

MEC1210 - THERMODYNAMIQUE

TRAVAIL À FAIRE SUITE À LA 6^E RENCONTRE DU PROJET

- 1) Avancer votre connaissance du **logiciel EES** en l'explorant plus à fond, principalement le sujet des sous-programmes « Fonction » - « Procédure » et de la fonction « Integral ».
- 2) Terminer le **programme EES de calcul** des paramètres thermodynamiques du cycle complet de l'usine Bowater. 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) Dans la fenêtre « **Variable Info** » de EES, vous devez marquer chaque paramètre suivant avec un **X** dans la colonne « **key** » pour permettre de présenter ces résultats globaux dans une fenêtre séparée et faciliter la correction.
- 6) Les **hypothèses additionnelles** (au-delà de celles des travaux #3 et #4) à utiliser sont:
 - Les pertes dans les moteurs électriques des pompes sont négligeables
 - Le réservoir thermique chaud (T_H du cycle Carnot) est à la plus haute température connue (donnée) des gaz brûlés
- 7) À partir des paramètres thermodynamiques, principalement la température, l'enthalpie et l'entropie pour chaque point, **vous devez calculer** :
 - La puissance électrique utilisée par les trois Pompes : **W_dot_Pompe** (kW)
 - La puissance mécanique brute de la Turbine avec les irréversibilités : **W_dot_Turbine** (kW)
 - La puissance nette du cycle Rankine : **W_dot_Rankine** (kW)
 - Le rapport de puissance des Pompes sur la puissance de la Turbine : **Rapport_Pompe_Turbine** (%)
 - La puissance électrique utilisée par les deux Ventilateurs : **W_dot_Ventilateur** (kW)
 - La puissance électrique brute produite par l'Alternateur : **W_dot_Alternateur** (kW)
 - La puissance électrique nette vendue à Hydro-Québec : **W_dot_Réseau** (kW)
 - La chaleur fournie à l'eau par la Chaudière : **Q_dot_Chaudière** (kW)
 - La chaleur fournie à l'eau par l'Économiseur : **Q_dot_Économiseur** (kW)
 - La chaleur récupérée par le Rebouilleur PTM : **Q_dot_PTM** (kW)
 - L'énergie thermique fournie par l'eau d'Appoint : **Q_dot_Appoint** (kW)
 - L'énergie thermique fournie aux Utilisateurs (machines à papier) : **Q_dot_Utilisateur** (kW)
 - La chaleur fournie à l'air par le Réchauffeur : **Q_dot_Réchauffeur** (kW)
 - L'énergie utile totale de la Centrale : **E_dot_Utile** (kW)
 - La masse moléculaire moyenne des Gaz Brûlés (kg/kmol)
 - Le débit massique total des Gaz Brûlés : **m_dot_GB** (kg/s)
 - Le débit massique de CO2 produit par la centrale par année : **m_dot_CO2** (kg/year)
 - L'enthalpie pondérée des Gaz Brûlés aux points 22 - 23 - 24 - 25 : **h_GB[xx]** (kJ/kg)
 - Le bilan énergétique appliqué à l'Économiseur : **Bilan_Économiseur** (kW)
 - Le bilan énergétique appliqué au Réchauffeur d'air : **Bilan_Réchauffeur** (kW)
 - L'énergie fournie par le combustible (Biomasse) : **Q_dot_Fuel** (kW)
 - L'énergie perdue par les Gaz brûlés : **Q_dot_Pertes_GB** (kW) et **Pertes_GB** (% de l'énergie fournie par le combustible)
 - Le rendement thermique de la Chaudière : **eta_Chaudière** (%)
 - Le rendement du cycle de Carnot : **eta_Carnot** (%) (à réviser avec nouvelle valeur de T_H)
 - Le rendement du cycle Rankine avec irréversibilités : **eta_Rankine** (%)
 - Le rendement électrique global de la centrale : **eta_Centrale** (%)

Marquer les **variables globales en gras** comme *key variables* dans EES

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

POINT	NOM	CARACTÉRISTIQUES	DÉBIT (kg / s)	P* (kPa)	T (°C)	TITRE (-)
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)

Rendement de l'Alternateur = 96 %

Pouvoir calorifique supérieur de la biomasse (PCS) = 19 035 kJ/kg

Besoin énergétique pour les ventilateurs : Ventilateur # 1 = 252 kW Ventilateur # 2 = 271 kW

Besoins énergétiques pour les autres services de la centrale : 500 kW

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

Figure : Cycle Rankine complet

