

Conversion de l'énergie thermique

TD n°1 : Machines à vapeur

Problème 1

Partie A

Le schéma d'une centrale géothermique est donné par la figure 1 ci-dessous. Le liquide géothermique existe à l'état saturé à 230°C. Le liquide géothermique est produit à raison de 230kg/s, il est détendu directement à l'aide d'un détendeur isenthalpique jusqu'à la pression de 500 kPa. La vapeur ainsi produite est séparée du liquide dans un séparateur et dirigée vers la turbine. La vapeur quitte la turbine à la pression de 10 kPa avec une humidité de 10% et entre dans le condenseur pour continuer la condensation puis le liquide est mélangé avec celui issu du séparateur pour réintégrer le cycle géothermique.

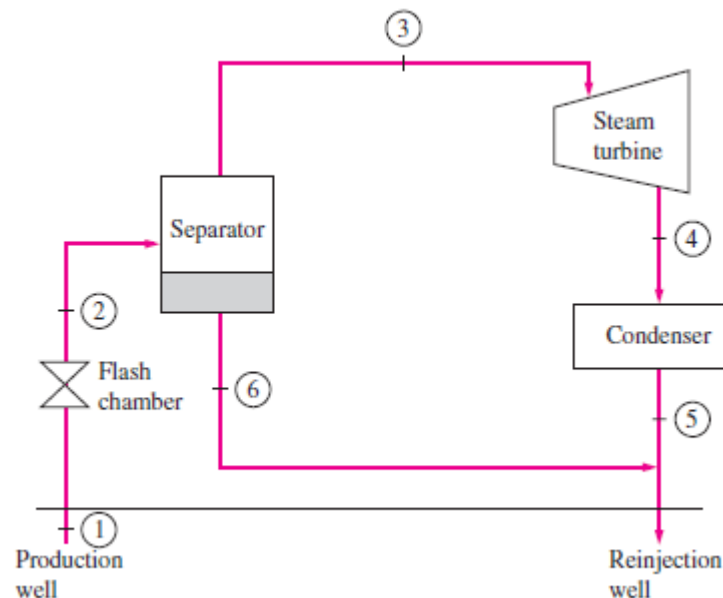


Figure 1

A-1- Déterminer le débit de la vapeur à travers la turbine.

A-2- Déterminer le rendement isentropique de la turbine.

A-3- Déterminer la puissance de la turbine et déduire le rendement de la centrale géothermique (on supposera que l'eau à l'entrée de la source géothermique est à l'état standard de 25°C et 1atm).

Partie B

Supposons maintenant que le liquide issu du séparateur dans la première partie A subit une deuxième détente jusqu'à 150 kPa et est dirigé dans un deuxième séparateur pour séparer la vapeur. Cette vapeur est injectée dans un dernier étage de la même turbine. Toute la vapeur quitte la turbine à la même pression précédente de 10 kPa. Et 90% d'humidité.

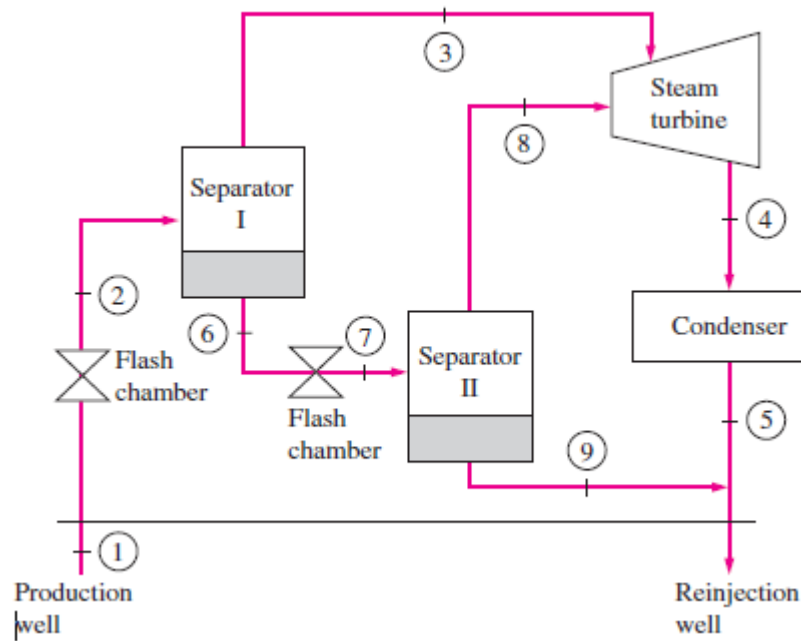


Figure 2

- B-1- La température de la vapeur à la sortie du deuxième détendeur.
- B-2- La puissance produite par le dernier étage de la turbine.
- B-3- Le nouveau rendement de la centrale géothermique à double étage.

Partie C

A la place du deuxième séparateur, une autre proposition a été retenue par les ingénieurs du site, elle consiste à utiliser le liquide issu du séparateur dans le premier cycle comme source chaude pour réchauffer un cycle binaire utilisant comme fluide l'isobutane comme montré sur la figure 3. L'eau géothermique quitte l'échangeur thermique à 90°C quant à l'isobutane il entre dans la turbine à 145°C et 3.25 MPa et la quitte à 80°C et 400 kPa. L'isobutane est condensé par la suite dans un condenseur à air puis pompé vers l'échangeur de chaleur à nouveau.

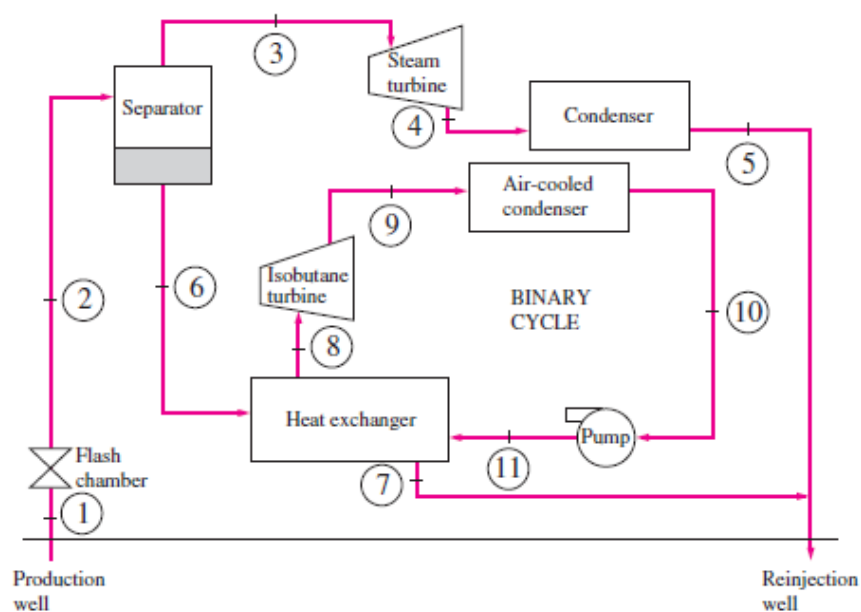


Figure 3

En assumant un rendement isentropique de la pompe de 90% déterminez :

- C-1- Le débit de l'isobutane dans le cycle binaire.
- C-2- La puissance nette des deux cycles géothermique et binaire de la centrale.
- C-3- Le rendement de la nouvelle configuration de la centrale géothermique.

Problème 2 :

Considérons une centrale à vapeur utilisant un cycle de Rankine à régénération. La vapeur entre dans la turbine à 15 MPa et 600°C puis se condense à la pression 10 kPa. Une partie de la vapeur quitte la turbine à 1.2 MPa et entre dans le régénérateur ouvert. Déterminer la fraction de vapeur extraite de la turbine et le rendement de la centrale. (figure 4).

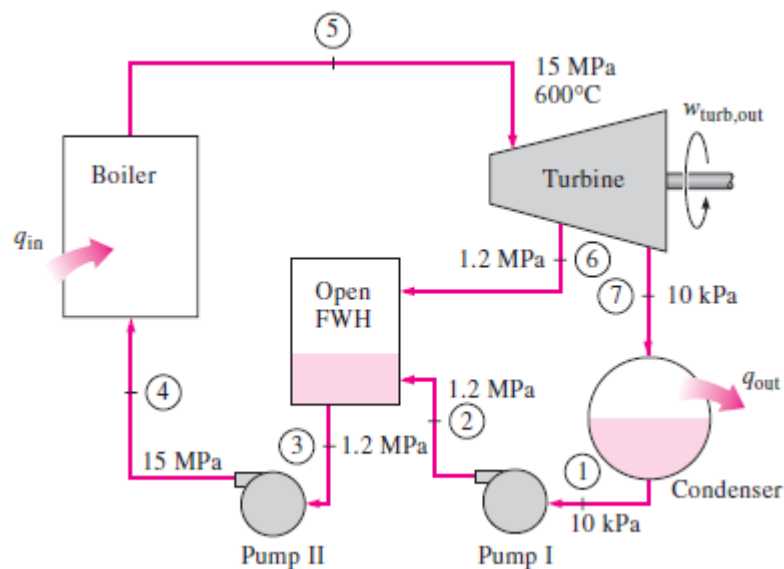


Figure 4

Problème 3 :

Considérons un cycle de Rankine à resurchauffe et à double régénération, le premier régénérateur est ouvert et l'autre est fermé. La vapeur entre dans la turbine à 15 MPa et 600°C puis condensée à 10 kPa. Une partie de la vapeur est extraite de la turbine à 4 MPa dont une fraction y est acheminée vers le régénérateur fermé et le reste est resurchauffée à la même pression jusqu'à 600°C. la fraction y de la vapeur est complètement condensée dans le régénérateur puis pompée à 15 MPa avant de se mélanger avec l'eau d'alimentation (Point 8) à la même pression. La vapeur pour le régénérateur ouvert est extraite à 0.5 MPa. (voir figure 5)

- 1- Déterminer les fractions y et z extraites de la turbine.
- 2- Déterminer le rendement du cycle.

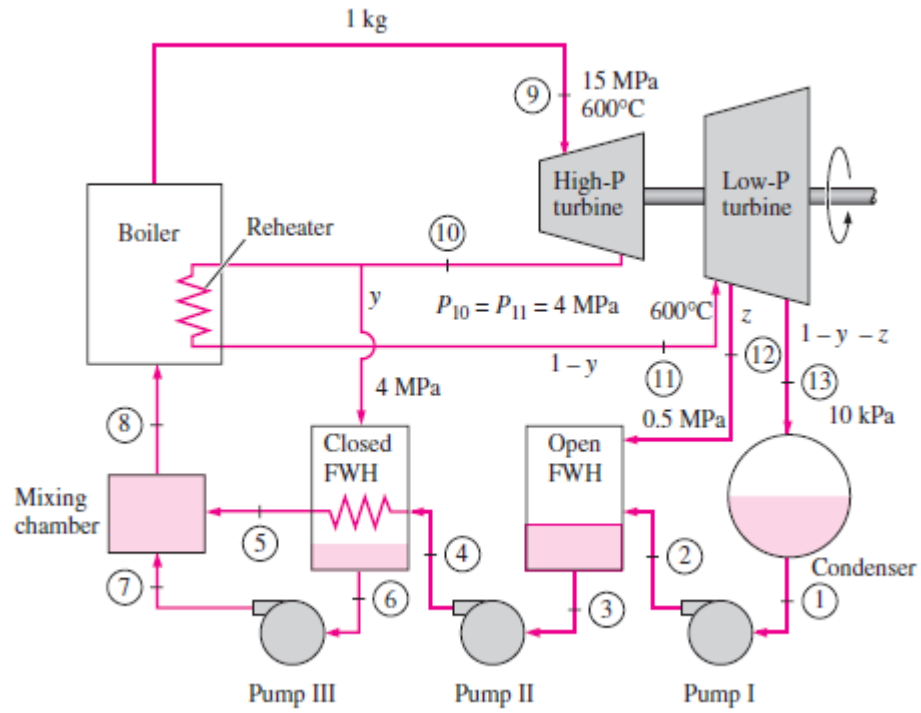


Figure 5