

CH I : TECHNIQUES GENERALES DE PRODUCTION DE L'ELECTRICITE

I.1- Sources d'énergie électrique

Pour se développer les sociétés humaines ont, au fil du temps, employé diverses formes d'énergie : musculaire (humaine et animale), eau, vent, bois, soleil, atome, pétrole...etc.

Quand elle n'est pas d'origine chimique (batteries et accumulateurs), ou photovoltaïque (énergie solaire), l'électricité industrielle provient de la mise en mouvement d'un aimant dans un bobinage de fil conducteur. Le principe de l'alternateur (comparable à la dynamo de bicyclette) fonctionne à partir de diverses sources motrices : force de l'eau (barrages), force du vent (éoliennes), force de la vapeur d'eau (centrales : thermiques à flamme et nucléaires) qui vont toutes entraîner la rotation de l'aimant.

Dans le monde, il existe différentes sources d'énergies utilisables afin de pouvoir répondre aux nombreuses demandes de la population mondiale qui augmente de jours en jours.

Ces demandes énergétiques concernent les transports, le chauffage ainsi que l'utilisation du téléphone ou de la télévision. Cette utilisation de l'énergie a permis une amélioration du niveau de vie des populations des pays développés.

Dans ces différentes sources d'énergies, deux sortes se distinguent : les **énergies non renouvelables** et les **énergies renouvelables**. Ces énergies existent sous différentes formes. Elles peuvent être solides, liquides ou gazeuses.

I.1.1- Les énergies non renouvelables

Ces sources utilisent les combustibles fossiles (liquides: pétrole, gazeux : gaz naturel et solides : charbon) dans les centrales thermiques, et les combustibles fossiles (fission de l'uranium 235) dans les centrales nucléaires. Les combustibles fossiles sont des éléments contenus dans le sous-sol de la Terre.

- a) **Le pétrole** : c'est une roche liquide d'origine naturelle, une huile minérale composée, essentiellement des hydrocarbures.
- b) **Le gaz naturel** : Le gaz naturel est un combustible fossile composé d'un mélange d'hydrocarbures présent naturellement dans des roches poreuses sous forme gazeuse.
- c) **Le charbon** : Le charbon est une roche sédimentaire exploitée en tant que combustible et formée à partir de la dégradation partielle de la matière organique des végétaux.
- d) **L'uranium** : substance qui se fragmente facilement (on peut séparer ses atomes pour libérer de l'énergie et de la chaleur). L'uranium est extrait des mines, puis il est enrichi et conditionné sous forme de pastilles.

La fission est un phénomène par lequel le noyau d'un atome se divise en de nombreuses particules plus légères.

La combustion de ces combustibles fournit de l'énergie thermique (chaleur) qui est utilisée dans les centrales thermiques à flamme appelées aussi centrales à flamme ou centrales thermiques classiques. L'énergie nucléaire utilise la fission de l'uranium, dont le minerai radioactif est contenu dans le sous-sol de la Terre. Elle permet de produire de l'électricité, dans les centrales thermiques nucléaires, appelées centrales électronucléaires, grâce à la chaleur dégagée par la fission d'atomes d'uranium. Les réserves de combustibles sont limitées et s'épuisent. Les énergies non renouvelables sont polluantes. Les centrales qui utilisent ces sources d'énergies produisent des gaz à effet de serre, en particulier d'énormes quantités de dioxyde de carbone CO₂.

I.1.2- Les énergies renouvelables

Les énergies renouvelables proviennent de ressources que la nature renouvelle sans cesse. Elles sont inépuisables à notre échelle par opposition aux énergies non renouvelables dont les réserves s'épuisent.

- L'énergie solaire** : Le Soleil chauffe naturellement, on peut capter cette chaleur. Des photopiles, transforment le rayonnement en électricité.
- L'énergie éolienne** : L'énergie du vent peut être captée avec une voile. Aujourd'hui, le vent est exploité par des éoliennes qui fournissent un travail (pour pomper de l'eau, faire tourner une meule...etc.), ou qui fournissent de l'électricité.
- L'énergie hydraulique** : L'énergie hydraulique utilise l'énergie des chutes, des cours d'eau, voire des marées, pour transformer la force motrice en électricité.
- La géothermie** : L'énergie géothermique désigne l'énergie provenant de la chaleur contenue dans la croûte terrestre et dans les couches superficielles de la terre.
- La biomasse** : Dans le domaine de l'énergie, et plus particulièrement des bioénergies, le terme de biomasse désigne l'ensemble des matières organiques d'origine végétale.

Les énergies renouvelables sont non polluantes. Elles proviennent de deux grandes sources naturelles: le Soleil (à l'origine du cycle de l'eau, des marées, du vent et de la croissance des végétaux) et la Terre (qui dégage de la chaleur). Surnommées "énergies propres" ou "énergies vertes", leur exploitation engendre très peu de déchets et d'émissions polluantes mais leur pouvoir énergétique est beaucoup plus faible que celui des énergies non renouvelables. Ce qui suit une présentation des différents processus de production d'énergie électrique à partir des énergies renouvelables ou non.

- L'énergie peut prendre différentes formes (Figure I.1.a et I.1.b).

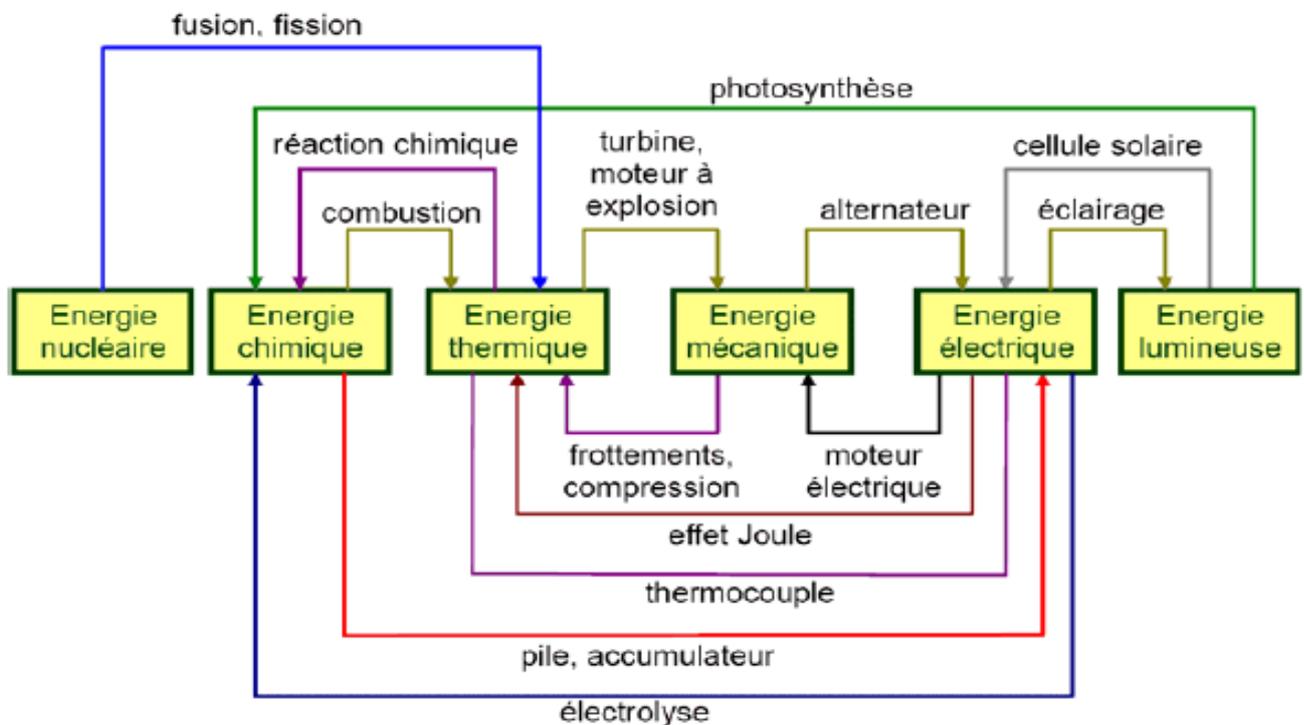


Figure I.1.a : Principe de la conservation de l'énergie.

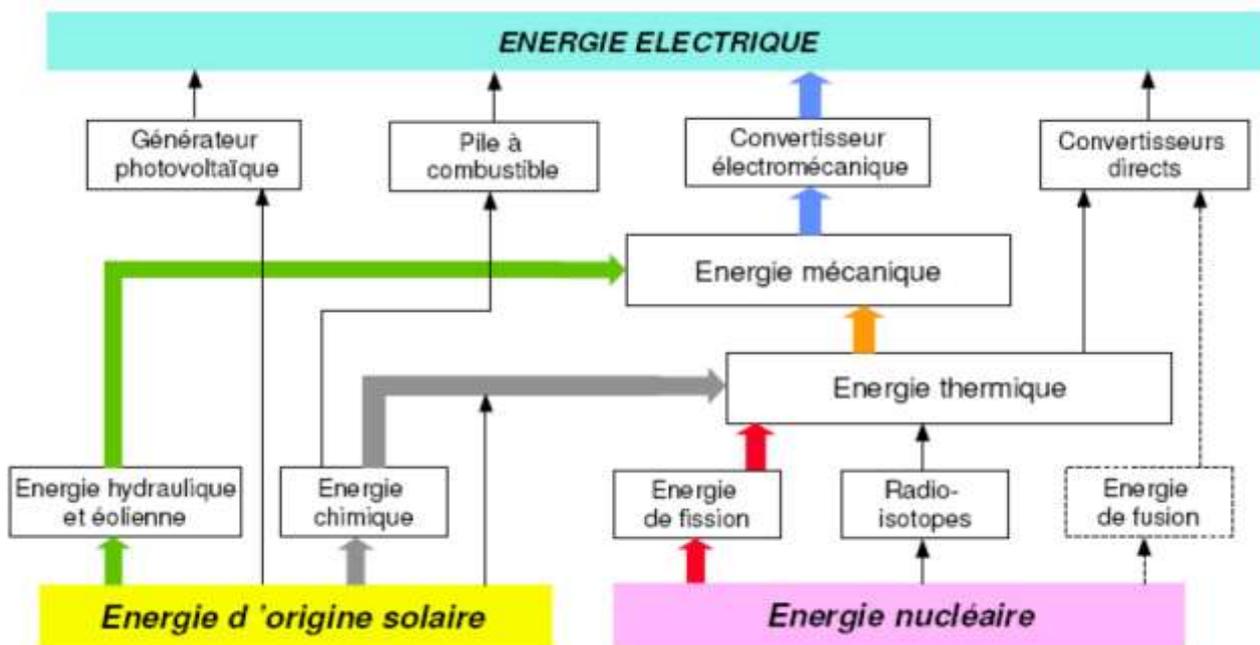


Figure I.1.b : Filières de production de l'énergie électrique.

- **Radio-isotope** : (définition et explications). Les **radio-isotopes**, radionucléides ou radioéléments, contraction de radioactivité et d'isotope, sont des atomes dont le noyau est instable. Cette instabilité peut être due soit à un excès de protons ou de neutrons, soit à un excès des deux.
 - Dans un système donné, l'énergie totale reste constante.
 - La conversion d'une forme en une autre est réalisée par différents processus naturels ou artificiels.
 - Tous les processus de conversion d'énergie ont un rendement limité : c.-à-d. seule une partie de l'énergie fournie et convertie en énergie utile. La différence étant dissipée sous forme de chaleur, (énergie thermique).
 - **Pour produire de l'électricité, il faut transformer une source d'énergie fournie par la nature.**
 - Cette opération peut être réalisée par différents moyens de production, en fonction :
 - des quantités produites et
 - du mode de production et de consommation énergétique actuel.
 - On tend vers des solutions avec bas carbone, pour lutter contre les changements climatiques.
 - L'électricité représente une forme intermédiaire d'énergie très intéressante par : sa facilité de transport et de distribution à tous les niveaux.
 - Elle est produite totalement dans différentes centrales (thermiques, nucléaires, hydrauliques, éoliennes, solaires, géothermiques, à cycles combinés ...etc.)
 - La production est :
 - soit industrielle en grande quantités (**production centralisée**)
 - soit individuelle en faibles quantités (**production décentralisée**).

a) Productions industrielles (Grandes centrales de base):

Dans ce cas la production est **centralisée** et en grandes quantités par différentes centrales électriques utilisant différentes sources d'énergie primaires (fossiles, fissiles et renouvelables) et alimentent les consommateurs en utilisant les réseaux de transport et de distribution.

b) Productions individuelles (Petites et micro centrales secondaires):

Dans ce cas la production est **décentralisée** c.-à-d. directement au niveau des consommateurs et en petites quantités par des équipements utilisant des sources d'énergies renouvelables, pour une autoconsommation immédiate.

Pour répondre à la demande en électricité des différents consommateurs (particuliers, industriels, tertiaires, collectivités) répartis sur l'ensemble du territoire, il faut utiliser des moyens de production industriels permettant de produire de l'électricité en grandes quantités.

Mais les moyens actuels sont limités par des contraintes technologiques (Température, poids, matériaux,....etc.).

Cette opération est réalisée dans des centrales électriques par la mise en rotation, grâce à la force

- 1) de la vapeur d'eau,
- 2) de l'eau, ou
- 3) du vent,

Comme l'électricité ne se stocke pas, sa production est le résultat d'une combinaison des différents moyens de production complémentaires ayant chacun un rôle dans la courbe de consommation.

Différents types de centrales sont exploitées en fonction de l'énergie utilisée :

- .1- Thermiques :** L'électricité est produite à partir de *sources d'énergies fossiles* (éléments combustibles contenus dans le sous-sol en abondance : le charbon, le fioul (issu du pétrole), le gaz, l'uraniumetc.).
 - **Le combustible fossile :** *peut être stocké dans des dépôts sédimentaires (Dépôt formé par la précipitation) ;*
- .2- Nucléaire :** L'électricité est produite à partir d'une *source d'énergie fissile* : l'uranium (minerai contenu dans le sous-sol de la Terre).
 - **Le combustible fissile :** *substance qui se fragmente facilement (on peut séparer ses atomes pour libérer de l'énergie et de la chaleur.)*
- .3- Renouvelables :** L'électricité est produite à partir de *sources d'énergies renouvelables*, que la nature renouvelle en permanence : le soleil, l'eau, le vent, la chaleur du sous-sol, les matières organiques (bois, déchets, ...) et les énergies marines.

I.2- Puissance appelée d'un réseau :

La puissance appelée d'un réseau est égale à la somme des puissances installées des différents utilisateurs (industriels et résidentiels) ajoutée aux différentes pertes (transport, distributions (BTA et BTB)).

$$P_{apl} = \sum P_{n-i} + \text{Pertes}$$

Avec : $P_{n-i} = P_{\text{Utilisateurs}}$ (Tous les utilisateurs : industriels et domestiques)

$$\text{Pertes} = \Delta P = P_{\text{Transport}} + P_{\text{Distributions}}$$

I.3- Variation de la demande d'énergie :

La puissance demandée par l'ensemble des clients d'un réseau subit de grandes variations selon l'heure de la journée et/ou selon les saisons, les annéesetc.

Le graphique de la figure I.2 montre ces variations typiques pour un réseau.

- On constate sur ce graphique que l'appel de puissance maximale pendant l'hiver (15 GW) peut être plus du double de l'appel de puissance minimale en été (6 GW).
- Les variations de la demande sont surtout fonction :
 - Des heures de la journée : minimum à [4-6] h, Maximum [8-10 ; 10-11] h.
 - Des jours de la semaine : vendredi, samedi et mardi.
 - Des saisons : Maximum en hiver (Janvier), minimum en été (Août).

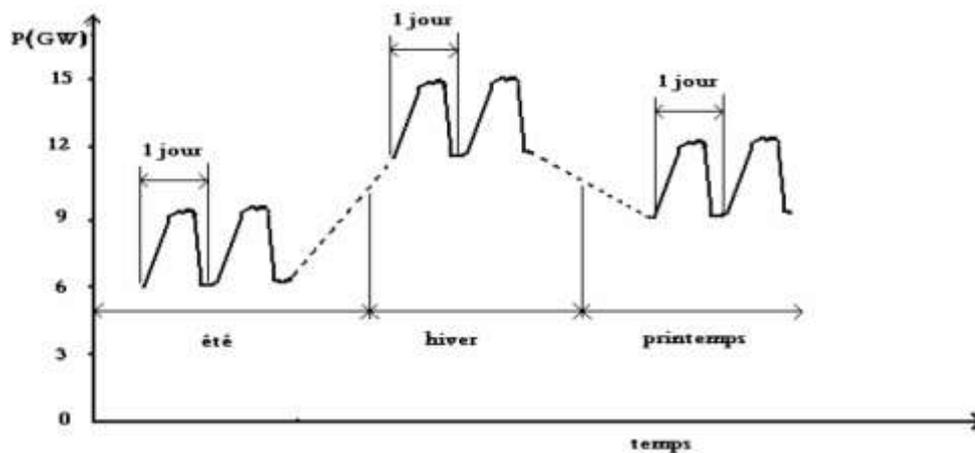
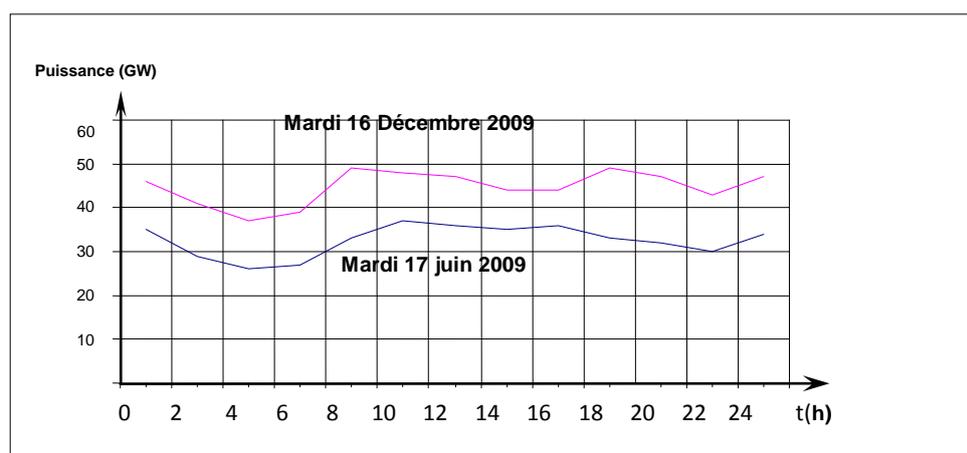


Figure I.2 : Variations de l'appel de puissance durant une année.

- Sur la figure I.3 on a, pour le même réseau, la variation horaire de l'appel de puissance pour une journée d'hiver et pour une journée d'été.
- On remarque dans ici que :
 - La **pointe de 15GW** en hiver se produit vers 17h, car c'est en ce moment que les lumières sont allumés dans tous les foyers et que plusieurs usines sont encore en marche.
 - Par contre, le **creux de la demande** arrive aux petites heures du matin.



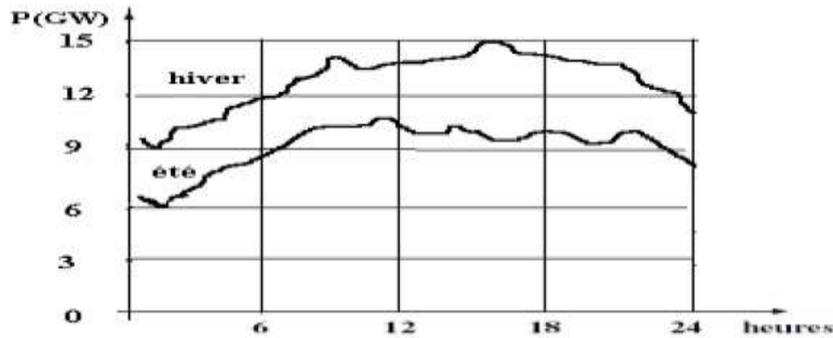


Figure I.3 : Variations de l'appel de puissance durant une journée.
Maximum (16-17 ; 11-12) h ; minimum (2-3) h.

Si on ramène les appels de puissance journaliers à une base annuelle (8760 h), on obtient le graphique de la figure I.4.

Par exemple, cette figure indique :

- qu'un appel de puissance de 9 GW existe pendant 70 % du temps,
- tandis qu'un appel de 12 GW ne se produit que 15 % du temps.

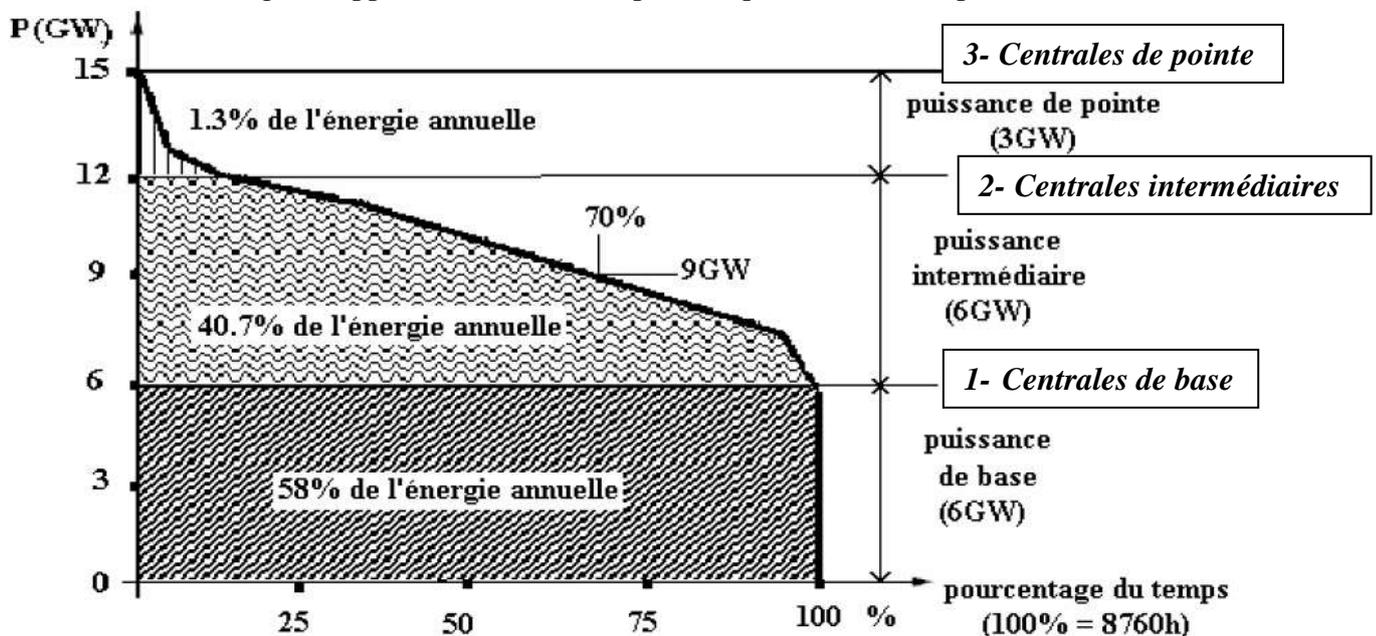


Figure I.4 : Appel de puissance en fonction de son temps d'utilisation annuel.

- On remarque que :
 - une **puissance de base = 6 GW** est requise tout le temps 24/24,
 - une **puissance intermédiaire = 6 GW** est requise pendant au moins 15 % du temps et
 - une **puissance de pointe = 3 GW** n'est requise que pendant une courte période.

Ces variations de l'appel de puissance obligent les compagnies de production d'électricité à prévoir **trois classes de centrales de génération** :

- 1) **Les centrales de base** de grande puissance qui débitent leur pleine capacité en tout temps. Les centrales nucléaires sont particulièrement utilisées dans ce cas.
- 2) **Les centrales intermédiaires** de puissance moyenne qui réagissent rapidement aux variations de la demande. C'est le cas des centrales hydrauliques dont le débit est facilement contrôlable.
- 3) **Les centrales de pointe** de puissance moyenne qui ne débitent leur pleine capacité que pendant de courtes périodes.

I.4- Ajustement de la production à la consommation (dispatching) :

L'utilisation des moyens de production est directement lié au coût du kilowattheure (kWh) produit et à la disponibilité de l'énergie, donc on utilise dans l'ordre :

- **Les centrales hydrauliques au fil de l'eau** : Utilisation optimale de l'énergie, ces centrales n'ont pas de réserve.
- **Les centrales thermiques nucléaires**, elles sont utilisées à 90% de leur capacité, prix du kWh faible, peu de souplesse pour les variations de charge. (puissance presque constante)
- **Les centrales hydrauliques de montagnes** selon leur disponibilité en réserve d'eau.
- **Les centrales de pompage** et
- **les turbines à gaz.**

Rq. : Les centrales thermiques classiques, les centrales hydrauliques et les turbines à gaz sont surtout utilisées aux heures de pointes. (figure I.5).

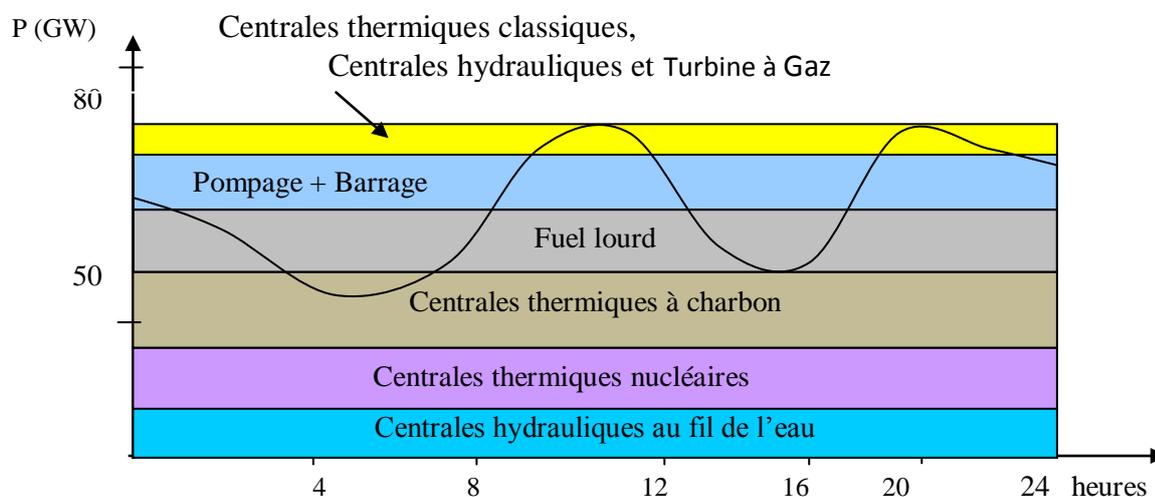


Figure I.5 : utilisation des centrales pour l'ajustement de production.

Comme le montre la figure I.5, il est nécessaire d'ajuster en permanence la production d'énergie électrique pour qu'elle corresponde à la demande. Une surproduction ou une sousproduction peut conduire à un effondrement du système électrique et donc à une absence d'énergie électrique.

Les centrales de pointe doivent être mises en marche dans un délai très court ; elles utilisent des moteurs diesel, des turbines à gaz, des moteurs à air comprimé ou des turbines hydrauliques à réserve pompée.

On note que la période d'amorçage (démarrage) est de quatre à huit heures pour les centrales thermiques et de quelques jours pour les centrales nucléaires. Il n'est donc pas économique d'utiliser ces centrales pour fournir la puissance de pointe.

Pour des considérations énergétiques, la figure I.5 montre que :

- les centrales de base de 6 GW fournissent 58% de l'énergie annuelle du réseau.
- Par contre, les centrales de pointe de 3 GW donnent seulement 1.3% de l'énergie totale.

L'énergie produite par les centrales de pointe coûte donc beaucoup plus cher que celle des centrales de base, c'est pourquoi les compagnies d'électricité encouragent les usagers à limiter leur charge de pointe.

Étant donné les diverses propriétés de ses sources d'énergie, elles sont interconnectées.

Le nucléaire ayant un faible coût mais une faible possibilité de modulation (variation rapide de la puissance fournie), il sera utilisé pour fournir une puissance correspondant à la puissance moyenne demandée sur le réseau électrique. Les centrales hydrauliques et thermiques permettront d'ajuster plus finement la puissance disponible sur le réseau pour qu'elle corresponde à la demande des consommateurs. La gestion des ressources électriques et du réseau électrique s'appellent le **dispatching**. Il se base sur des prévisions de la consommation. De minuit à 4 heures du matin la consommation est plus faible. La consommation électrique en hiver est différente de la consommation estivale (ou hivernale) ...

L'interconnexion du réseau sur un vaste territoire permet de moyenniser la demande en électricité sur tout le territoire et donc d'éviter de forts pics de consommation dans la demande d'électricité (passage jour-nuit, ...). Elle garantit également la continuité de l'alimentation. Un autre outil a également été développé pour réduire les variations de la demande d'énergie : la tarification heure creuse heure pleine.

I.1- Les dispatchings :

Ce sont des centres de coordination et d'exploitation. Les mouvements d'énergie sont réglés 24h/24h (7j/7j) par un centre national de coordination installé à Alger et par d'autres centres régionaux (Est, Ouest, Nord et Sud). Ils assurent les fonctions suivantes :

- Établissement des programmes de production des centrales.
- Contrôle des échanges avec les autres fournisseurs d'énergie (s'ils existent).
- Surveillance et commandement de fonctionnement du réseau dans les limites géographiques de leur responsabilité.
- Transmission des informations de démarrage ou d'arrêt des centrales.
- Gestion d'un certain nombre d'usines hydrauliques.

Les dispatchings travaillent sur des prévisions annuelles, hebdomadaires et journalières. Ils établissent, à partir des consommations de l'année précédente, la courbe des charges prévisionnelles, heure par heure, pour le lendemain.

Cette gestion d'énergie est effectuée par un ordinateur central qui communique avec des terminaux régionaux afin d'optimiser en permanence l'exploitation du réseau national.



Figure I.6 : Vue générale d'une salle de dispatching

Conclusion :

Les principales fonctions du dispatching sont d'assurer :

- l'équilibre entre la production et la consommation d'électricité à l'échelle du territoire national et de compenser les déséquilibres intra, interrégionaux et internationaux,
- le secours mutuel entre pays interconnectés dès que l'un deux enregistre un déficit de production ou une consommation accrue, afin de limiter les risques de panne électrique généralisée,
- les échanges d'énergie sur l'ensemble du territoire national et avec les pays voisins dans le cadre du marché méditerranéen de l'électricité.

(à suivrep 10/29)