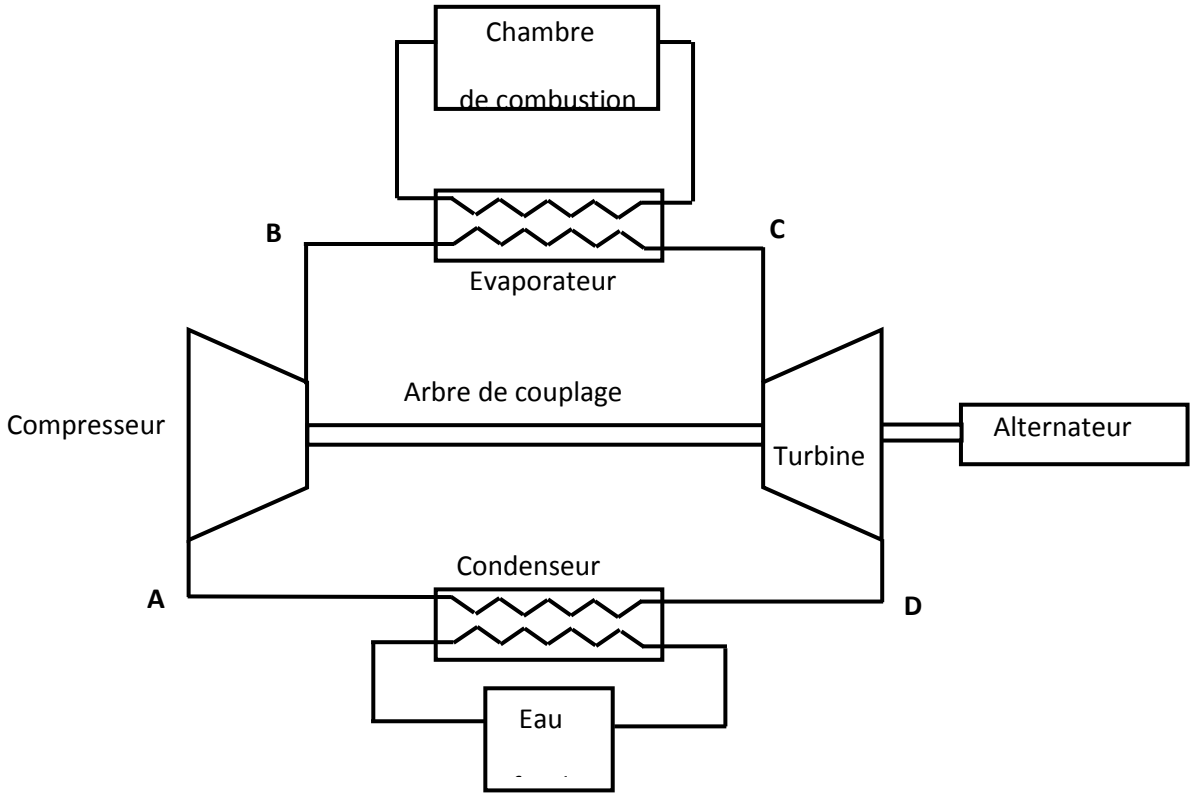
ANNALES 2009 : THERMODYNAMIQUE

Une centrale thermique permet la production d'électricité à partir de la combustion de fuel ou de charbon.

Le système de production est schématisé ci-dessous :



L'eau subit différentes transformations (décrites ci-dessous) afin de produire un travail mécanique transformé en énergie électrique grâce à un couplage de la turbine avec un alternateur.

On néglige les énergies cinétique et potentielle de situation.

- A l'entrée A du compresseur, l'eau est à l'état liquide saturé à la pression P_1 = 0,2 *bar.* Elle subit une compression adiabatique réversible jusqu'à l'état B de pression P_2 = 100 *bars* (1 *bar* = 10^5 *Pa*).
- Dans l'évaporateur, l'eau est en contact avec la chambre de combustion. Elle subit un réchauffement isobare de B à C. Au point C, on donne la température T_C = 500*°C*.
- Dans la turbine, l'eau subit une détente adiabatique réversible. On note D le point de sortie de pression P_1 = 0,2 *bar*.
- Dans le condenseur, l'eau entre en contact avec un circuit d'eau froide et se condense jusqu'au point A. La transformation est supposée isobare.

Pour faire l'analyse de cette centrale, on utilisera le diagramme thermodynamique (*T, s*) de l'eau fourni. Il est constitué de réseaux de courbes isenthalpiques et isobares. La courbe en "cloche" est constituée de la courbe de rosée et d'ébullition. L'eau liquide étant peu compressible, on pourra confondre les points A et B sur le diagramme.

1. *État de l'eau au cours du cycle*

1.1. Placer les points A, C et D sur le diagramme.
1.2. En déduire l'état de l'eau en C, la température T_A de l'eau en A et x_D la fraction massique de vapeur au point D.
1.3. Déterminer l'enthalpie massique h_A, h_C et h_D aux points A, C et D.

2. *Bilan énergétique*

2.1. Déterminer q_{BC} et q_{DA} les transferts thermiques reçus par unité de masse d'eau au cours des transformations isobares BC et DA.
2.2. En déduire le travail *w* échangé par unité de masse d'eau au cours d'un cycle et le rendement thermodynamique η de la centrale.
2.3. Quel est le débit en masse d'eau *d* nécessaire pour avoir une centrale délivrant une puissance *P* = 250 *MW* ?

3. *Cycle à deux étages*

Pour éviter la présence de vapeur d'eau dans la turbine à cause d'une détente trop importante, on utilise deux turbines. On propose donc un cycle plus proche de la réalité :

- Mêmes transformations de A à C.
- En C l'eau se détend dans une première turbine. On note D_1 l'état à la sortie. On suppose qu'en D_1 l'eau est à l'état de vapeur saturée.
- L'eau repasse dans la chambre de combustion et subit un échauffement isobare. On note C_1 l'état de sortie.
- L'eau subit une détente dans une seconde turbine. On note D_2 l'état à la sortie. On suppose qu'en D_2 l'eau est à l'état de vapeur saturée à la pression P_1 = 0,2 *bar*.
- Enfin, l'eau entre en contact avec le condenseur et est ramenée à l'état A. La transformation est supposée isobare.

Les détentes sont toujours supposées adiabatiques réversibles.

3.1. Tracer le cycle de l'eau sur le diagramme (*T, s*) En déduire P_{D1}, T_{D1} , P_{C1} et T_{C1}.
3.2. Déterminer q_{D1C1} et q_{D2A} les transferts thermiques reçus par unité de masse d'eau au cours des transformations D_1C_1 et D_2A.
3.3. En déduire le travail *w* échangé par unité de masse d'eau sur un cycle et le rendement thermodynamique η. Commenter en comparant les deux installations.

Diagramme T- S de l'eau

