

CENTRALE THERMIQUE A VAPEUR

1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Les centrales thermiques ont pour but de produire de l'énergie électrique à partir de l'énergie calorifique dégagé par une combustion.

Dans une centrale élémentaire (Figure 1), la vapeur surchauffée à haute pression sort de la chaudière (générateur de vapeur), et pénètre dans la turbine. Bien que les turbines à vapeur soient construites selon deux principes différents (à action ou à réaction : voir plus loin), leurs éléments essentiels sont similaires. Elles se composent de tuyères ou de jets, et d'ailette. La vapeur s'écoule dans les tuyères, dans lesquels elle se dilate (se détend). Ainsi sa température et donc son énergie interne diminuent et son énergie cinétique augmente sous forme d'une accélération des particules de vapeur provoquant l'accroissement de leur vitesse. La vapeur en mouvement exerce une pression donc exécute un travail contre les ailettes, entraînant leur rotation. Ce travail permet à la turbine d'entraîner l'alternateur.

La vapeur à basse pression qui sort de la turbine pénètre dans le condenseur, où de la chaleur est transférée de la vapeur à l'eau de refroidissement. Etant donné que de grandes quantités d'eau de refroidissement sont nécessaires, les centrales thermiques sont habituellement situées près de rivières ou des lacs. C'est d'ailleurs, ce transfert de chaleur à l'eau des lacs et des rivières qui est à l'origine du problème de la pollution thermique ; problème maintenant étudié sur une grande échelle. Lorsque l'approvisionnement en eau de refroidissement est limité, on peut utiliser une tour de réfrigération, dans laquelle une partie de l'eau de refroidissement s'évapore de façon à abaisser la température de l'eau qui demeure à l'état liquide.

La pression du condensat qui sort du condenseur est augmentée par la pompe alimentaire permettant ainsi au condensat (à l'état liquide) de pénétrer dans la chaudière. Plusieurs générateurs de vapeur utilisent un économiseur. L'économiseur est simplement un échangeur de chaleur dans lequel la chaleur est transférée des produits de combustion au condensat, ce qui a pour effet d'élever la température du condensat sans qu'il y ait évaporation. Dans d'autres parties du générateur de vapeur, la chaleur est transférée des produits de combustion à l'eau, causant son évaporation. La température à laquelle se produit l'évaporation est dite *température de saturation*. La vapeur passe ensuite dans un autre échangeur de chaleur appelé *surchauffeur (vaporisateur)* où la température de la vapeur est augmentée bien au-dessus de celle de saturation (donc une énergie c'est à dire une enthalpie supplémentaire à la vapeur).

Dans plusieurs centrales thermiques, l'air utilisé par la combustion est préchauffé dans le réchauffeur d'air par le transfert de chaleur des gaz de cheminée à leur sortie du fourneau. Cet air est alors mélangé avec le combustible fossile et la combustion a lieu dans le fourneau.

Lorsque les produits de combustion traversent le fourneau, la chaleur est transférée à l'eau dans le surchauffeur, la chambre de combustion et l'économiseur, ainsi qu'à l'air dans le réchauffeur. Les produits de combustion sont rejetés dans l'atmosphère, cela constitue l'un des aspects du problème de la pollution de l'air auquel nous faisons face actuellement.

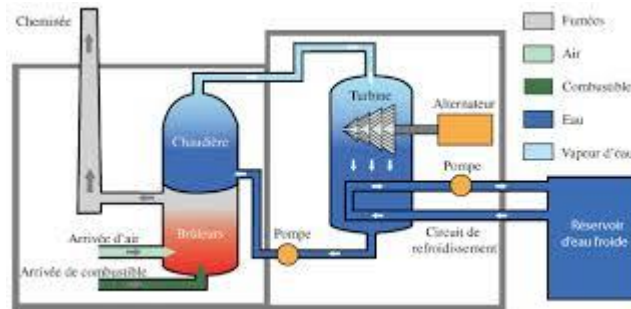


Fig.1. Centrale thermique élémentaire à vapeur.

En général, la turbine comporte trois corps, à savoir le corps haute pression (HP), le corps moyenne pression (BP) et le corps basse pression (BP) (Figure 2). La vapeur surchauffée se détend dans le corps HP. Elle revient dans la chaudière pour être surchauffée et renvoyée pour se détendre dans les corps MP et BP. Pendant ces détentes successives, l'énergie calorifique est transformée en énergie mécanique. A la sortie des corps BP, la vapeur passe dans le condenseur qui est refroidi, et l'eau retourne à l'état liquide. Le cycle se produit indéfiniment puisque la vapeur et l'eau circulent dans un circuit fermé.

Le rendement, exprimé par le rapport de l'énergie mécanique W recueilli au niveau de la turbine sur l'énergie calorifique Q cédée par la vapeur d'eau, serait cependant assez médiocre si on ne place pas des nombreux dispositifs de récupération de la chaleur de la vapeur d'eau ainsi que la chaleur des gaz de combustion. C'est pourquoi un poste de réchauffage de l'eau condensée, le *poste d'eau* (composé d'un certain nombre d'échangeurs ou réchauffeurs), alimenté en énergie calorifique de réchauffage par la vapeur prélevée par *soutirage* dans la turbine, permet de réchauffer l'eau avant de la renvoyer dans la chaudière à l'aide de pompes alimentaires.

Une des caractéristiques principales d'une centrale, sur les plans technique et économique est sa *consommation spécifique*, c'est à dire la quantité de chaleur qu'il faut pour produire une énergie électrique d'un kilowattheure.

2. VAPEUR D'EAU

La vaporisation est le passage de l'état liquide à l'état vapeur. L'ébullition est une vaporisation rapide au sein du liquide avec dégagement de bulles de vapeur saturée.

- **Vapeur saturée :** pendant la vaporisation, le fluide surmontant l'eau est composé de vapeur sèche et de fines gouttelettes d'eau : c'est la vapeur saturée. La vapeur d'eau est

dite donc saturée (humide) lorsqu'elle est en présence de son propre liquide. En revanche, elle est dite saturante (sèche) lorsqu'elle ne contient aucune gouttelette liquide.

- **Vapeur surchauffée :** si l'on continue à chauffer de la vapeur sèche ; sa température augmente, mais la pression n'est plus fonction de la seule température comme dans le cas de la vapeur saturée. La vapeur se comporte donc comme un gaz parfait.
- **Vapeur resurchauffée :** les propriétés physico-chimiques de métaux utilisés dans la construction des chaudières et des turbines limitent la température de surchauffe. Pour pouvoir augmenter le travail fourni par la vapeur en cours de la détente et améliorer le rendement du cycle, après une première détente dans une partie de la turbine, la vapeur est repassée dans la chaudières pour être resurchauffée à pression constante.

3. TURBINES A VAPEUR

Les turbines à vapeur sont des machines relativement simples dont la seule partie mobile importante est le rotor. Elles possèdent toutefois un équipement annexe, nécessaire à leur fonctionnement. Parmi celui-ci, un palier de tourillon supporte l'arbre et un palier de butée le positionne de manière axiale. Un système d'huile assure le graissage des paliers et des joints réduisent les pertes de vapeur tout au long de son trajet. Enfin, un système d'étanchéité empêche la vapeur de s'échapper à l'extérieur de la turbine et l'air d'y entrer. La vitesse de rotation est commandée par des soupapes situées aux entrées d'admission de la machine et pilotées par des systèmes de régulation électroniques ou mécaniques. Les turbines à réaction développent une poussée axiale considérable, du fait de la chute de pression sur les ailettes mobiles. Cette poussée est généralement compensée par l'utilisation d'un piston d'équilibrage.

Les turbines utilisées sont de types variés, mais dans le but de réaliser un rendement optimum, on les construit à plusieurs étages de pression et de vitesse. Elles comportent respectivement :

- Un corps haute pression (HP), alimenté en vapeur surchauffée.
- Un corps moyenne pression (MP) resurchauffée et détendue.
- Un ou plusieurs corps basse pression (BP), alimenté à partir de l'échappement du corps MP.

Chaque corps comporte de nombreuses vannes et soupapes permettant l'arrêt et la régulation de la vitesse de la turbine. Cette régulation est en fait primordiale, car elle fixe à elle seule la fréquence de la tension délivrée. Sachant que les rotors des trois corps sont des différents types.

Types de turbines

- **Turbine à action :** C'est la forme la plus simple de turbine à vapeur, dans la quelle les jets sont fixés sur la partie intérieure de l'enveloppe de la turbine, et les ailettes placées sur le bord des roues tournantes montées sur un arbre central. La vapeur se déplaçant dans une tuyère fixe passe sur les ailettes incurvées, qui absorbent une partie de l'énergie cinétique de la vapeur dilatée, faisant ainsi tourner la roue et l'arbre sur lesquels elles sont montées. Cette turbine est conçue de manière à ce que la vapeur entrant par une extrémité de la turbine à travers une succession de tuyères jusqu'à ce qu'elle ait perdu la majeure partie de son énergie.
- **Turbine à réaction :** Dans la turbine à réaction, une partie de l'énergie mécanique est obtenue par l'impact de la vapeur sur les ailettes. La partie la plus importante est obtenue par l'accélération de la vapeur lors de son passage dans la roue de la turbine, où elle se dilate. Une turbine de ce type se compose de deux jeux d'ailettes, l'un fixe, l'autre mobile. Ces ailettes sont disposées de telle façon que chaque paire joue le rôle de tuyère, à travers laquelle la vapeur se dilate lors de son passage. Dans chaque étage, une faible quantité d'énergie thermique est convertie en énergie cinétique. La vapeur se détend dans les aubes fixes, puis entraîne les aubes mobiles disposées sur la roue montées sur un tambour, qui fait alors office d'arbre.

Les turbines à réaction nécessitent en général davantage d'étages que celles à action. Il peut être démontré que, pour le même diamètre et la même gamme énergétique, une turbine à réaction a besoin de deux fois plus d'étages pour obtenir un rendement maximal. Les grosses turbines, qui sont généralement à action, utilisent une certaine réaction à la base du trajet de vapeur pour assurer un débit efficace à travers les aubes. Les turbines à réaction disposent d'un premier étage de commande d'impulsion, qui permet d'envisager la réduction du nombre total d'étages nécessaires. Les arbres des turbines de chaque étage sont reliés entre eux au moyen d'accouplements.

Caractéristiques des turbines à vapeur

- **Taille des composants :** Étant donné l'augmentation de volume liée à la dilatation de la vapeur dans les différents étages d'une turbine, la taille des ouvertures à travers lesquelles passe la vapeur doit s'accroître d'un étage à l'autre. Dans la conception pratique des turbines, cet accroissement est réalisé en allongeant les ailettes d'un étage à l'autre, en augmentant le diamètre du tambour ou de la roue sur lesquels sont montées les ailettes, et en ajoutant deux ou plusieurs sections de turbine en parallèle. Par conséquent, une petite turbine industrielle peut avoir une forme plus ou moins conique, avec son plus petit diamètre côté haute pression, ou admission et son diamètre le plus large côté basse pression, ou échappement.
- **Étages spécifiques :** Les turbines à action utilisent généralement un étage de pression appelé turbine Rateau (du nom de l'ingénieur français Auguste Rateau), dans lequel le taux de compression à chaque étage est pratiquement uniforme. Les anciennes turbines à action utilisaient un étage de vitesse de Curtis, mis au point par l'Américain Charles

Gordon Curtis. Cet étage comporte deux jeux d'aubes mobiles, avec une jeu intermédiaire d'ailettes fixes à la suite des tuyères. La séparation d'étages d'une turbine à réaction est parfois appelée séparation de Parsons (du nom du Britannique Charles Parsons).

Une turbine à réaction comporte souvent une premier étage à action qui permet le réglage du système ; une turbine à action possède en général dans ces derniers étages un degré de réaction voisin de 50%.

- **Rendement :** Le rendement avec lequel une section de turbine convertit l'énergie thermodynamique disponible en travail mécanique dépasse généralement 90%. Le rendement thermodynamique d'une installation thermique est en fait bien inférieur, en raison de l'énergie perdue dans la vapeur d'échappement de la turbine.

Auxiliaires

Les auxiliaires des turbines les plus importants sont: les pompes de circulation et d'extraction des condenseurs, les auxiliaires du régulateur.

4. CHAUDIERES

dispositif permettant de chauffer l'eau et de produire de la vapeur si l'eau est chauffée au-delà de la pression atmosphérique. Toutes les chaudières se composent de deux compartiments distincts : l'un dans lequel brûle le combustible et un autre dans lequel l'eau est chauffée.

Les premières chaudières étaient à simple bouilleur, chauffé par un foyer intérieur ou extérieur. La surface de chauffé était très restreinte, le rendement en était très mauvais. D'autre part, en cas d'accident, le grand volume de ces générateurs rendait leurs explosions très dangereuses.

Pour augmenter la surface de chauffe et réduire les dangers consécutifs à la rupture d'une partie de la chaudière, la masse d'eau fut divisée en de nombreux éléments en les répartissant dans les tubes chauffés de l'extérieur par des gaz de combustion. Ces générateurs s'appellent *chaudières multitubulaires*.

L'augmentation de la puissance des alternateurs exige la fabrication de chaudières très puissantes capables de vaporiser l'eau, de sécher la vapeur et de surchauffer à grand débit. Le type de chaudières adopté dans les installations actuelles comportent :

- Un réservoir (ou ballon) qui reçoit l'eau chaude en provenance du poste d'eau, recueille la vapeur formée dans les faisceaux vapoiseurs et la dirige vers les faisceaux sécheurs et surchauffeurs.

- Des faisceaux vaporisateurs qui tapissent la chambre de combustion. Ces faisceaux sont des tubes directement en contact avec la flamme des brûleurs. La vapeur qui est produite à l'intérieur de ces tubes est renvoyée à la partie supérieure du réservoir.
- Des faisceaux surchauffeurs et resurchauffeurs qui portent la vapeur à haute température et à haute pression avant son envoi dans la turbine.
- Des brûleurs adaptés au combustible utilisé.

Pour réduire les pertes thermiques, on récupère la chaleur des gaz de combustion avant de les laisser échapper par la cheminée. Une partie de cette chaleur est utilisée pour élever la température de l'eau d'alimentation : celle-ci est amenée, à travers les ventilateurs de recyclage, dans le réservoir en passant par un économiseur placé sur le trajet des gaz brûlés, le reste est utilisé pour chauffer l'air dirigé vers les brûleurs (à travers les ventilateurs de soufflage).

Notons que le rendement des chaudières pourvues d'économiseurs et de réchauffeurs d'air peut atteindre 85%. Grâce à ce qu'on appelle des surchauffeurs, les chaudières modernes parviennent à réaliser des économies de carburant de près de 90%.

Les chaudières modernes sont de l'un de types ci-après :

- Chaudières à grilles mécaniques, brûlant du combustible calibré, mais généralement de qualité médiocre, présentant en particulier une teneur élevée en cendres.
- Chaudières au charbon pulvérisé, ou le combustible préalablement broyé est amené à des brûleurs, au moyen d'air comprimé qui joue en même temps le rôle d'air primaire pour la combustion.
- Chaudières chauffées au mazout.
- Chaudières chauffées au gaz naturel ou industriel.

On utilise également des chaudières mixtes, permettant d'employer plusieurs combustibles différents selon les circonstances.

Du point de vue construction, la chaudières à tubes de fumée se compose de deux cuves cylindriques en général placées l'une dans l'autre ; l'eau circule entre elles. La grille de feu et le tuyau d'évacuation se situent dans le cylindre intérieur, permettant un accroissement rapide de la pression de la vapeur. Dans la chaudières à tubes d'eau, l'eau passe à travers des tubes chauffés depuis l'extérieur par des gaz de combustion et la vapeur est collectée dans un tambour supérieur. Cette disposition utilise à la fois la chaleur de convection des gaz et la

chaleur du feu radiale et des parois de la chaudière. La chaudière à tube d'eau autorise une pression supérieure à celle de la chaudière à tube de fumée.

Le contrôle du fonctionnement des chaudières s'effectue généralement par voie électrique, à partir d'un tableau de commande à distance. Ce tableau comporte de nombreux panneaux comme par exemple :

- Un panneau combustible comportant la commande de la vitesse de distribution du combustible aux chaudières, vitesse qui peut être réglée d'après la teneur en CO_2 des gaz sortant du foyer.
- Un panneau contrôle de l'eau permettant le contrôle du niveau de l'eau d'alimentation, la mesure de la salinité de l'eau, le dosage de l'oxygène pour déceler les dangers de la corrosion.
- Un panneau alimentation mesurant la température de l'eau dans le réservoir d'alimentation et le débit d'eau d'alimentation.
- Un panneau tirage mesurant les températures et les pressions en divers endroits des chaudières et des cheminées.
- Un panneau combustion assurant la mesure de la teneur des fumées en CO_2 , des températures, des pressions et débits en divers endroits du circuit des fumées.
- Un panneau vapeur centralisant les renseignements relatifs aux températures, pressions et débit du circuit de vapeur.
- Un panneau turboalternateur donnant les renseignements concernant le régime de marche de l'unité alimentée par les chaudières.

Finalement, parmi les auxiliaires des chaudières, on cite les moteurs pour le transport de charbon (combustible), les ventilateurs, les grilles mécaniques, les pompes alimentaires, etc.

5. CONDENSEURS ET REFRIGERANTS

La température de l'eau dans le puits du condenseur fixe la pression régnant dans le condenseur ; car elles sont liées d'une manière bien définie. La vapeur en se condensant produit une dépression atmosphérique qui d'autant plus importante que l'eau du condenseur est froide. Cette température est supérieure légèrement à celle de sortie de l'eau de circulation. Par conséquent, la pression restante est d'autant plus basse que la température de l'eau de circulation à la sortie est elle-même plus basse. Pour que cette eau ne se réchauffe pas trop pendant son passage dans le condenseur, il faut donc un grand débit.

Le rendement thermodynamique dépend de l'écart des températures absolues des sources chaude et froide (cycle de Carnot). Le rendement doit être préservé, donc il faut maintenir le vide. Or la pression interne au condenseur peut être modifiée par les entrées d'air. Cette pression dépend de la pression de l'air contenue dans le condenseur et de la pression de la vapeur saturée à la température de l'eau condensée.

En cas d'entrée d'air au condenseur, la pression augmente ainsi que la température de la vapeur. Cette croissance de la température est d'autant plus rapide que la présence de l'air modifie aussi la capacité de transmission de la chaleur. Il est donc nécessaire d'enlever l'air bien en marche normal qu'au démarrage de la turbine.

Dans les régions où l'eau se fait rare, on peut faire appel à la réfrigération atmosphérique : l'eau chaude ruisselle dans une enceinte où il y a une très forte circulation d'air, généralement par tirage naturel. Cela oblige à construire des tours de réfrigération, dans lesquelles le réfrigérant entre dans le compresseur à l'état de vapeur légèrement surchauffée et à faible pression. Il en sort ensuite pour entrer dans le condenseur sous forme de vapeur à pression élevée, là il est condensé par suite du transfert de chaleur à l'eau de refroidissement ou à l'ambiance. Alors, le réfrigérant sort du condenseur à l'état liquide et à pression élevée. La pression du liquide diminue lorsqu'il passe dans la soupape de détente, de telle sorte qu'une partie du liquide se vaporise. Le liquide restant est vaporisé dans l'évaporateur par suite du transfert de chaleur de la chambre réfrigérée. Cette vapeur retourne ensuite au compresseur (voir figure 3).

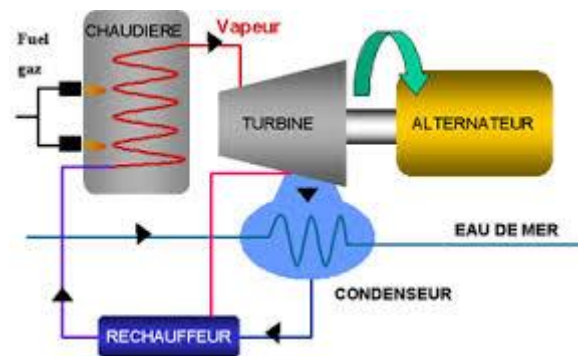


Fig.3. Cycle de réfrigération élémentaire.

6. POSTE D'EAU

Le rendement est amélioré en réchauffant l'eau d'alimentation de la chaudière. C'est dans le poste d'eau que s'opère le réchauffage de cette eau, après la reprise dans le puits du condenseur au moyen de pompes d'extraction et avant son injection dans l'économiseur. Le poste d'eau est formé principalement d'échangeurs de chaleur vapeur-eau : les réchauffeurs. Ces derniers sont alimentés à partir des soutirages. En plus des réchauffeurs, le poste d'eau comprend un certain nombre de pompes pour la circulation de l'eau.

7. CHOIX DE L'EMPLACEMENT

les facteurs ci-après doivent être pris en considération dans le choix de l'emplacement d'une centrale thermique à vapeur :

- Elle doit être suffisamment rapprochée du réseau à desservir.
- La proximité de la source d'énergie primaire (mine, port, ..) est importante car elle influe sur le prix du transport du combustible.
- Il faut disposer d'une superficie qui permette des extensions futures, ce dans des conditions économiques favorables.
- Il est indispensable de disposer d'une quantité d'eau suffisante pour assurer les besoins de la condensation. L'obligation de recourir à des réfrigérants majorerait, d'une manière non négligeable, le prix de revient de l'énergie.
- La possibilité d'un raccordement au réseau général de transport est étudiée, car l'installation d'une nouvelle centrale pose le problème de l'évacuation de l'énergie. elle peut rendre nécessaire la création de nouvelles lignes ou de nouveaux postes d'interconnexion si le réseau est localement saturé.
- La centrale doit être desservie par une voie ferrée ou une voie navigable, et de préférence par les deux, ce pour assurer son alimentation en combustion avec le maximum de sécurité et le minimum de frais de transport.

8. COMBUSTIBLES

Les combustibles industriels utilisés dans les centrales thermiques doivent pouvoir produire une grande quantité de chaleur à haute température, être d'allumage facile et entretenir eux-mêmes leur inflammation. En outre, on doit pouvoir les trouver en abondance dans la nature et leur prix de revient doit être faible. Ils se présentent, soit sous leur forme naturelle, soit sous une forme artificielle.

Exemples

Les combustibles fossiles les plus utilisés sont :

- *Lignite* (végétale) : ne contient pas de cellulose et dont la carbonification est intermédiaire entre la tourbe et le charbon.
- *Mazout* : provient du pétrole et contient de 86 à 87% de charbon, de 11 à 12% d'hydrogène et moins de 4% de soufre.

- *Gaz naturel* ou *artificiel* : 95% de méthane, 3.4% d'éthane, 0.7% de propane, 0.2% de butane, 0.0007% de soufre et de 0.4% d'impuretés diverses.
- *Houille* : combustible végétal dont la carbonification est presque totalement achevée et dont les caractères végétaux initiaux ont disparu.
- *Gaz de hauts fourneaux* : c'est un oxyde de charbon (CO) obtenu par passage d'air sur le charbon du coke.
- *Charbon* : c'est le combustible principal.

On citera aussi un combustible très particulier, d'origine non fossile, il s'agit des ordures ménagères brûlées dans les usines de *Traitement Industriel des Résidus Urbains*.

Caractéristiques physico-chimiques

- **Pouvoir comburivore** : c'est la quantité d'air comburant nécessaire pour brûler 1 kg de combustible solide ou liquide ou 1 m³ du gaz dans les conditions normales.
- **Pouvoir fumigène** : c'est la quantité de fumée produite par 1 kg de combustible solide ou liquide ou 1 m³ du gaz dans les conditions normales.
- **Pouvoir calorifique** : c'est la quantité de chaleur (en kJ) obtenue par la combustion complète de 1 kg de combustible solide ou liquide ou 1 m³ du gaz dans les conditions normales.
- **Température de combustion** : c'est la température à laquelle s'effectue la combustion.
- **Inflammabilité** : c'est l'aptitude du combustible à s'enflammer spontanément, ou en présence d'une flamme.

Caractéristiques propres aux combustibles

- **Viscosité** : c'est la manifestation du frottement des molécules du liquide entre elles : le liquide coule plus ou moins facilement.
- **Inflammabilité** : c'est la température minimale pour laquelle le combustible produit des vapeurs.
- **Teneur en impureté** : les fuels contiennent du soufre qui donne de l'anhydride sulfureux qui en contact de l'humidité produit de l'acide sulfurique (H₂SO₂). Ce dernier attaque les gaines de fumées et les bétons des cheminées.

9. TRANSMISSION DE CHALEUR

En fonction de type de chaudières, la transmission de chaleur peut se faire par :

- *Conduction* (action de transmettre de proche en proche de la chaleur, de l'électricité, ..) lorsque la chaleur d'un ou plusieurs corps en contact étroit passe des zones à température élevée aux zones à température basse. La conductibilité d'un corps est donc la propriété qu'il possède de transmettre, à travers lui-même, une quantité de chaleur.
- *Convection* (mouvement d'un fluide sous l'influence des différences des températures) lorsque la transmission de chaleur se fait entre un liquide ou un gaz et une paroi.
- *Rayonnement* lorsque l'émission de photons par un corps chauffé fournit de l'énergie rayonnante. Suivant leurs longueurs d'ondes, les radiations peuvent être visibles (lumineuses) ou invisibles (rayonnement des corps noirs). La transmission de chaleur dépend à la fois de la source et du corps récepteur (surfaces, distances, natures). Un corps noir est très absorbant ; en revanche, une surface polie et claire réfléchit l'énergie incidente (pertes par réflexion). Autrement dit, entre deux corps chauffés à des températures différentes, séparés par un milieu perméable (air) au rayonnement, il y a échange de chaleur.

10. RENDEMENT D'UNE CENTRALE THERMIQUE

Depuis l'installation des premières centrales à turbines, des progrès considérables ont été faits du point de vue du rendement. On a réussi à réduire graduellement les pertes inhérents à la transformation de l'énergie calorifique du combustible en énergie électrique. Les pertes se situent surtout au niveau de la chaudière, au condenseur, au groupe turboalternateur (sous forme mécanique et électrique), au alimentation auxiliaire, au transformateur principal,...

Le rendement d'une centrale thermique se situe entre 30 et 40%. Son amélioration signifie un choix de cycle thermodynamique le plus performant. Cependant, cette amélioration est obtenue au prix d'une complication des installations (grand nombre de soutirages d'où complication des corps des turbines, poste d'eau plus complexe, etc.) qui entraîne une augmentation du coût des investissements.