

CENTRALE THERMIQUE A VAPEUR



1. INTRODUCTION

Dans une centrale thermique, une chaudière chauffe de l'eau et la transforme en vapeur. L'énergie calorifique est obtenue en brûlant le plus souvent du charbon, du pétrole ou du gaz.

La chaleur dégagée par la combustion vaporise l'eau qui atteint alors une très haute température.

Cette vapeur se détend progressivement dans les corps haute, moyenne et basse pression de la turbine avant de se liquéfier dans le condenseur et d'être renvoyée dans le générateur de vapeur.

L'énergie mécanique engendrée par la vapeur circulant dans la turbine, entraîne l'alternateur qui la transforme en énergie électrique.

Les centrales thermiques produisent l'électricité à partir de la chaleur qui se dégage de la combustion du charbon, du mazout ou du gaz naturel. La plupart ont une capacité comprise entre 200 MW et 2000 MW afin de réaliser les économies d'une grosse installation. On la trouve souvent près d'une rivière ou d'un lac, car d'énormes quantités d'eau sont requises pour refroidir et condenser la vapeur sortant des turbines.

En fonctionnement nominal, le rendement de ces centrales se situe entre 40 et 42%. Leur minimum technique est de l'ordre de 20 %. Elles peuvent participer au réglage primaire et secondaire de la fréquence.

2. ORGANISATION D'UNE CENTRALE THERMIQUE

La figure montre les parties principales d'une centrale thermique identifiées comme suit :

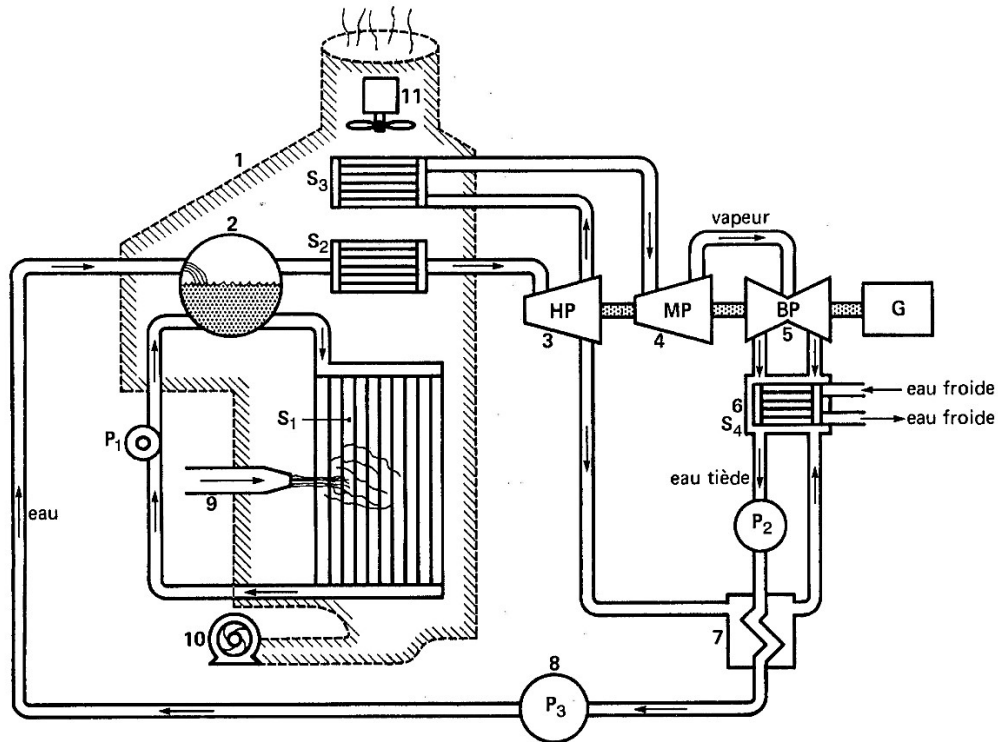


Figure 1: Eléments d'une centrale thermique

1. Immense **chaudière** construite en hauteur dans laquelle on brûle le combustible. La chaleur est absorbée par l'eau circulant dans une série de tubes S_1 qui entourent les flammes. La circulation est forcée par la pompe P_1 .
2. **Réservoir**, contenant de l'eau et de la vapeur à haute pression. Il constitue à la fois le point de départ de la vapeur vers les turbines et le récepteur de l'eau d'alimentation de retour. La vapeur se dirige vers la turbine haute pression (HP) en passant par un surchauffeur S_2 . Ce dernier formé d'une série de tubes entourant le feu, provoque une forte augmentation de la température de la vapeur (200 °C environ). Cela assure une vapeur qui est absolument sèche et donne un meilleur rendement thermique.
3. **Turbine haute pression (HP)** qui permet une première expansion de la vapeur durant laquelle une partie de l'énergie mécanique. La pression et la température à la sortie de la turbine HP sont donc plus basses qu'à l'entrée. Afin d'augmenter le rendement thermique et pour éviter une condensation prématurée de la vapeur, on la fait passer par un réchauffeur S_3 composé d'une troisième série de tubes.
4. **Turbine moyenne pression (MP)** semblable à la turbine HP sauf qu'elle est plus grosse pour permettre à la vapeur de se détendre davantage.

5. **Turbine basse pression (BP)** à double carter qui enlève le reste de l'énergie thermique disponible dans la vapeur, permettant à cette dernière de se détendre dans un vide presque complet à l'intérieur du condensateur.
6. **Condensateur** qui provoque la condensation de la vapeur, grâce à la circulation d'eau froide venant de l'extérieur et circulant dans des tubes S_4 . Une pompe d'extraction P_2 enlève l'eau tiède condensée et la pousse à travers le réchauffeur (7) vers la pompe P_3 alimentant la chaudière.
7. **Réchauffeur**. Dans cet échangeur de chaleur, une partie de la vapeur qui est passée par la turbine HP réchauffe l'eau d'alimentation, après quoi, la vapeur se condense aussi dans le condensateur. Les analyses thermodynamiques prouvent que le rendement ainsi obtenu est meilleur que si la vapeur dérivée dans le réchauffeur allait aux turbines MP et BP en passant par le réchauffeur S_3 .
8. **Pompe d'alimentation** P_3 qui refoule l'eau d'alimentation contre la forte pression régnant à l'intérieur du ballon (2) et complète ainsi le cycle thermique
9. **Brûleurs** provoquant la combustion du gaz, du mazout ou du charbon pulvérisé projeté à l'intérieur de la chaudière.
Avant d'être projeté dans la chaudière, le charbon est réduit en poudre. De la même façon, l'huile lourde est préchauffée et soufflée en jet vaporisé afin d'augmenter sa surface de contact avec l'air environnant.
10. **Ventilateur** soufflant l'air requis pour la combustion
11. **Ventilateur** aspirant les gaz brûlés qui s'échappent par la cheminée.

En pratique, une centrale contient bien d'autres appareils et accessoires essentiels pour assurer un bon rendement et des conditions sécuritaires. Ainsi, des vannes de réglage permettent de contrôler l'admission de la vapeur dans les turbines, un système d'épuration maintient la propreté de l'eau d'alimentation, des pompes gardent les paliers en bon état de lubrification, etc. Cependant, les composants que nous venons de décrire suffisent à expliquer le fonctionnement et les problèmes de base d'une centrale thermique.

3. DIAGRAMME ENERGETIQUE D'UNE CENTRALE THERMIQUE

Les centrales thermiques modernes se ressemblent beaucoup et la plupart fonctionnent à une température de 550 °C et une pression de 16.5 MPa; elles donnent un rendement global de l'ordre de 40 %. Les quantités d'énergie, les débits de vapeur, etc., ne changent pas beaucoup, même pour des températures et des pressions différentes. Cela nous a permis de tracer le schéma de répartition de l'énergie pour un modèle réduit ayant une puissance calorifique de 30 MW et un débit électrique de 12 MW, soit un rendement global de 40 %.

Par exemple une centrale de 480 MW aurait les caractéristiques approximatives suivantes :

| | |
|---|---------------------------|
| Puissance électrique | 480 MW |
| Consommation de charbon | 40 Kg/s |
| Consommation d'air | 400 Kg/s |
| Puissance de la chaudière | 1200 MW |
| Débit de vapeur | 320 Kg/s |
| Eau de refroidissement | 14 400 Kg/s |
| (Avec $\Delta t = 10\text{ }^{\circ}\text{C}$) | ou 14.4 m ³ /s |

Si l'on doit installer une tour de refroidissement, elle doit évaporer une quantité d'eau égale à : $2\% \times 14.4 = 0.288\text{ m}^3/\text{s}$

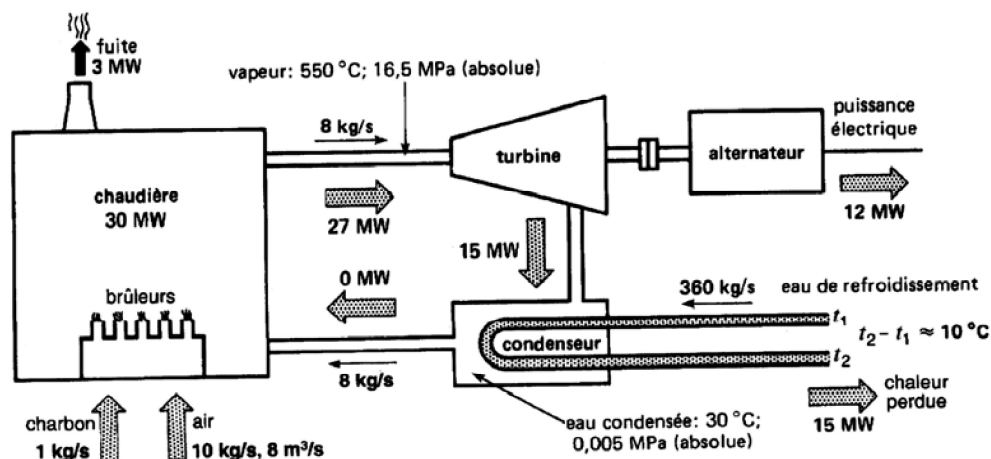


Figure 2: Modèle réduit d'une centrale thermique de 12 MW

4. SELECTION DU SITE POUR LA CENTRALE THERMIQUE

4.1 APPROVISIONNEMENT EN CARBURANT

La centrale électrique à vapeur devrait être située près de la mine de charbon de sorte que le coût de transport du carburant soit minimum. Si le terrain n'est pas disponible à proximité des mines de charbon, prévoir des installations adéquates pour le transport du carburant.

4.2 DISPONIBILITE DE L'EAU

Une énorme quantité d'eau est nécessaire pour alimenter la chaudière et le condensateur, pour cela la station devrait être située près de la mer, rivière, du lac, etc.

4.3 FACILITE DE TRANSPORT

Pour la centrale à vapeur offrir un meilleur service de transport pour le transport de l'homme, de la machinerie, etc.,

4.4 TYPE DE TERRAIN:

La centrale électrique à vapeur devrait être installée dans un terrain où l'extension future est possible et zone non sismique.

4.5 PRES DU POSTE ELECTRIQUE:

Afin de réduire les pertes de transmission et de distribution, la centrale devrait être située près du poste Interconnexion.

4.6 DISTANCE DE LA ZONE D'HABITATION:

Comme la centrale thermique produit des gaz de combustion, ces gaz affecteront l'être humain vivant, donc la centrale devrait être située loin de la zone densément peuplée.

5. AVANTAGES ET INCONVENIENTS

5.1 AVANTAGES

- ✓ Centrales d'appoint qui peuvent être facilement mise en fonctionnement ou arrêtées
- ✓ Moyen de production d'électricité « dispatchable » pour répondre aux variations de la demande
- ✓ Autonomie (dépendant de l'approvisionnement et du stock de combustible)
- ✓ Flexibilité dans le choix du combustible (pour certaines technologies)
- ✓ Longue durée de vie (30 à 40 ans)

5.2 INCONVENIENTS

- ✓ Réactivité faible au démarrage (plus d'1h pour atteindre la puissance max)
- ✓ Usage de combustibles fossiles (raréfaction et coût de la ressource, dépendance énergétique)
- ✓ Emissions de gaz à effet de serre et d'éléments polluants, en particulier sur charbon et fioul (SOx, NOx, poussières)
- ✓ Coût et usure liés aux arrêts / démarrages
- ✓ Besoin d'un débouché (ouverture) chaleur pour la cogénération