KJ*, où *specific properties : Mass basis*.

Commençons par le point (1) :

2- sachant la température en point 01, et ignorant les restes des paramètres, sauf en sachant que dans le point (01) le fluide est sous forme de liquide, et le titre de vapeur  $X=0$  (Voir Figure 1-diagramme TS). Calculons **S1**.

3- Allons vers le point (2) : - sachant la température en point 02, et ignorant les restes des paramètres, sauf en sachant que dans le point (02) le liquide est sous forme de Vapeur, et le titre de vapeur  $X=1$  (Voir Figure 1-diagramme TS). Calculons **S2**

4- Puis, on a : **S1= S4, et S2 = S3.**

5- Allons vers la pression en point (1) : sachant la température en point 01, et ignorant les restes des paramètres, sauf en sachant que dans le point (01) le liquide est sous forme de liquide, et le titre de vapeur  $X=0$  (Voir Figure 1-diagramme TS). Calculons **P1**.

6- Allons vers la pression en point (3) : - sachant la température en point 02, et ignorant les restes des paramètres, sauf en sachant que dans le point (02) le liquide est sous forme de Vapeur, et le titre de vapeur  $X=1$  (Voir Figure 1-diagramme TS). Calculons **P2**

7- Puis, on a : **P1= P2, et P4 = P3.**

Contact : [a.touahria@centre-univ-mila.dz](mailto:a.touahria@centre-univ-mila.dz)

Matière : machine Thermique Niveau : Master 1 énergétique-mécanique

A ce niveau les entropies sont calculées dans les quatre points du cycle, on peut satisfaire le calcul. Mais, on peut calculer les restes des paramètres.

8- Reste à répondre au travail demandé.

#### *iv. Travail demandé.*

On demande le :

- . Calcul du rendement thermique ou efficacité
- . étudier l'influence de la température  $T_f$ , sur le rendement:
- . étudier l'influence de la température  $T_c$ , sur le rendement :
- . interpréter les résultats.
- . Conclusion :

**Bon courage**