

MEC1210 - THERMODYNAMIQUE

TRAVAIL À FAIRE SUITE À LA 4^e RENCONTRE DU PROJET

Liste des tâches devant être faites suite à la 4^e rencontre du projet.

- 1) Avancer votre connaissance du **logiciel EES** en l'explorant plus à fond, principalement le sujet portant sur les « Tableaux paramétriques » que vous devez utiliser.
- 2) Terminer le **programme EES de calcul** des paramètres thermodynamiques du cycle de Rankine complet. En page 3 vous trouverez la figure de ce cycle et la numérotation des points utilisée. Afin de simplifier ce travail, nous vous fournissons en pages 2 et 3 les données et les hypothèses que vous devez utiliser.
- 3) Construire le **diagramme (T – s)** (température - entropie) du cycle Rankine complet. Ne pas oublier que la construction de ce diagramme nécessite que les paramètres soient sous forme de vecteurs (ex : T[5]).
- 4) Construire le **Tableau Paramétrique** en faisant varier la température de la vapeur à l'entrée de la turbine Haute Pression (T[3]) et tracer un graphique de la puissance de la turbine Haute Pression et du rendement Rankine du cycle en fonction de ce paramètre.

Les 5 valeurs de température à utiliser sont les suivantes : 500 - 520 - 540 - 560 - 580 °C

Utiliser l'instruction suivante dans votre programme EES :

```
$IFNOT ParametricTable
    TC[3] = Lookup('Données', 3, 'T')
$ENDIF
```

- 5) À partir des paramètres thermodynamiques, principalement les températures (T) et les enthalpies (h), de chaque point **vous devez calculer** :
 - Les caractéristiques thermodynamiques en chaque point du cycle (T – P – h – s – x)
 - La puissance utilisée par les 2 pompes (HP et BP) : **W_dot_Pompe** (kW)
 - La puissance brute des 2 turbines (HP et BP) : **W_dot_Turbine** (kW)
 - La puissance nette du cycle Rankine (puissance arbre génératrice moins puissance Pompe BP) : **W_dot_Rankine** (kW)
 - La puissance électrique produite par l'alternateur (en utilisant W_dot_Rankine comme input mécanique à l'alternateur) : **W_dot_Électrique** (kW)
 - Le rapport de puissance utilisée par les 2 pompes (HP et BP)) sur la puissance produite par les 2 turbines (HP et BP) : **Rapport_Pompe_Turbine** (%)
 - Le bilan énergétique du condenseur : **BILAN_Condenseur** (% de l'énergie perdue par la vapeur dans le condenseur)
 - Le bilan énergétique de la Pompe HP Vs la turbine motrice : **BILAN_PompeHP** (puissance turbine motrice – puissance pompe HP, en % de la puissance turbine motrice)
 - La chaleur fournie à la vapeur par la chaudière : **Q_dot_Chaudière** (kW)
 - Le rendement du cycle Rankine avec irréversibilités : **eta_Rankine** (%)
 - Le rendement thermique du cycle de Carnot : **eta_Carnot** (%)
- 6) En préparation à la 5^e rencontre, les étudiants doivent lire les pages du livre de Thermodynamique portant sur le cycle Rankine avec Régénération.

NOTE : Voir site Moodle du cours pour la remise du travail # 3 !

Tableau des données :

Toutes les pressions sont en valeur **absolue**

Pertes de pression du liquide dans les Réchauffeurs = 75 kPa

Rendement de la pompe # 1 Basse Pression = 86 %

Rendement de la pompe # 2 Haute Pression = 88 %

Rendement de la turbine Haute Pression = 89 %

Rendement de la turbine Basse Pression – section-1 = 88 %

Rendement de la turbine Basse Pression – section-2 = 85 %

Rendement de la turbine motrice de la Pompe HP = 86 %

Rendement de l'alternateur = 97 %

Hauteur séparant le condenseur de la pompe BP : $Z_1 = 20$ m

Hauteur séparant le dégazeur de la pompe HP : $Z_2 = 25$ m

Tableau des données à utiliser pour le cycle Rankine avec Régénération :

| POINT | NOM | ÉTAT | DÉBIT | T | P* | TITRE |
|-------|----------------------------------|----------------------|----------|--------|---------|-------|
| | | | (kg / s) | (°C) | (kPa) | (-) |
| 1 | Sortie de la pompe HP | Liquide comprimé | 1234.0 | | | |
| 2 | Sortie du séparateur de vapeur | Fluide supercritique | | 374.1 | 27500 | |
| 3 | Sortie du surchauffeur | Vapeur surchauffée | | 543.1 | 26500 | |
| 4 | Sortie de la turbine HP | À déterminer | | | 5000 | |
| 5 | Entrée au resurchauffeur | À déterminer | | | | |
| 6 | Entrée turbine BP | Vapeur surchauffée | | 538.0 | 4500 | |
| 7 | Sortie de la turbine BP | Vapeur humide | | | 10 | |
| 8 | Sortie du condenseur | Liquide saturé | | | 10 | 0 |
| 9 | Entrée de la pompe BP | Liquide comprimé | | | | |
| 10 | Sortie de la pompe BP | Liquide comprimé | | | 800 | |
| 11 | Sortie du réchauffeur # 1 | Liquide | | | | |
| 12 | Vapeur alimentée au Dégazeur | Vapeur | 71.0 | | | |
| 13 | Sortie du dégazeur | À déterminer | | | | |
| 14 | Entrée de la pompe HP | Liquide | | | | |
| 15 | Sortie de la pompe HP | Liquide comprimé | | | 30000 | |
| 16 | Entrée turbine motrice pompe HP | Vapeur | 54.0 | | | |
| 17 | Sortie turbine motrice pompe HP | Vapeur humide | | | 10 | |
| 18 | Entrée vapeur réchauffeur # 1 | À déterminer | 108.0 | | 250 | |
| 19 | Sortie condensat réchauffeur # 1 | Liquide saturé | | | | 0 |
| 20 | Entrée vapeur réchauffeur # 2 | Vapeur | 106.0 | | | |
| 21 | Sortie condensat réchauffeur # 2 | Liquide saturé | | | | 0 |
| 22 | Entrée eau de refroidissement | Liquide comprimé | 45500.0 | 15.0 | 200 | |
| 23 | Sortie eau de refroidissement | Liquide comprimé | | 26.0 | 110 | |

* Pressions absolues

Particularités du cycle Rankine avec Régénération et irréversibilités :

- 1) Les deux pompes et les trois turbines sont des appareils (quasi-adiabatiques) réels dont le rendement isentropique est < 100 %
- 2) La perte de chaleur du dégazeur et des réchauffeurs vers l'extérieur est négligeable
- 3) Du fait de l'extraction de la vapeur avant la fin de l'expansion dans la turbine BP, celle-ci doit être traitée en deux parties distinctes

- 4) Il est nécessaire de faire un bilan d'énergie sur le **Dégazeur** pour pouvoir déterminer les conditions au point [13]
- 5) Il est nécessaire de faire un bilan d'énergie sur les deux **Réchauffeurs** pour déterminer les conditions au point [1] et au point [11]
- 6) Les conditions aux points [19] et [21] à la sortie des trappes à vapeur correspondent à celles de liquide saturé aux pressions aux points [7] et [11], respectivement.
- 7) La pression à la sortie du Dégazeur (point [13]) est égale à celle du point [11]
- 8) Une perte de pression de 75 kPa est imposée au liquide qui passe dans les Réchauffeurs (par exemple, entre les points [10] et [11]) dont les pertes de chaleur à l'environnement sont négligeables.
- 9) La pression en amont des pompes est créée par une colonne d'eau (Z_1 et Z_2)

Figure : Cycle Rankine avec régénération :

