

MEC1210 - THERMODYNAMIQUE

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

Période de projet du 18 mars 2024

- 1) Avancer votre connaissance du **logiciel EES** en l'explorant plus à fond, principalement le sujet des « Diagram Windows ».
- 2) Terminer le **programme EES de calcul** des paramètres thermodynamiques du cycle Rankine avec bilan thermique de l'Économiseur et du Réchauffeur d'air. Les données à utiliser (données mesurées à la centrale) se trouvent sur la page 2.
- 3) Construire le **diagramme (T – s)** (température - entropie) du cycle Rankine avec irréversibilités. Ne pas oublier que la construction de ce diagramme nécessite que les paramètres soient sous forme de vecteurs (ex : T[5]).
- 4) Conserver le **Tableau Paramétrique** et le **Graphique** de la variation de la puissance de la turbine et du rendement du cycle Rankine en fonction de la température T[13] mis-à-jour lors du travail #3.
- 5) Les **hypothèses additionnelles** (au-delà de celles du travail # 3) que vous devez utiliser pour calculer les propriétés thermodynamiques aux différents points du cycle sont les suivantes :
 - L'air de combustion est considéré comme sec et comme un gaz parfait
 - Toutes les espèces des Gaz Brûlés sont considérées comme des gaz parfaits, sauf la vapeur d'eau contenue dans les produits de combustion.
 - La composition des Gaz Brûlés demeure la même aux points : 22 - 23 - 24 - 25
 - Le calcul de l'enthalpie de l'eau aux Points 22 – 23 – 24 – 25 doit utiliser la pression partielle de l'eau.
 - Pour la vapeur d'eau contenue dans les Gaz Brûlés, il faut utiliser l'espèce « Water » (gaz réel).
 - Cela permet de prendre en compte la condensation de l'eau dans l'atmosphère, ce qui justifie le fait d'utiliser le PCS comme base de comparaison pour évaluer le rendement.
 - La masse des rebuts solides (cendres) issus de la combustion est négligeable (ce qui implique que le débit massique des Gaz Brûlés est égale à celui de l'air plus celui du Combustible)
- 6) À partir des paramètres thermodynamiques, principalement la température, l'enthalpie et l'entropie pour chaque point, **vous devez calculer** :
 - Les caractéristiques thermodynamiques en chaque point du cycle
 - La chaleur fournie à la vapeur par la Chaudière et par l'Économiseur : **Q_dot_Vapeur** (kW)
 - La chaleur fournie à l'air par le Réchauffeur : **Q_dot_Réchauffeur** (kW)
 - La chaleur récupérée au rebouilleur PTM : **Q_dot_PTM** (kW)
 - L'énergie thermique fournie aux utilisateurs (machines à papier) : **Q_dot_Utilisateur** (kW)
 - L'énergie fournie par l'eau d'appoint : **Q_dot_Appoint** (kW)
 - La puissance utilisée par les 3 Pompes : **W_dot_Pompe** (kW)
 - La puissance brute de la Turbine avec irréversibilité : **W_dot_Turbine** (kW)
 - Le rapport de puissance utilisée par les Pompes sur la puissance produite par la Turbine **Rapport_Pompe_Turbine** (%)
 - La puissance nette du cycle Rankine (puissance mécanique de la Turbine moins puissance des Pompes) : **W_dot_Rankine** (kW)
 - Le rendement du cycle Rankine avec irréversibilités : **eta_Rankine** (%)
 - Le rendement du cycle de Carnot correspondant : **eta_Carnot** (%)
 - Le débit massique total des Gaz Brûlés : **m_dot[22]** (kg/s)
 - L'enthalpie moyenne des Gaz Brûlés aux points 22 - 23 - 24 - 25 : **h_GB[xx]**
 - L'enthalpie de l'air aux points 27 et 28

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

Tableau des propriétés des fluides (air–combustible–vapeur – eau) de la centrale Bowater :

POINT	NOM	CARACTÉRISTIQUES	DÉBIT	P*	T	TITRE
			(kg / s)	(kPa)	(°C)	(-)
1	Entrée de l'eau d'appoint	Liquide	25.37	200	15	
2	Retour condensat des Utilisateurs	Liquide	23.62	200	100	
3	Entrée de condensat à la Pompe # 1	Liquide				
4	Sortie de la Pompe # 1	Liquide		240		
5	Entrée vapeur au Dégazeur	Vapeur	7.86			
6	Sortie du Dégazeur	Liquide		238		
7	Entrée de la Pompe # 2	Liquide				
8	Sortie de la Pompe # 2	Liquide		9650		
9	Entrée eau à l'Économiseur	Liquide				
10	Sortie eau de l'Économiseur	Liquide		9600	256	
11	Eau de Chaudière	Liquide saturé		8620		0
12	Vapeur sortant du ballon supérieur	Vapeur saturée		8620		1
13	Entrée de la vapeur à la Turbine	Vapeur surchauffée		8600	460	
14	Extraction de vapeur	Vers utilisation HP	18.06	1415		
15	Sortie Basse Pression de la Turbine	Vers utilisation BP & Dégazeur		274		
16	Entrée utilisation Haute Pression (HP)			1415		
17	Entrée utilisation Basse Pression (BP)			240		
18	Entrée Pompe # 3 vers utilisation HP		0.97			
19	Sortie Pompe # 3 vers utilisation HP			1415		
20	Entrée du Rebouilleur PTM	Liquide	15.27			
21	Sortie du Rebouilleur PTM	Vapeur saturée		240		1
22	Gaz Brûlés après le Surchauffeur	Gaz Brûlés		10	597	
23	Gaz Brûlés après le Réchauffeur d'air	Gaz Brûlés		8	453	
24	Gaz Brûlés après l'Économiseur	Gaz Brûlés vers la cheminée		5	172	
25	Atmosphère	Gaz Brûlés aux conditions atm.		0	5	
26	Entrée d'air au Ventilateur	Air froid		0	5	
27	Sortie d'air du Ventilateur	Air froid d'alimentation		15	6	
28	Sortie de l'air du Réchauffeur d'air	Air chaud		10	196	
29	Entrée de la Biomasse (Fuel)	Matière sèche combustible	7.917			

DONNÉES IMPORTANTES :

*Toutes les pressions sont en valeur **manométrique**

Pression barométrique de référence = 101.3 kPa

Hauteur séparant le Dégazeur de la Pompe # 2 (point [6] à [7]) ... Z = 35 m

Rendement de la première section de la turbine (point [13] à [14]) = 79 %

Rendement de la deuxième section de la turbine (point [14] à [15]) = 83 %

Rendement de la pompe # 1 = 88 %

Rendement de la pompe # 2 = 85 %

Rendement de la pompe # 3 = 85 %

Rapport massique «Air/Combustible» : AF = 7.5913 (kg Air/kg Combustible)

Composition des Gaz Brûlés : (%Volumétrique = %Molaire)

ESPÈCE GAZ BRÛLÉS	CONCENTRATION (%)
CO ₂	13.9
H ₂ O	9.64
N ₂	72.0
O ₂	4.47

Note : Utiliser la fonction **MolarMass(fluide)** dans EES pour obtenir la masse molaire

Figure : Cycle Rankine complet

