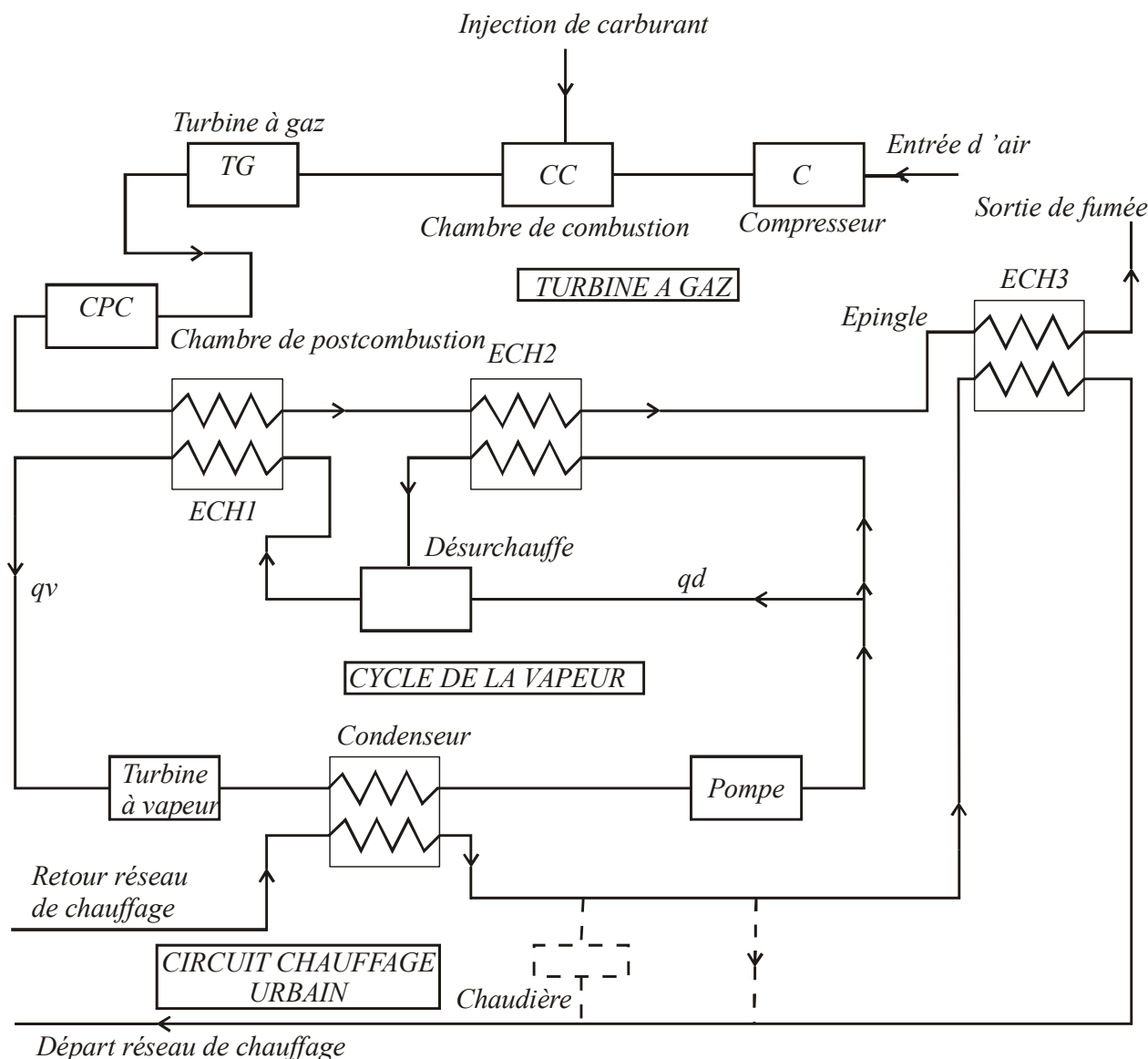


COGÉNÉRATION



On appelle cogénération la production combinée d'énergie thermique et d'énergie mécanique ou électrique. D'une manière générale la cogénération conduit à une meilleure utilisation de l'énergie primaire par rapport à une production séparée travail et chaleur. Le type d'installation choisie est toujours fonction du contexte microéconomique.

L'installation étudiée est destinée à fournir la chaleur au réseau urbain d'une ville de 30 000 habitants ; l'électricité produite au niveau de l'arbre compresseur turbine à gaz et de la turbine à vapeur, étant un sous produit revendu à l'EDF ; (les alternateurs ne sont pas représentés).

Elle est constituée de trois réseaux indépendants n'échangent entre eux que de la chaleur.

En fonction de la température extérieure la centrale peut fournir la chaleur de trois façons différentes :

- via le condenseur du circuit vapeur,
- via l'épingle (échangeur thermique avant la sortie des fumées) via les chaudières en dérivation.

Le débit dans la turbine à gaz n'étant pas modulable la modulation de la température des fumées est ajustée par le débit carburant dans la post combustion. Un autre élément modulable est le débit vapeur.

Le réseau de chauffage est un circuit d'eau sous pression, il part de la centrale à sa température maximale parcourt la ville, alimente les sous stations, les échangeurs... et revient à la centrale à sa température minimale.

1. TURBINE A GAZ

Le compresseur fonctionne de façon adiabatique, la chambre de combustion fonctionne de façon isobare, la turbine à gaz est adiabatique, **aucun débit n'est négligé**. On donne :

Entrée du compresseur : $P = 1,0 \text{ bar}$; $T = 272 \text{ K}$; $h = -25,9 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$; $q_{air} = 127,5 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$

Sortie du compresseur : $P = 29,6 \text{ bar}$; $T = 811,6 \text{ K}$; $h = 537,6 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$,

Sortie chambre de combustion : $T = 1473 \text{ K}$; $h = 1360,1 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$; $q = 129,7 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$

Sortie de turbine à gaz : $P = 1,0 \text{ bar}$; $T = 719,4 \text{ K}$; $h = 452,35 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$; air : $\gamma = 1,4$

- 1.a. Le fonctionnement du compresseur est-il réversible ?
- 1.b. Quel est la puissance indiquée du compresseur ?
2. Quel est le pouvoir calorifique du carburant (enthalpie massique carburant), la chambre de combustion étant adiabatique ? En déduire la puissance payante.
3. Quelle est la puissance indiquée de la turbine ?
4. La turbine et le compresseur sont sur le même arbre ; quels sont la puissance utile et le rendement mécanique groupe turbine à gaz seul ?

2. CIRCUIT DE CHAUFFAGE URBAIN

La température extérieure est de $-1 \text{ }^\circ\text{C}$ ce qui conduit à n'utiliser que la chaleur au niveau du **condenseur et de l'épingle**.

Pour le circuit urbain de chauffage on donne :

Début du circuit de chauffage : $T = 400,8 \text{ K}$; $h = 538,2 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$; $P = 20 \text{ bar}$,

Retour du circuit de chauffage : $T = 363 \text{ K}$; $h = 378,5 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$; $P = 20 \text{ bar}$,

à $P = 20 \text{ bar}$; $T_{\text{ébullition}} = 485,33 \text{ K}$.

Puissance thermique totale nécessaire au circuit urbain : $P = 51,3 \text{ MW}$, Puissance thermique prélevée à l'épingle : $P = 7,4 \text{ MW}$,
 $c_{\text{eau liquide}} = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$, $h_{\text{eau liquide}}(T_o = 273 \text{ K}) = 0$

1. Vérifier par le calcul la cohérence des valeurs de l'enthalpie massique au départ et au retour du circuit de chauffage.
2. Quel est le débit de l'eau dans le circuit de chauffage ?

3. CYCLE DE LA VAPEUR

Débit vapeur dans la turbine : $q_V = 19,4 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$,

Entrée de la turbine à vapeur : $P = 57 \text{ bar}$; $h = 3390,5 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$; $T = 758 \text{ K}$

Sortie de la turbine à vapeur : $P = 2,5 \text{ bar}$; $h = 2785,5 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$; $T = 398 \text{ K}$

Sortie de la pompe : $P = 62,5 \text{ bar}$

A la sortie de la pompe : $q = 1,18 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$ envoyé dans le désurchauffeur (calorifugé et sans partie mobile).

$v_{\text{eau liquide}} = 1,0 \times 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{kg}^{-1}$.

1. Ecrire le premier principe relatif à l'échangeur thermique qui modélise le condenseur ; en déduire l'enthalpie massique à la sortie du condenseur dans le circuit vapeur.
2. La pompe fonctionne de façon isentropique ; quel est le travail à la pompe et l'enthalpie massique à la sortie de la pompe avec cette hypothèse ?
3. Pour le circuit de la turbine à gaz : à la sortie de la chambre de postcombustion le débit massique est : $q = 130,2 \text{ kg} \cdot \text{s}^{-1}$; l'enthalpie massique $h = 621,9 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. A la sortie de l'échangeur ECH1 (circuit gaz) l'enthalpie massique est $h = 598,8 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. En écrivant l'équation de échangeur ECH1, calculer l'enthalpie massique à la sortie du désurchauffeur h_d . Calculer enfin les enthalpies massiques relatives aux entrées et sorties de ECH2.
4. Quelles sont la puissance thermique reçue par le cycle de la vapeur et la puissance indiquée de la turbine à vapeur ? Définir et calculer le rendement mécanique du cycle de la vapeur.
5. Définir et calculer le rendement global de cette installation.
6. Utiliser le logiciel Thermoptim pour calculer le rendement global de l'installation.

BILAN ENERGETIQUE DE L'INSTALLATION

Compléter le tableau suivant établissant le bilan énergétique de l'installation.

	Puissance en MW
Combustion TAG	
Postcombustion TAG	24,5
Chaudières	0
Total payant	
Turbine TAG	
Compresseur TAG	
Puissance utile TAG	
Puissance mécanique TAV	
Total puissance mécanique de l'installation (utile)	
Condenseur	
Épingle	7,4
Chaudières	0
Total puissance thermique utile (Réseau Urbain)	51,3
Total puissance utile	
Rendement mécanique	
Rendement global de l'installation	

TAG : Turbine à gaz (Circuit turbine à gaz)

TAV : Turbine à vapeur