

MEC1210 - THERMODYNAMIQUE

TRAVAIL À FAIRE SUITE À LA 5^e RENCONTRE DU PROJET

- 1) Avancer votre connaissance du **logiciel EES** en l'explorant plus à fond, principalement les sujets des fonctions « Min-Max » et « Duplicate ».
- 2) Avancer le **programme EES de calcul** des paramètres thermodynamiques du cycle de Rankine complet. Pour ce travail vous devez utiliser le tableau des données ainsi que le schéma du cycle présentant la numérotation des points, voir pages suivantes.
- 3) Construire le **diagramme (T – S)** (température - entropie) du cycle Rankine. Ne pas oublier que la construction de ce diagramme nécessite que les paramètres soient sous forme de vecteurs (ex : T[5]).
- 4) On vous demande d'utiliser un tableau « **Lookup** » pour entrer les données utiles aux calculs.
- 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 : au total 31 points
 - La puissance thermique fournie individuellement et totale par les 4 composantes suivantes :
 - Préchauffeur
 - Générateur de vapeur
 - Surchauffeur
 - Resurchauffeur
 - La puissance mécanique :
 - Isentropique de chaque turbine et totale
 - Réelle de chaque turbine (avec irréversibilités) et totale
 - Réelle utilisée par les deux pompes
 - La puissance nette du cycle Rankine
 - La puissance électrique produite par l'alternateur
 - Le rapport de puissance utilisée par les 2 pompes sur la puissance produite par les turbines
 - Le bilan énergétique appliqué au condenseur
 - Le taux de chaleur (en kW) récupéré *par chacun et le total* des cinq Réchauffeurs
 - Le bilan énergétique du cycle Rankine complet :
 - Bilan Cycle = Chaleur fournie totale - Puissance nette du cycle - Chaleur rejetée au Condenseur
 - Le rendement du cycle Rankine avec irréversibilité (excluant l'alternateur)
 - Le rendement du cycle de Carnot équivalent
 - Pertes énergétiques par les composantes suivantes (en kW) :
 - Condenseur
 - Irréversibilités dans les turbines
 - Alternateur
- 6) En préparation à la 6^e rencontre, les étudiants doivent lire les pages du livre de Thermodynamique de Çengel, Boles & Lacroix portant sur le cycle Rankine complet

Particularités du cycle Rankine complet :

- 1) Les conditions de sortie de la vapeur au point [26] de la turbine Haute Pression, sont les mêmes qu'au point [15], sauf pour le débit.
- 2) Les 2 soutirages de la turbine Haute Pression alimentent les **Réchauffeurs** # 4 et 5.
- 3) Il y a **4 soutirages** de la turbine Basse Pression en plus de la sortie finale, cette turbine doit être traitée en 5 zones différentes.
- 4) Le 1^e soutirage de la turbine Basse Pression alimente le **Dégazeur**.
- 5) Les 3 autres soutirages alimentent les **Réchauffeurs** # 1, 2, 3.
- 6) Il faut faire un bilan d'énergie sur le **Dégazeur** pour pouvoir déterminer les conditions au point [7].
- 7) Il faut faire un bilan d'énergie sur les **Réchauffeurs** pour pouvoir déterminer les conditions aux points de sortie.
- 8) Il faut tenir compte de la montée en pression due aux **colonnes d'eau** entre les points [1] et [2], ainsi qu'entre les points [7] et [8].
- 9) Tenir compte des **pertes de pression** dans tous les échangeurs.
- 10) La température point [29] n'est pas connue, pour la déterminer il faut faire un bilan d'énergie en ce point.
- 11) À la sortie de chaque Réchauffeur est placée une **trappe à vapeur** ayant pour rôle d'empêcher les pertes de vapeur. À la sortie des trappes, le fluide est un **liquide saturé**.
- 12) La pression à la sortie d'une trappe à vapeur est égale à la **pression de ligne en aval** de la trappe à vapeur (ex.: $P[22]=P[19]$).
- 13) La pression au point [24] à la sortie de **Réchauffeur # 1** et celle au point [21] sont égales à la pression d'entrée au **Condenseur** [29].
- 14) La pression au point [28] à la sortie de **Réchauffeur # 4** est égale à la pression à la sortie du **Dégazeur** [7].
- 15) La condensation de la vapeur dans le condenseur se fait à pression constante.
- 16) La **puissance isentropique** de chaque zone de turbine est calculée en utilisant l'enthalpie pour une détente isentropique.
- 17) La **puissance réelle** de chaque zone de turbine utilise l'enthalpie réelle.

Tableau des données :

Toutes les pressions sont en valeur **absolue**

Rendement isentropique de la Pompe # 1 Basse Pression = 88 %

Rendement isentropique de la Pompe # 2 Haute Pression = 85 %

Rendement isentropique de la turbine Haute Pression - Section # 1 = 88 %

Rendement isentropique de la turbine Haute Pression - Section # 2 = 85 %

Rendement isentropique de la turbine Basse Pression - Section # 1 = 86 %

Rendement isentropique de la turbine Basse Pression - Section # 2 = 87 %

Rendement isentropique de la turbine Basse Pression - Section # 3 = 84 %

Rendement isentropique de la turbine Basse Pression - Section # 4 = 83 %

Rendement isentropique de la turbine Basse Pression - Section # 5 = 82 %

Rendement de l'alternateur = 96 %

Différence de hauteur entre les points 1 et 2 = 10 m

Différence de hauteur entre les points 7 et 8 = 15 m

Pertes de pression dans chaque échangeur = 75 kPa

(évolutions 3-4, 4-5, 5-6, 9-10, 10-11, 11-12, 12-13, 13-14 et 15-16)

Tableau des données à utiliser pour le cycle Rankine complet :

POINT	NOM	ÉTAT	DÉBIT	T	P	TITRE
			(kg / s)	(°C)	(kPa)	(-)
1	Sortie du condenseur	Liquide	60.0	30.0	10.0	
2	Entrée Pompe # 1 Basse Pression	Liquide				
3	Sortie Pompe # 2 Basse Pression	Liquide comprimé			2000.0	
4	Sortie Réchauffeur # 1	Liquide				
5	Sortie Réchauffeur # 2	Liquide				
6	Sortie Réchauffeur # 3	Liquide				
7	Sortie du Dégazeur	Liquide			1300.0	
8	Entrée Pompe # 2 Haute Pression	Liquide				
9	Sortie Pompe # 2 Haute Pression	Liquide comprimé			10500.0	
10	Sortie Réchauffeur # 4	Liquide				
11	Sortie Réchauffeur # 5	Liquide				
12	Sortie Préchauffeur	Liquide				0.0
13	Sortie Générateur de vapeur	Vapeur saturée				1.0
14	Entrée Turbine Haute Pression	Vapeur surchauffée		371.0		
15	Sortie Turbine Haute Pression				1700.0	
16	Entrée Turbine Basse Pression	Vapeur surchauffée		371.0		
17	Extraction # 1 Turbine BP		2.0		1300.0	
18	Extraction # 2 Turbine BP		2.0		800.0	
19	Extraction # 3 Turbine BP		2.0		250.0	
20	Extraction # 4 Turbine BP		2.0		80.0	
21	Sortie Turbine Basse Pression	Vapeur humide				
22	Sortie condensat Réchauffeur # 3	Liquide saturé				0.0
23	Sortie condensat Réchauffeur # 2	Liquide saturé				0.0
24	Sortie condensat Réchauffeur # 1	Liquide saturé				0.0
25	Extraction # 1 Turbine HP		1.5		3360.0	
26	Extraction # 2 Turbine HP		1.5			
27	Sortie condensat Réchauffeur # 5	Liquide saturé				0.0
28	Sortie condensat Réchauffeur # 4	Liquide saturé				0.0
29	Point mélange avant Condenseur					
30	Entrée eau de refroidissement	Liquide	1095.0	17.3	120.0	
31	Sortie eau de refroidissement	Liquide		44.0	110.0	

Figure : Cycle Rankine complet

