

Centrale Géothermique – cycle binaire

Partie 'Cours '

La saumure géothermique est une solution saline chaude et concentrée qui a circulé à travers les roches de la croûte terrestre dans une zone de flux thermique anormalement élevé et s'est enrichie en substances lessivées de ces roches (par exemple, les chlorures de Na, K et Ca) ; elle contient souvent des métaux dissous.

Les centrales à cycle binaire utilisent la saumure géothermique à dominante liquide à des températures relativement basses pour évaporer le fluide d'un cycle de Rankine qui produira l'électricité. Une centrale binaire en Alaska utilise une ressource géothermique à 57°C. Ces centrales fonctionnent selon un cycle de Rankine avec un fluide de travail binaire (isobutane, pentane, isopentane, R-114, etc.) qui a une faible température d'ébullition. Le fluide de travail est entièrement vaporisé et généralement surchauffé par l'eau géothermique dans un réseau d'échangeurs de chaleur, comme le montre la figure 1. Dans cette configuration, la vapeur résultante se détend dans la turbine, puis se condense dans un condenseur refroidi par air (tour de refroidissement sèche) avant d'être pompée à nouveau vers les échangeurs de chaleur pour compléter le cycle.

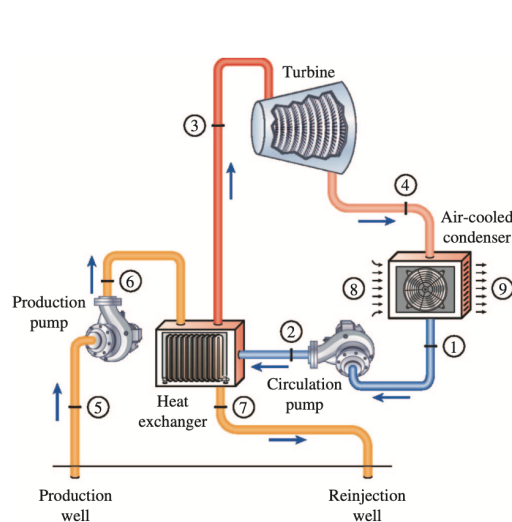


Figure 1: cycle binaire

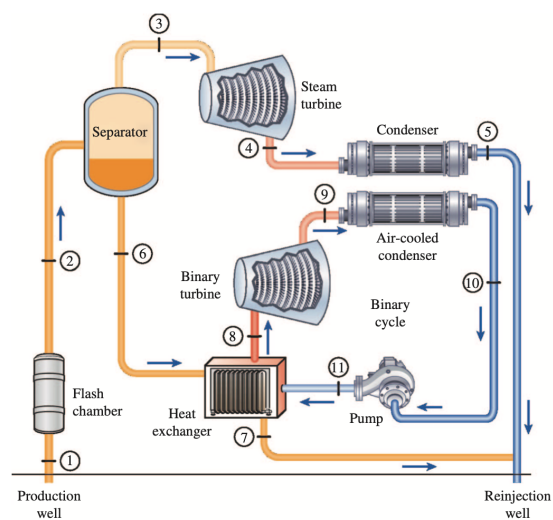


Figure 2: centrale flash et binaire combinée

Partie I : cycle binaire

Considérons une centrale géothermique binaire dont le fluide de travail est le CO₂ (prendre CarbonDioxide dans Cantera) et dont la source de chaleur est l'eau liquide géothermique à 150°C à un débit de 150 kg/s (fig. 1). L'eau liquide géothermique quitte l'échangeur de chaleur à 90°C et 1MPa tandis que le CO₂ entre dans la turbine à 3,25 MPa et 145°C et en ressort à 80°C et 600 kPa. Le CO₂ est condensé dans un condenseur refroidi à l'air, puis pompé à la pression de l'échangeur de chaleur. En supposant une efficacité isentropique de 90% pour les deux pompes, déterminez :

- le débit massique de CO₂ dans le cycle binaire,
- la puissance nette de sortie de l'usine si 15% de la puissance de sortie de la turbine est utilisée pour les ventilateurs du condenseur,
- l'efficacité thermique du cycle binaire.
- Le ventilateur du condenseur utilise l'air pour évacuer l'énergie. La température ambiante est de 25°C et l'air ne doit pas être chauffé à plus de 70°C. Quel débit d'air devez-vous imposer ?
- Vous désirez utiliser une tour de refroidissement à eau. L'eau entrante est à 10°C et elle sort sous forme de vapeur saturée. Quel débit d'eau devez-vous imposer ?

Partie II : centrale flash & binaire combinée

Il est maintenant proposé d'utiliser une chambre d'expansion (appelée aussi séparateur ou flash chamber) portée à une pression de 500 kPa. L'eau liquide sortant de la chambre est utilisée comme source de chaleur dans un cycle binaire avec du CO₂ comme fluide de travail (Fig. 2). L'eau liquide géothermique quitte l'échangeur de chaleur à 90°C tandis que le CO₂ entre dans la turbine à 3,25 MPa et 145°C et en ressort à 80°C et 600 kPa. Le CO₂ est condensé dans un condenseur refroidi à l'air, puis pompé à la pression de l'échangeur de chaleur. Le rendement isentropique est de 90 pour cent pour la pompe et de 83 % pour la turbine du circuit d'eau qui comprend un condenseur maintenu à une pression de 10 kPa. Déterminez

- le débit massique du CO₂ dans le cycle binaire,
- les puissances nettes de sortie des sections flash et binaire de l'usine,
- les rendements thermiques du cycle binaire et de l'usine combinée.