

Conduite des réseaux électriques

I. Introduction

Les « systèmes électriques », c'est-à-dire les **ensembles interconnectés production-transport-consommation**, sont d'immenses machines distribuées, couvrant parfois des zones à l'échelle de continents. Ils sont régis par des lois physiques qui rendent leur conduite complexe et délicate, car leur bon fonctionnement repose sur des équilibres de chaque instant, qui ne sont jamais acquis, et sur le respect d'innombrables contraintes techniques évoluant au cours du temps

La production d'électricité, c'est l'opération de conversion énergétique proprement dite, dont le résultat est une "électricité en gros", disponibles aux bornes des centrales.

Les opérations de transport et de distribution réalisent l'acheminement de l'électricité produite au niveau des centrales de production vers les zones de répartition et les lieux de consommation, suivant le conditionnement (la tension) le plus adapté aux souhaits de la clientèle.

Un réseau d'énergie électrique est aujourd'hui un ensemble de circuit complexe interconnecté comme le montre le schéma principe de la figure suivante :

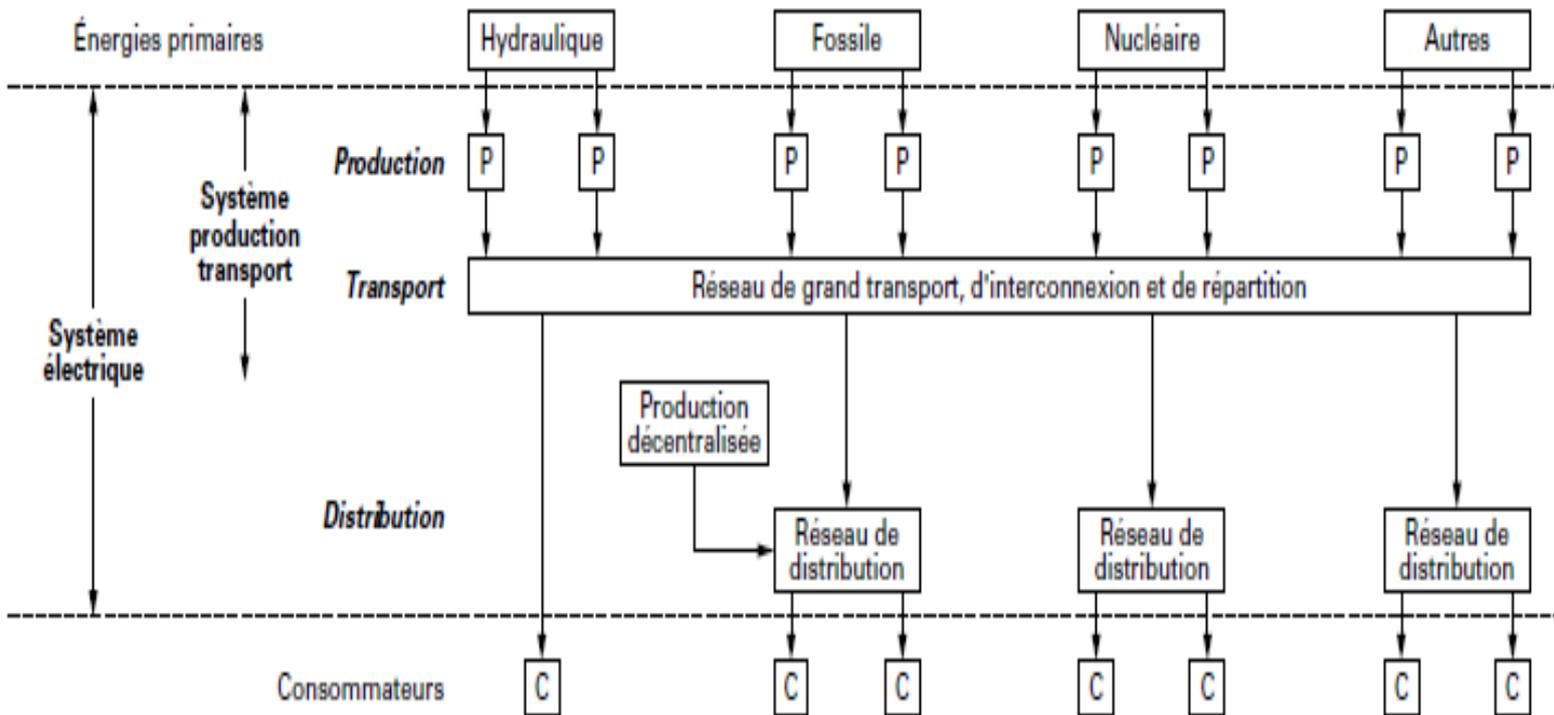


Figure 1 – Schéma de principe d'un système électrique

Le réseau électrique peut être subdivisé en quatre parties essentielles :

La production ; le transport ; la distribution ; les charges.

I.2- Les chemins de l'électricité

L'électricité ne se stocke pas. Pourtant, elle est toujours disponible en temps réel, en toute saison et à tout moment de la journée. Une fois produite, elle emprunte un réseau de lignes aériennes et souterraines que l'on peut comparer au réseau routier, avec ses autoroutes et ses voies nationales (lignes à très haute et haute tension du réseau de transport), ses voies secondaires (lignes moyenne et basse tension des réseaux de distribution) et ses échangeurs (postes électriques).

I-2-1 La production d'électricité

L'énergie électrique est produite par un générateur à courant alternatif appelé alternateur. Pour produire de l'énergie électrique l'alternateur a besoin d'énergie mécanique, laquelle est produite par une turbine.

L'ensemble des éléments qui participent pour produire de l'énergie mécanique forment une centrale.



L'Algérie a développé, durant les années 70 et 80, une stratégie de diversification de moyens de production en premier lieu en installant des centrales à vapeur sur les côtes, au bord de la mer à l'Est, au Centre et à l'Ouest, en vue de répondre aux besoins croissant de la consommation en énergie électrique, (et de réaliser le Plan National de l'Electrification) et en deuxième lieu en installant des centrales à turbine à gaz dans plusieurs points à l'intérieur du pays plus près des centres de consommation et notamment dans le grand sud.

I-2.1.1 Centrale diesel

La centrale diesel est une centrale très limitée en puissance électrique d'où le nom de microcentrale. Elle a pour rôle d'alimenter un réseau électrique autonome (une agglomération, une usine,...etc.). Le principe de fonctionnement de cette centrale est basé sur un moteur diesel entraînant un alternateur d'une puissance allant en moyenne jusqu'à 5 MW

I-2.1.2 Centrale hydraulique

Elles utilisent l'énergie potentielle que peut fournir une masse d'eau tombant d'une certaine hauteur en passant dans une turbine donc :

L'Énergie CINÉTIQUE de la masse d'eau se transforme en **Énergie MÉCANIQUE** par la turbine Et se transforme en **Énergie ÉLECTRIQUE** par l'alternateur

La roue hydraulique est le plus ancien producteur d'énergie MECANIQUE, pendant longtemps, elle fût même le seul car la transformation de l'énergie thermique en énergie mécanique n'apparaît qu'en 19ème siècle ; Le type de centrales (Lac, fil de l'eau, ..) dépend de la hauteur de chute d'eau.

La même puissance est obtenue avec une haute chute d'eau et un faible débit, ou avec une basse chute d'eau et un grand débit.

L'insuffisance de sources d'eau (et de pluviométrie) en Algérie n'a pas permis de développer ce types de centrales.

✓ **Utilisation des centrales hydrauliques dans le système électrique :**

La turbine hydraulique est une machine particulièrement robuste, et d'un rendement exceptionnellement élevé, elle ne nécessite qu'un entretien MINIMUM, et se prête à une régulation très souple, et très rapide. Contrairement aux machines thermiques qui ne tolèrent que peu de variations rapides. (entre le minimum technique et le maximum).

Dans les conditions d'exploitation, les centrales de Darguinah et de **Mansouriah (Kherrata)** ont été utilisées notamment pour :

- Maintenir un plan de tension acceptable dans la région
- Réduire les transits importants sur certaines artères selon le sens de transit, soit sur Msila – El Hassi ... ou Alger Est - Si Mustapha
- Appoints pour couvrir les pointes ou compenser un déficit

I-2.1.3 Centrale à gaz

Les TG sont des machines motrices comportant :

- Des compresseurs
- Des chambres de combustion
- Des turbines de détente.

Reliés entre eux par un arbre, et entraînant Un alternateur, Le rôle principal des TG est de convertir **L'Energie CALORIFIQUE** (Produite dans les chambres de combustion) En **Energie MECANIQUE** (par la turbine), Qui sera à son tour retransformée en **Energie ELECTRIQUE**, (par l'alternateur)

La turbine étant sur le même arbre que le compresseur d'entrée, et couplée à l'alternateur ;

Le travail moteur fournit à l'arbre va donc être utilisé pour : le compresseur d'une part, Et produire un couple moteur à l'arbre de l'alternateur d'autre part.

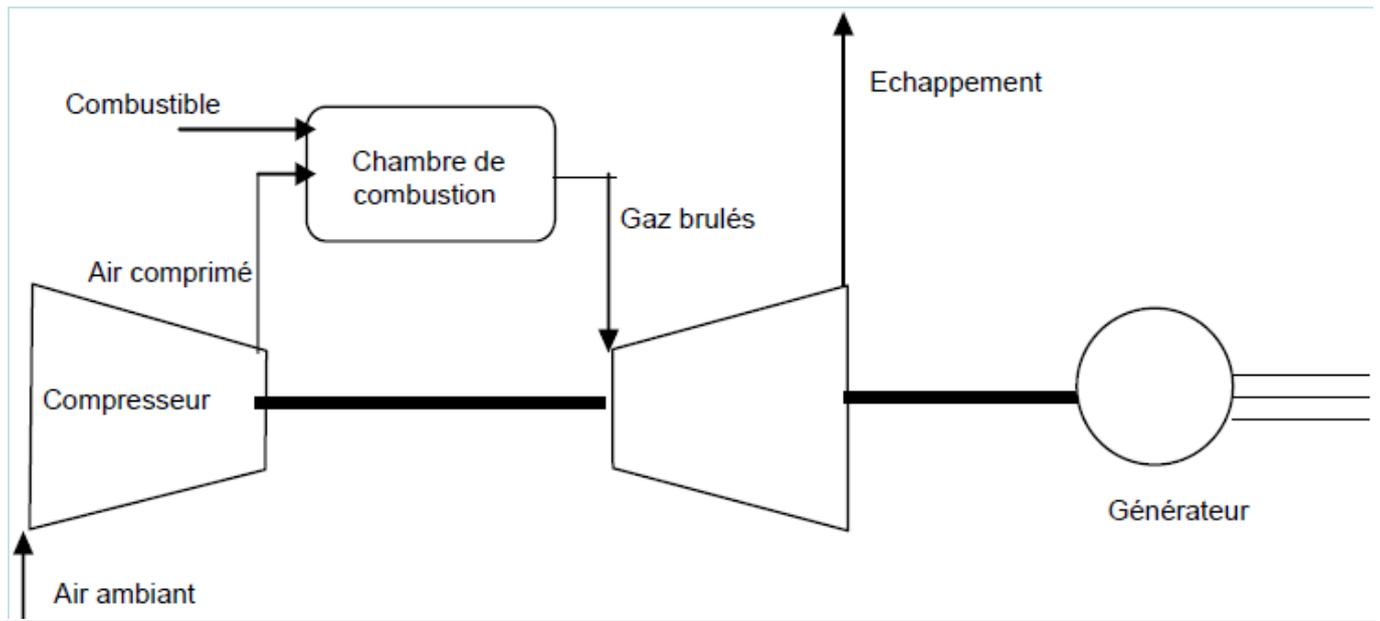


Figure.2. Centrale à gaz

✓ Utilisation des TG dans le système électrique :

Ces centrales sont en principe, conçues pour satisfaire les pointes de consommation, Puisque il était évident qu'on ne pourrait pas installer des groupes de grosses puissances ($P_{max} = 250MW$) pour satisfaire uniquement des consommations d'énergie de pointe ! Leur marche serait insuffisante eu égard à l'importance des investissements nécessaires. De plus certaines demandes peuvent être très localisées, il n'est pas intéressant de faire venir de l'énergie de loin, compte tenu des frais de transport d'énergie, il était préférable d'avoir à proximité de points de consommation des installations de faibles puissances à démarrer en cas de besoin rapidement ;(impossibilité d'installer des TV dans les hauts plateaux).

Les conditions d'exploitation du réseau algérien et notamment, lors des déficits en moyens de production, enregistrés durant les années 1980 à 1983, la disponibilité des ressources naturelles de combustion (gaz) et la croissance de la demande durant la même période, ont contribué à l'utilisation davantage des centrales TG notamment celle de la centrale de MSILA en base de la courbe de charge journalière et en même temps comme centrales de pointe et ceci grâce notamment à ces **avantages** suivants :

- leur démarrage, et montée de charge rapides
- Leur installation dans les régions les plus éloignées et plus proches des points de consommation (Msila, Biskra, Hassi Méssaoud, Hassi Rmel,
- Exploitation et Conduite très simple, et leur sécurité de fonctionnement autorisant la télécommande

Par contre, il faut signaler les **inconvénients suivants** :

- Rendement faible (par rapport aux autres centrales), avec une consommation spécifique élevée. (elles sont utilisées en cycle combiné)
- Puissance varie beaucoup avec la variation de température de l'air d'admission,

Le niveau de bruits est relativement élevé (il faut des investissements supplémentaires pour ramener à un niveau acceptable).

I-2.1.4 Centrale à vapeur

Les centrales thermiques vapeur ont pour rôle de produire de l'énergie électrique à partir de l'énergie calorifique dégagée par un combustible (gaz, charbon, etc..)

Celle-ci est réalisée par un générateur de vapeur (**CHAUDIÈRE**).

Il permet de transformer l'eau en vapeur et de la surchauffer pour quelle atteigne une température et une haute pression.(de **565°** et **163 bars**). Cette vapeur surchauffée se détend ensuite dans le corps **H.P** de la **turbine**, elle revient dans la chaudière pour être resurchauffée et elle est envoyée pour se détendre dans les corps **M.P** et **B.P** de la turbine.

Pendant ces détente successives **L'ÉNERGIE COLORIFIQUE** se transforme en **ÉNERGIE MÉCANIQUE** A la sortie du corps **B.P**, la vapeur passe dans le **CONDENSEUR** ; Qui est refroidie, et l'eau retourne à l'état liquide.

Un poste de réchauffage de l'eau condensée, le poste d'eau (composé d'un certain nombre d'échangeurs ou de réchauffeurs) alimenté en énergie calorifique de réchauffage par de la vapeur prélevé par soutirage sur la turbine, permet de réchauffer l'eau avant de la envoyer dans la chaudière à l'aide des **Pompes alimentaires**

Le cycle se reproduit indéfiniment puisque la vapeur et l'eau circulent dans un circuit fermé (il y a des pertes compensées par des appoints).

L'énergie mécanique, disponible sur l'arbre de la turbine se transforme En **ÉNERGIE ÉLECTRIQUE** produite par l'**alternateur**. Cet alternateur alimente un transformateur de puissance qui est raccordé au réseau de transport.

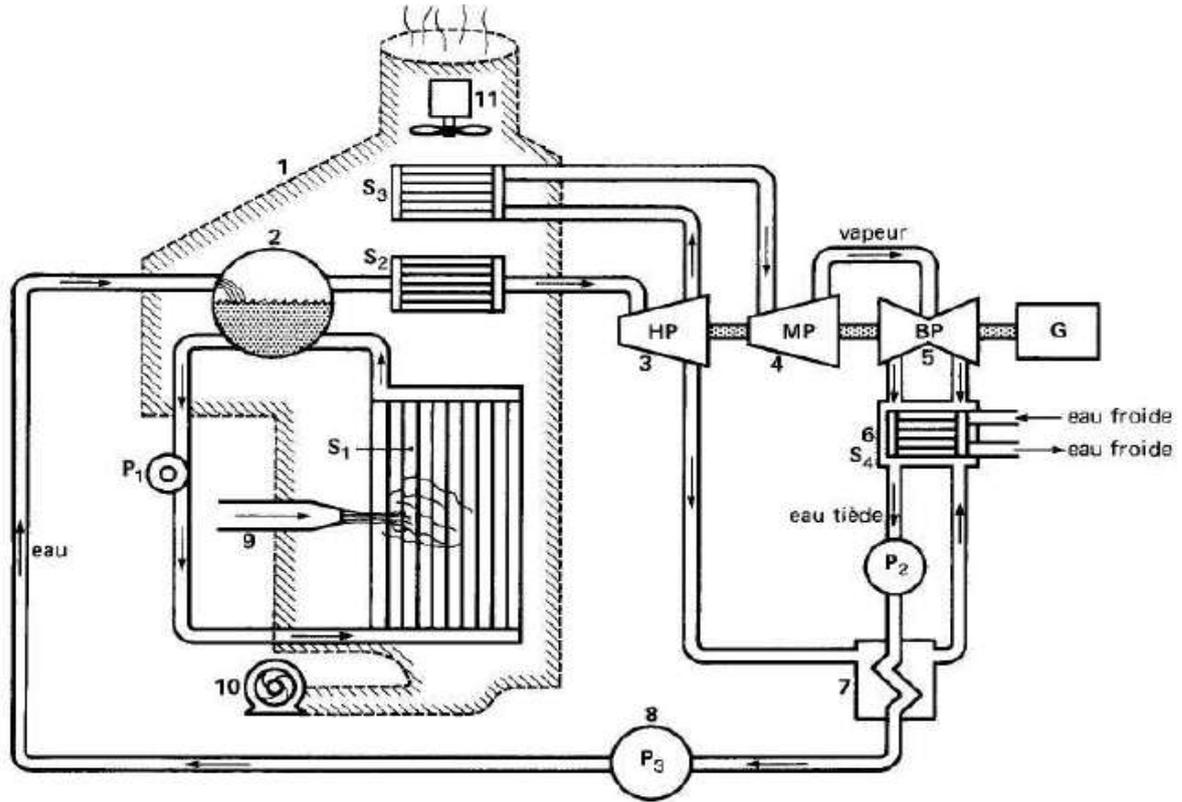


Figure.3. Centrale thermique

✓ **Utilisation des centrales thermiques dans le système électrique:**

- Les centrales thermiques jouent un rôle d'usine de production de BASE, elles fournissent le maximum de leur puissance ;
- Certains groupes thermiques jouent un rôle de REGULATEUR afin d'adapter la production d'énergie à la variation de la demande (charge), (La charge peut varier dans des marges importantes).
- Dans certains cas, ces centrales peuvent fonctionner en réserves tournantes, et les groupes fournissent des charges minimales, ou (inférieures à leurs puissances maximales) compatible avec les exigences techniques.
- Ces réserves de ces centrales peuvent être utilisées aussi en instantané pour remédier aux défaillances du réseau de transport et pour prendre très rapidement une charge importante (voir courbe de prise de charge).
- Ces centrales participent au réglage de la tension du réseau en fournissant de la puissance réactive ou en absorbant des quantités relativement importantes de puissance réactive pour maintenir la tension dans les marges exigées.

- Le prix de l'installation par kW et le rendement d'un groupe sont d'autant plus favorables que sa puissance est plus grande. Les paliers techniques successifs furent installés en Algérie: 62MW (Alger Port, Ravin blanc, et Annaba) en 1960; 137MW(Skikda) en 1974, 176MW à Marsat en 1982 et 200MW à Jijel , et à l'étranger des paliers beaucoup plus élevés : 600MW , (des paliers de 1200MW en groupes nucléaires).

Quelques inconvénients :

Parmi ces inconvénients dans l'exploitation de ces centrales les plus contraignantes nous citons :

- leurs démarrages très longs, notamment après des arrêts longs (à froid) et leurs conditions d'exploitation relativement difficiles.
- Leurs entretiens très onéreux et très longs,
- Nécessitent des sources d'eau importantes et en continue,

I-2.1.5 Centrale à cycle combiné et cogénération

La cogénération est un système qui permet de produire simultanément et dans la même installation de l'énergie thermique (chaleur) et de l'énergie électrique.

Un cycle combiné est une association de deux cycles.

Le plus souvent, il s'agit d'un cycle de turbine à gaz et d'un cycle de turbine à vapeur.

I-2.2. Le transport d'électricité :

Après sa production, l'énergie électrique est transportée parfois sur de très longues distances. pour limiter la perte d'énergie par effet joule (dégagement de chaleur a cause de la résistance des fils) il est préférable de faire circuler l'électricité sous forte tension et faible intensité on fait alors passer la tension de 20 kv, qui est la tension de sortie a la centrale, a 400 kv grâce a un transformateur a l'arrivée dans nos villes, elle est de nouveau transformée en basse tension, c'est-a-dire 230 v, toujours a l'aide d'un transformateur

Les réseaux d'électricité ont été conçus dans le but de veiller à :

- la fiabilité de la fourniture de l'énergie électrique. Les réseaux relient entre elles toutes les unités de production et visent à assurer une fonction de secours en cas de pannes et/ou de défaillances.
- L'optimalisation de la disponibilité de l'énergie électrique aux consommateurs, ainsi les réseaux permettent d'acheminer l'énergie produite par des sources délocalisées vers les points de consommation ; visent à assurer l'acheminement de l'énergie produite en masse à un endroit défini par des machines raccordées en grande partie aux niveaux de tension supérieurs vers des consommateurs en général disséminés sur un territoire donné et

Raccordés à des niveaux de tension inférieurs.

- Le but premier d'un réseau d'énergie est de pouvoir alimenter la demande des consommateurs.

Comme on ne peut encore stocker économiquement et en grande quantité l'énergie électrique il faut pouvoir maintenir en permanence l'égalité : **Production = Consommation + pertes**

C'est le problème de la **CONDUITE** du réseau.

La qualité du service est un souci majeur de l'exploitant : maintien de la tension et de la fréquence dans les plages contractuelles (problème de **REGLAGE** du réseau), prise en compte du couplage dynamique entre production et consommation via le réseau

I-2.3. La distribution de l'électricité

Le domaine des réseaux publics de distribution se situe entre :

-les **postes sources** qui reçoivent l'énergie en haute tension supérieure à 50 kV (haute tension niveau B ou HTB), la transforment et l'envoient en haute tension, comprise entre 1 kV et 50 kV (haute tension niveau A ou HTA) ;

- les **points de livraison privés** avec les postes HTA/BTA, pour une entreprise, ou les branchements en basse tension, comprise entre 50 et 500 V (basse tension niveau A ou BTA), pour un particulier qui reçoit l'énergie sur son branchement.

La figure-9 représente le schéma général d'un réseau d'énergie, des sources au client.

Les **postes HTB/HTA** sont parfois alimentés en antenne mais le plus souvent avec un jeu de barres recevant plusieurs arrivées HTB. Un ou plusieurs **transformateurs HTB/HTA** sont raccordés sur ce jeu de barres HTB, simple ou multiple.

Un ou plusieurs **jeux de barres HTA** sont à l'aval de ces transformateurs.

Des **départs HTA** sont raccordés sur ces jeux de barres :

-soit en câbles souterrains, quasiment toujours bouclables, mais exploités ouverts en un point sur la boucle ;

-soit en lignes aériennes parfois encore en antenne, mais de plus en plus souvent bouclables, elles aussi.

Le long de ces liaisons HTA, on trouve :

- sur les câbles souterrains, des **postes de transformation maçonnés HTA/BTA**, raccordés généralement en coupure d'artère, parfois en double dérivation ;

-sur les lignes aériennes, des **postes de transformation simplifiés HTA/BTA**, raccordés par des piquages en antenne alimentant soit, le plus souvent, des postes aériens sur poteau, soit des postes sous abri dits *bas de poteau*.

À l'aval de ces transformateurs HTA/BTA, ce sont les **réseaux BTA** qui ne sont pas en général bouclables, sauf quelques réseaux urbains de type particulier où les conducteurs sont bouclés et refermés entre postes HTA/BTA.