

## TP5 : Cycle de RANKINE

### I. Objectifs de ce TP.

Ce T.P est pour buts de:

- Maitriser l'étude du cycle de Rankine 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 Rankine** à travers l'étude de l'effet de la **variation de certains paramètres thermiques (ex. pression du Condenseur (P\_Con), pression de la chaudière ( P\_boiler), ....etc), sur les performances du Cycle .**
- Interpréter les résultats obtenus.

### II. Partie Théorique.

#### I- Titre de vapeur X:

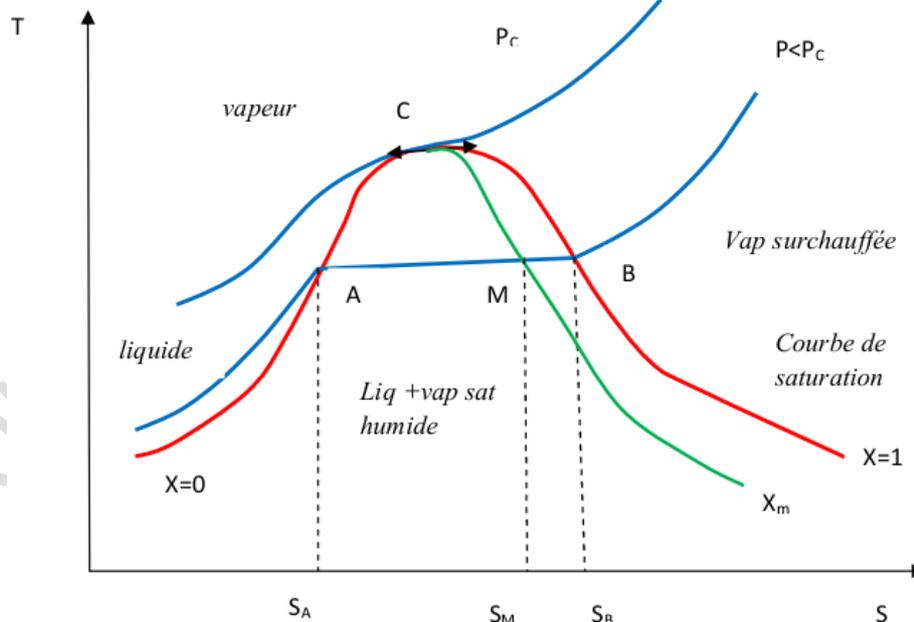


Fig.1. Diagramme (TS).

$A \equiv$  liquide saturé  $x=0$

$B \equiv$  vapeur saturée sèche  $x=1$

$M \equiv$  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 :

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

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

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

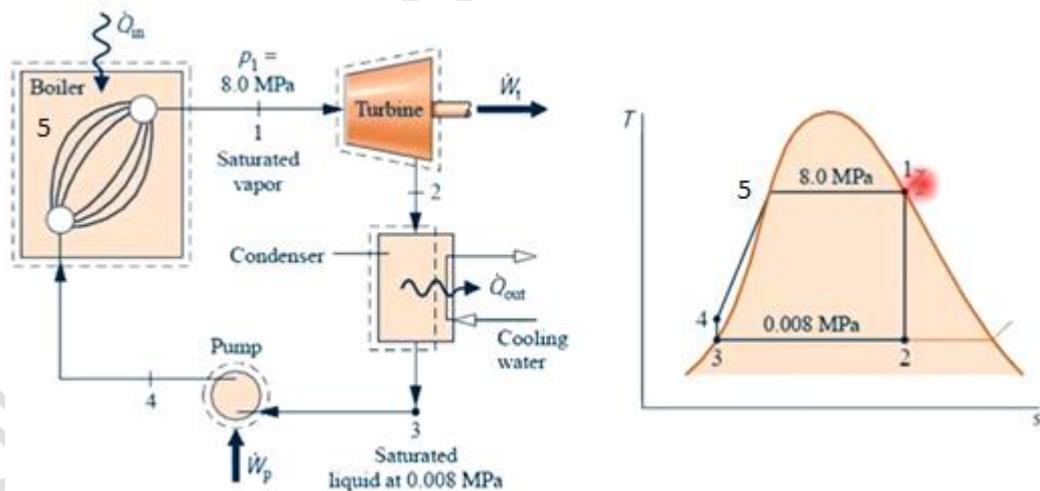
## II- Cycle de RANKINE

### Principe de fonctionnement et données du problème:

L'eau d'alimentation refoulée par la pompe (4), en suite elle est réchauffée dans un économiseur d'énergie (5), l'eau transformée en vapeur saturée dans un évaporateur ou chaudière (Boiler) (1), et après avoir tournée la turbine (2), elle est condensée dans le condenseur (Condensor) (3). Le cycle recommence avec la reprise de la vapeur condensée par la pompe. L'installation est composée par 4 éléments essentiels : - La chaudière - La turbine - Le condenseur - La pompe.

(La figure. 1. a), montre la disposition générale d'une centrale thermique et la manière dont la turbine est incluse dans celle-ci.

Le cycle de Rankine (Voir Figure) alors, peut être considéré comme le cycle de base des turbines à vapeur. Le cycle de RANKINE permet de remédier à cela (amélioration du cycle de Carnot) : le condenseur est dimensionné de façon à condenser la totalité du fluide, et c'est un liquide exempt de vapeur qui se présente à l'entrée de la pompe. Le cycle de Rankine ne diffère du cycle de CARNOT que par le fait que la condensation du fluide moteur est complète (jusqu'à l'état de **liquide saturé** avec un titre de vapeur ( $X_3=0$ ), égal à la quantité de vapeur divisé par la quantité totale du mélange) et donc la compression est assurée par une pompe au lieu d'un compresseur ( $P_{con} = 0.008 \text{ M Pas}$ ), ce qui a pour effet de réduire énormément le travail de compression et d'augmenter énormément le travail disponible (utile).



(a) Installation du cycle de Rankine

(b) Cycle de Rankine sur diagramme T-S

Figure 1 : Cycle de RANKINE.

En contre partie, il faut ajouter une transformation isobare en plus (5-4) dans la première partie de la chaudière, pour ramener le liquide à la saturation, avant de commencer à produire de la vapeur. Ce cycle comporte alors, une transformation en plus que celui de Carnot.

La quantité de chaleur  $Q_{boiler}$ , fournit au fluide moteur totalement à **pression constante** ( $P_{boiler} = 8 \text{ M Pas}$ ), se compose alors d'une première quantité Q5-4 (avec augmentation de la température dans l'économiseur) pour porter celui-ci à l'état de liquide saturé ( $X_5 = 0$ ) avec augmentation de la température suivit d'une deuxième Q5-1 pour

l'évaporer à température constante ( $T_5 = T_1$ ) jusqu'à l'état de saturation ( $X_1=1$ ).

Le rendement thermique du cycle de Rankine est :

$$W_{net} = W_T - W_P \quad (1)$$

$$\eta \text{ (eta)} = W_T - W_P / Q_{in} \quad (2)$$

N.B : On peut négliger le travail de compression alors 3 et 4 sont confondus et  $H_4 = H_3$ .

### III. Partie Pratique (simulation).

#### I- Les étapes :

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

Pression : *MPa*

Température : *Celsius*

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

Commençons par le point (3) :

2- sachant la pression en point 03, et ignorant les restes des paramètres, sauf en sachant que dans le point (03) le liquide est sous forme de liquide, et le titre de vapeur  $X=0$  (Voir Figure 1-diagramme TS). Calculons  $H_3$ .

3- Allons vers le point (4) :  $W_P = H_4 - H_3$ , alors, :  $H_4 = H_3 + W_P$

4-  $W_P = v_3 (P_{boiler} - P_{con})$  en *kJ/kg*, les pressions en *KPa*. Calculons  $H_4$ , alors.

5- Allons vers le point (1) : sachant la pression en point 03, et ignorant les restes des paramètres, sauf en sachant que dans le point (03) le liquide est sous forme de vapeur, et le titre de vapeur  $X=1$  (Voir Figure 1-diagramme TS). Calculons  $H_1$ .

6- Allons vers le point (2) : sachant la pression en point 02, et ignorant les restes des paramètres, sauf en sachant que l'entropie dans le point (02) est égale à l'entropie dans le point (01), (système irréversible et adiabatique), et le liquide est sous forme de vapeur-liquide mais la vapeur est majoritaire, et le titre de vapeur  $X=1$  (Voir Figure 1-diagramme TS). Calculons  $S_2$ , qui est la même  $S_1$ , Calculons  $H_2$ .

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

7- Calculons  $S_3$ ,

8- Calculons  $S_4$ ,

9- Allons vers le calcul des :

10-  $W_P = H_4 - H_3$  (déjà calculé)

11-  $W_T = H_1 - H_2$

12-  $W_{net}$ , voir équation (1)

13-  $\eta$  (eta), voir équation (2), où :  $Q_{in} = H_1 - H_4$

14- Reste à répondre au travail demandé.

#### *iv. Travail demandé.*

On demande le :

1. Calcul du travail de la pompe :
2. Calcul du travail de la turbine :
3. Calcul du travail net :
3. Calcul de la quantité de chaleur au niveau de la chaudière
4. Calculer la quantité de chaleur au niveau du condenseur :
5. Calcul du rendement thermique ou efficacité
6. étudier Influence de la pression  $P_{con}$  au condenseur, sur le rendement:
7. étudier Influence de la pression  $P_{boiler}$  a la chaudière, sur le rendement :
8. étudier Influence de la pression  $P_{boiler}$  a la chaudière, sur  $W_T$  :
- 9 .interpréter les résultats.
10. Conclusion :

**Bon courage**