

# MEC1210 - THERMODYNAMIQUE

## TRAVAIL À FAIRE SUITE À LA 5<sup>e</sup> RENCONTRE DU PROJET

Liste des tâches devant être faites suite à la 5<sup>e</sup> rencontre du projet.

- 1) Avancer votre connaissance du **logiciel EES** en l'explorant plus à fond.
- 2) Terminer le **programme EES de calcul** des paramètres thermodynamiques du cycle de Rankine complet. En page 4 vous trouverez la figure de ce cycle et la numérotation des points utilisée. Afin de simplifier ce travail, nous vous fournissons en page 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) Faire varier la température de la vapeur à l'entrée de la Turbine Haute Pression :  
 $T[3] = 500 - 520 - 540 - 560 - 580 \text{ } ^\circ\text{C}$   
Tracer un graphique de ce paramètre en fonction de deux autres variables :  
La puissance totale des Turbines et le rendement Rankine du cycle
- 5) À partir des paramètres thermodynamiques de chaque point **vous devez calculer** :
  - Les caractéristiques thermodynamiques ( T – P – h – s – x ) en chaque point du cycle (55 points)
  - La puissance de chaque Pompe (**W\_dot\_PBP** et **W\_dot\_PHP**) et la puissance totale des 2 Pompes (**W\_dot\_Pompes**) en kW
  - La puissance de chaque Turbine (**W\_dot\_THPA**, **W\_dot\_THPB**, **W\_dot\_TBPA**, **W\_dot\_TBPB**, **W\_dot\_TBPC**, **W\_dot\_TBPD**) et la puissance totale de toutes les Turbines (**W\_dot\_Turbines**) en kW
  - La puissance Rankine du cycle (**W\_dot\_Rankine**) en kW
  - La puissance produite par la Turbine motrice de la pompe HP (**W\_dot\_TPHP**) en kW
  - La puissance électrique produite par les 2 Alternateurs (**W\_dot\_Alternateur**) en kW
  - La puissance électrique disponible pour livraison sur le réseau externe (**W\_dot\_Électrique**) en kW
  - Le rapport de puissance utilisée par les Pompes sur la puissance produite par les Turbines (**Rapport\_Pompe\_Turbine**) en %
  - Le bilan énergétique du Condenseur (**BILAN\_Condenseur**) en % de l'énergie perdue par la vapeur dans le condenseur
  - Le bilan énergétique de la Pompe HP Vs la Turbine motrice (**BILAN\_PompeHP**) en % de  $W\_dot\_TPHP$
  - La chaleur fournie à l'eau et à la vapeur par la Chaudière (**Q\_dot\_Vapeur**) en kW
  - Le rendement du cycle Rankine avec irréversibilités (**eta\_Rankine**) en %
  - Le rendement thermique du cycle de Carnot (**eta\_Carnot**) en %

**Tableau des rendements pour les différents équipements :**

ÉQUIPEMENT	RENDEMENT
Pompe Haute Pression	0.89
Pompe Basse Pression	0.87
Turbine Haute Pression (A) section-1	0.90
Turbine Haute Pression (A) section-2	0.89
Turbine Haute Pression (B) section-1	0.89
Turbine Haute Pression (B) section-2	0.88
Turbine Basse Pression (A) section-1	0.88
Turbine Basse Pression (B) section-1	0.88
Turbine Basse Pression (C) section-1	0.88
Turbine Basse Pression (D) section-1	0.88
Turbine Basse Pression (A) section-2	0.87
Turbine Basse Pression (B) section-2	0.87
Turbine Basse Pression (C) section-2	0.87
Turbine Basse Pression (D) section-2	0.87
Turbine Basse Pression (A) section-3	0.87
Turbine Basse Pression (B) section-3	0.87
Turbine Basse Pression (C) section-3	0.87
Turbine Basse Pression (D) section-3	0.87
Turbine motrice de la pompe Haute Pression	0.86
Alternateurs	0.96

**Tableau des données à utiliser pour le cycle Rankine complet :**

POINT	NOM	ÉTAT	DÉBIT (kg / s)	T (°C)	P (kPa)	TITRE (-)
1	Sortie du réchauffeur # 7	Liquide				
2	Sortie du séparateur de vapeur	Fluide supercritique		374.0	27500	
3	Sortie du surchauffeur	Vapeur surchauffée		543.0	26500	
4	Sortie de la turbine HP (A)	À déterminer			5000	
5	Entrée au resurchauffeur	À déterminer				
6	Entrée turbine HP (B)	Vapeur surchauffée		538.0	4500	
7	Sortie de la turbine HP (B)	Vapeur humide			800	
8	Entrée turbine BP (A)	Vapeur surchauffée				
9	Entrée turbine BP (B)	Vapeur surchauffée				
10	Entrée turbine BP (C)	Vapeur surchauffée				
11	Entrée turbine BP (D)	Vapeur surchauffée				
12	Sortie turbine BP (A)	À déterminer				
13	Sortie turbine BP (B)	À déterminer				
14	Sortie turbine BP (C)	À déterminer				
15	Sortie turbine BP (D)	À déterminer				
16	Entrée condenseur	À déterminer			10	
17	Sortie du condenseur	Liquide saturé			10	0
18	Entrée de la pompe BP	Liquide comprimé				
19	Sortie de la pompe BP	Liquide comprimé			800	
20	Sortie du réchauffeur # 1	Liquide				
21	Sortie du réchauffeur # 2	Liquide				
22	Sortie du réchauffeur # 3	Liquide				
23	Sortie du réchauffeur # 4	Liquide				
24	Sortie du dégazeur	À déterminer				

25	Entrée de la pompe HP	Liquide				
26	Sortie de la pompe HP	Liquide comprimé	1234.0		30000	
27	Sortie du réchauffeur # 5	Liquide				
28	Sortie du réchauffeur # 6	Liquide				
29	Entrée turbine motrice pompe HP	Vapeur	61.0			
30	Sortie turbine motrice pompe HP	Vapeur humide			10	
31	Extraction vapeur #1 turbine HP(A)	Vapeur	102.4		8000	
32	Sortie condensat réchauffeur # 7	Liquide saturé				0
33	Extraction vapeur #2 turbine HP(A)		122.2			
34	Sortie condensat réchauffeur # 6	Liquide saturé				0
35	Extraction vapeur #1 turbine HP(B)	Vapeur	50.5		2000	
36	Sortie condensat réchauffeur # 5	Liquide saturé				0
37	Vapeur alimentée au Dégazeur	Vapeur	24.0			
38	Extraction vapeur #1 turbine BP(A)	Vapeur	2.9		450	
39	Extraction vapeur #1 turbine BP(B)	Vapeur	2.9		450	
40	Extraction vapeur #1 turbine BP(C)	Vapeur	3.6		250	
41	Extraction vapeur #1 turbine BP(D)	Vapeur	3.6		250	
42	Extraction vapeur #2 turbine BP(A)	Vapeur	3.1		100	
43	Extraction vapeur #2 turbine BP(B)	Vapeur	3.1		100	
44	Extraction vapeur #2 turbine BP(C)	Vapeur	4.4		40	
45	Extraction vapeur #2 turbine BP(D)	Vapeur	4.4		40	
46	Entrée vapeur réchauffeur # 4	Vapeur			450	
47	Sortie condensat réchauffeur # 4	Liquide saturé				0
48	Entrée vapeur réchauffeur # 3	Vapeur			250	
49	Sortie condensat réchauffeur # 3	Liquide saturé				0
50	Entrée vapeur réchauffeur # 2	Vapeur			100	
51	Sortie condensat réchauffeur # 2	Liquide saturé				0
52	Entrée vapeur réchauffeur # 1	À déterminer			40	
53	Sortie condensat réchauffeur # 1	Liquide saturé				0
54	Entrée eau de refroidissement	Liquide comprimé	45500.0	15.0	200	
55	Sortie eau de refroidissement	Liquide comprimé		25.6	110	

**NOTE : Voir site Moodle du cours pour la remise du travail # 4 !**

#### Particularités du cycle Rankine complet :

- 1) Toutes les pressions du tableau des données sont en valeur **absolue**
- 2) Les deux Pompes, les cinq Turbines et les deux Alternateurs sont des appareils réels dont le rendement isentropique est  $< 100\%$
- 3) Du fait de l'extraction de la vapeur avant la fin de l'expansion dans les Turbines, ces Turbines doivent être traitées en plusieurs parties distinctes
- 4) La pression dans et à la sortie du **Dégazeur** (point [24]) est égale à celle du point [23]
- 5) Il est nécessaire de faire un bilan d'énergie sur le **Dégazeur** pour pouvoir déterminer les conditions au point [24]
- 6) Il est nécessaire de faire un bilan d'énergie sur tous les **Réchauffeurs** pour déterminer les conditions au point de sortie de l'eau chauffée
- 7) Le **débit** des points [8] – [9] – [10] – [11] sont **égaux**
- 8) Les **pressions** des points [12] – [13] – [14] – [15] sont égales à la pression du point [16]

- 9) Les conditions à la sortie des **trappes à vapeur** correspondent à celles de **liquide saturé**
- 10) La pression à la sortie des **trappes à vapeur** est égale à la pression interne de l'équipement dans lequel le condensat se déverse (ex:  $P[47] = P[48]$ , ... et  $P[36] = P[23]$ ,  $P[53] = P[16]$ )
- 11) Une perte de pression de 75 kPa est imposée au liquide qui passe dans chaque **Réchauffeur**
- 12) Les pertes de chaleur à l'environnement sont négligeables
- 13) Puissance électrique nécessaire pour les **besoins internes** de la centrale = 78 000 kW
- 14) La pression à l'entrée des **Pompes** est créée par une **colonne d'eau** ( $Z_1$  et  $Z_2$ )

Hauteur de charge en amont des pompes :  $Z_1 = 20$  m       $Z_2 = 25$  m

Figure : Cycle Rankine complet

