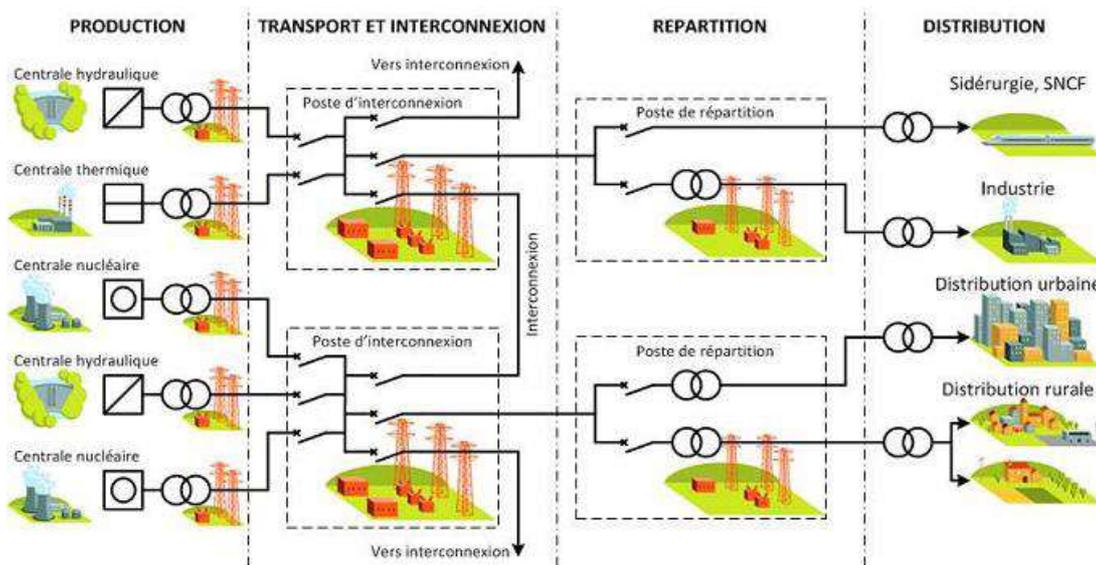


## Partie III : Notions de base sur le transport d'énergie

### Généralités sur les Réseaux Electriques



Organisation d'un réseau électrique

### 1. Introduction

L'électricité est la forme la plus noble de l'énergie, car elle peut:

- Se transformer facilement avec un excellent rendement en n'importe quelle forme d'énergie.
- Etre obtenue de n'importe quelle autre forme d'énergie quoique que le rendement de production ne soit pas toujours excellent.
- Etre transformée et transportée à n'importe quelle distance par les lignes de transport.

Malheureusement elle présente l'inconvénient d'être la plus périssable de toutes les dérivées; elle doit être utilisée aussi au moment où on la produit puisqu'il est impossible de la stocker en grande quantité.

---

Donc l'énergie électrique doit être immédiatement **transportée** de l'usine productrice vers les centres de consommation et c'est là qu'intervient le rôle important des **réseaux électriques**.

Les différentes étapes de l'alimentation électrique sont :

1) **La production** : La production sert à produire l'énergie électrique grâce à des centrales électriques, La tension la plus courante fournie par les alternateurs des centrales est 20 kV.

2) **Le réseau de grand transport** :

La puissance électrique produite est injectée dans le réseau de transport à travers des postes de transformation pour être transmise sous haute ou très haute tension afin de réduire les pertes dans les lignes. Le niveau de la tension de transport varie selon les distances et les puissances transportées, plus les distances sont grandes plus la tension doit être élevée, La tension des centrales est élevée à 225 kV pour les boucles régionales ou 400 kV pour les boucles nationales.

3) **Le réseau de répartition** :

Le réseau de répartition prend sa source dans le réseau de transport à partir des postes d'interconnexion THT/HT (MT) et sert à fournir les gros consommateurs industriels sous haute ou moyenne tension, et à répartir les puissances dans différentes régions rurales ou urbaines. Ce type de réseau utilise des typiques 60 et 150 kV.

4) **Les réseaux de distribution** : La distribution sert à alimenter les consommateurs en moyenne ou en basse tension (elle se fait entre 230 V et 20 kV), grâce à des postes de transformation MT/BT.

## 2. Les Différentes tensions

Les tensions dans le réseau électrique sont classées en trois catégories, Haute Tension (HT) Moyenne Tension (MT) et Basse Tension (BT), mais de nouveaux domaines de tension sont définis actuellement, ils sont :

	Très Basse Tension	Basse Tension		Haute Tension	
Domaines	TBT	BTA	BTB	HTA	HTB
Alternatif	$\leq 50$	$50 < U \leq 500$	$500 < U \leq 1k$	$1k < U \leq 50k$	$U > 50k$

### 3. Nature de la tension, comparaison continu / alternatif

Les tensions et les courants présents sur le réseau sont sinusoïdaux à une fréquence fixe de 50Hz (60Hz aux USA, au Canada, etc).

Les tensions sinusoïdales sont présentes à 99% sur les réseaux électriques, au dépend des tensions continues. Pour connaître les raisons de ce choix, on dresse deux tableaux d'avantages et d'inconvénients relatifs aux régimes alternatifs sinusoïdaux et continus.

#### 3.1 Courant alternatif

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>Permet l'utilisation des transformateurs pour élever et abaisser la tension.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Difficultés d'interconnexion de plusieurs réseaux (il faut avoir la même fréquence, la même tension et la même phase).</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Facilite la coupure des courants par le passage naturel par 0 deux fois par période c.à.d. 100 fois par seconde.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Implique des effets inductifs et capacitifs tout au long du réseau d'où l'existence de puissance réactive pénalisante pour le producteur.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>Production directe par alternateur.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Implique un effet de peau (concentration du courant dans la périphérie des câbles d'où la nécessité de câbles et lignes adaptés et donc plus chers.</li> </ul>

#### 3.2 Courant continu

Avantages	Inconvénients
<ul style="list-style-type: none"> <li>Pas d'effet réactif donc pas de puissance réactive pénalisante pour la production.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Difficulté de couper les courants continus, d'où des dispositifs de coupure plus performants et plus chers.</li> </ul>

▪ Facilite l'interconnexion des réseaux, il suffit d'avoir partout la même tension.	▪ Terminaisons très coûteuses.
▪ Pas d'effet de peau (les câbles et les lignes sont plus simples et moins chers.	▪ Impossibilités de produire et d'élever la tension dans les très hautes tensions d'où des pertes importantes sur les lignes.

#### 4. Raison d'utilisation d'une tension sinusoïdale

La solution la plus commode pour produire de manière industrielle de l'énergie électrique est l'entraînement d'un alternateur par une turbine, le tout en rotation autour d'un axe. De manière naturelle ces installations produisent des tensions sinusoïdales.

En sens inverse et tout aussi naturellement, ces tensions sinusoïdales permettent l'entraînement régulier d'un moteur électrique.

Cette facilité d'utilisation à la production et à l'usage dans les machines tournantes constitue les deux grands atouts de la tension sinusoïdale.

#### 5. Transport en haute tension

Le réseau électrique national s'étend sur **des milliers de kilomètres de lignes électriques**. Ces lignes sont constituées de câbles métalliques très longs qui sont des **conducteurs électriques imparfaits**. Ainsi, lorsque des courants électriques de forte intensité traversent ces câbles, une partie de l'énergie transportée est transformée **en chaleur par effet joule et donc perdue**. Afin de limiter ces pertes d'énergie, il est nécessaire de diminuer l'intensité du courant donc d'augmenter **la tension aux bornes de la ligne**.

L'énergie produite par les différents sites de production doit être acheminée sur tout le territoire. Cet acheminement est réalisé par **des lignes aériennes ou souterraines, ou des lignes sous marines**.



Lignes aériennes



Lignes souterraines



Lignes sous-marines

	Ligne aérienne	Câble (sous-terrain )
<b>Avantages</b>	Comme l'isolant est l'air, il suffit d'espacer les conducteurs pour assurer l'isolation. Entre 0,5 et 1 m.	La structure est « posée » donc le poids n'est pas un critère déterminant, on utilise le cuivre qui est plus cher à l'achat mais génère moins de pertes en ligne.
	Il n'y a pas ou peu de pertes capacitives (en raison de l'éloignement par rapport au sol) donc les portées peuvent être très grandes : jusqu'à 2,5 km ...	En étant enterrés, les câbles sont donc quasiment invisibles ce qui est un plus pour l'environnement.
<b>Inconvénients</b>	La structure est « portée » donc il faut limiter le poids de l'ensemble. L'aluminium est utilisé et non le cuivre même si les pertes sont plus élevées (une tonne pèse environ 6 t/km ...).	Les capacités réparties sur la ligne entraînent des pertes qu'il faut compenser avec des réacteurs (inductifs) tous les 30 à 35 km.
	L'isolation étant réalisée par éloignement, les ouvrages sont imposants et visibles, ce qui a une influence néfaste sur l'environnement.	Pour diminuer C on augmente la section des conducteurs donc le prix ... (En revanche cette augmentation de section => R diminue => pertes joule aussi !!)
	Les lignes aériennes sont par construction plus fragiles en raisons des agressions externes multiples : différences de température,	L'enfouissement des lignes coûte cher ... peu de lignes sont enfouies actuellement : 1,3% pour U>220 kV 0,01 % pour U>300 kV ...

---

	givre, vent, oiseaux etc ...	
--	------------------------------	--

---

## 6. Eléments constitutifs d'une ligne aérienne

### 6.1 Les conducteurs de phase

Les conducteurs sont «nus» c'est-à-dire que leur isolation électrique est assurée par l'air. La distance des conducteurs entre eux et avec le sol garantit la bonne tenue de l'isolement. Cette distance augmente avec l'augmentation du niveau de tension. On général on utilise des conducteurs en aluminium, ou en alliage aluminium – acier.

### 6.2 Les Eclateurs

L'éclateur est généralement constitué de deux électrodes, l'une reliée à l'élément à protéger et l'autre à la terre. Leur distance est généralement réglable de façon à ajuster la tension d'amorçage. Son écartement est réglé pour provoquer l'amorçage si les surtensions des réseaux sont importantes.

### 6.3 Les Pylônes

Le rôle des pylônes est de maintenir les câbles à une distance minimale de sécurité du sol et des obstacles environnants, afin d'assurer la sécurité des personnes et des installations situées aux voisinages des lignes. Le choix des pylônes se fait en fonction des lignes à réaliser, de leur environnement et des contraintes mécaniques liées au terrain et aux conditions climatiques de la zone. Leur silhouette est caractérisée par la disposition des câbles conducteurs.

#### Type des Pylônes

##### 6.3.a Pylônes nappe

C'est le pylône le plus utilisé pour les lignes de transport. Il sert aux paliers de tension allant de 110 KV à 735 KV. Ce pylône convient aux lignes qui traversent des terrains très accidentés, car il peut être assemblé facilement.



### 6.3.b Pylônes Triangle

Occupant une place réduite au sol, ce pylône est utilisé pour des paliers de tension allant de 110 KV à 315 KV. Sa hauteur varie entre 25 et 60 mètres.



### 6.3.c Pylône Double drapeaux

Courant sur le réseau 400 kV. Installé depuis les années 1960.



## 6.4 Isolateur

Les isolateurs assurent l'isolement électrique entre les câbles conducteurs et les supports. Sur le réseau de transport, les isolateurs sont utilisés en chaîne, dont la longueur augmente avec le niveau de tension.

La chaîne d'isolateurs joue également un rôle mécanique, elle doit être capable de résister aux efforts dus aux conducteurs, qui subissent les effets du vent, de la neige.

Les isolateurs ont deux fonctions principales :

- Ils empêchent le courant électrique qui circule dans les conducteurs de phase de passer dans les pylônes.
- Ils accrochent les conducteurs de phase au pylône.



*Châînes d'ancrage*



*Châînes en V*



*Châînes droite*

### 6.5 Câbles de garde

Les câbles de gardes ne conduisent pas le courant. Ils sont situés au dessus des conducteurs de phase. Ils jouent un rôle de paratonnerre au dessus de la ligne, en attirant les coups de foudre, et en évitent le foudroiement des conducteurs. Ils sont en général réalisés en acier. Au centre du câble d'acier on place parfois un câble fibre optique qui sert à la communication de l'exploitant.



## 7. Les Postes Electrique

Les postes électriques sont des éléments principaux du réseau électrique. Ils reçoivent l'énergie électrique, la transforment (en passant d'un niveau de tension à une autre) et la répartissent (en assurant la jonction des différents réseaux électriques). On y trouve un certain

---

nombre d'appareils électriques (transformateurs, disjoncteurs, sectionneurs...) qui participent au bon fonctionnement du réseau.

Il existe trois grandes catégories de postes électriques :

### 7.1 Les postes de transformation (poste source)

Les postes de transformation permettent de passer d'un niveau de tension d'entrée donné à un niveau de tension de sortie qui peut être supérieur (on parle alors de **transformateurs élévateurs**) ou inférieur (**abaisseur**).

### 7.2 Les postes d'interconnexion

Qui comprennent à cet effet un ou plusieurs points communs triphasés appelés jeu de barres, sur lesquels différents départs (lignes, transformateurs, etc.) de même tension peuvent être aiguillés.

### 7.3 Les postes mixtes

Les postes mixtes, les plus fréquents, qui assurent une fonction dans le réseau d'interconnexion et qui comportent en outre un ou plusieurs étages de transformation.

### 7.4 Les postes de distribution

Le but est d'abaisser le niveau de tension pour distribuer l'énergie électrique aux clients résidentiels ou industriels.

## 8. L'objectif des postes

Les postes électriques ont trois fonctions principales :

- le raccordement des plusieurs réseaux d'électricité.
- l'interconnexion entre les différentes lignes électriques.
- la transformation de l'énergie en différents niveaux de tension.

## 9. Les différents éléments de poste électrique

On distingue parfois les éléments d'un poste en "éléments primaires" (les équipements haute tension) et "éléments secondaires" (équipements basse tension)

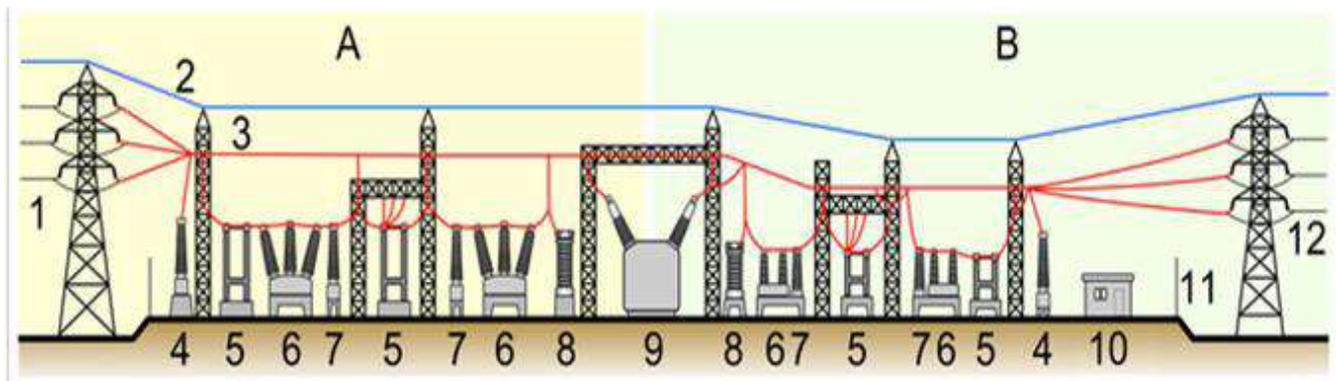
Parmi les équipements primaires, on peut citer :

- ✓ Transformateur électrique,

- ✓ Autotransformateur électrique,
- ✓ Disjoncteur à haute tension,
- ✓ Sectionneur,
- ✓ Sectionneur de mise à la terre
- ✓ Parafoudre,
- ✓ Transformateur de courant,
- ✓ Transformateur de tension,
- ✓ Combiné de mesure (courant + tension),
- ✓ jeux de barres.

Parmi les éléments secondaires on peut citer :

- ✓ relais de protection,
- ✓ équipements de surveillance,
- ✓ équipements de contrôle,
- ✓ système de téléconduite,
- ✓ équipements de télécommunication,
- ✓ comptage d'énergie.



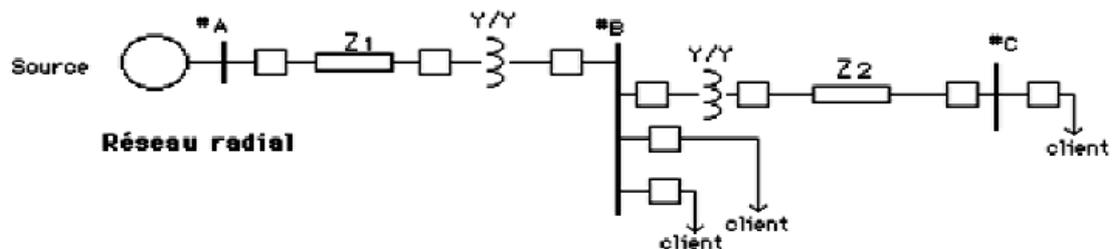
A : coté primaire B : coté secondaire  
 1. Ligne électrique 2.câble de garde 3.ligne électrique  
 4. transformateur de tension 5.sectionneur 6.disjoncteur 7. Transformateur (de puissance)  
 10. Bâtiment secondaire 11.collecteur 12.Ligne électrique secondaire

### Les différents éléments dans un poste

## 10. STRUCTURES TOPOLOGIQUES DES RESEAUX

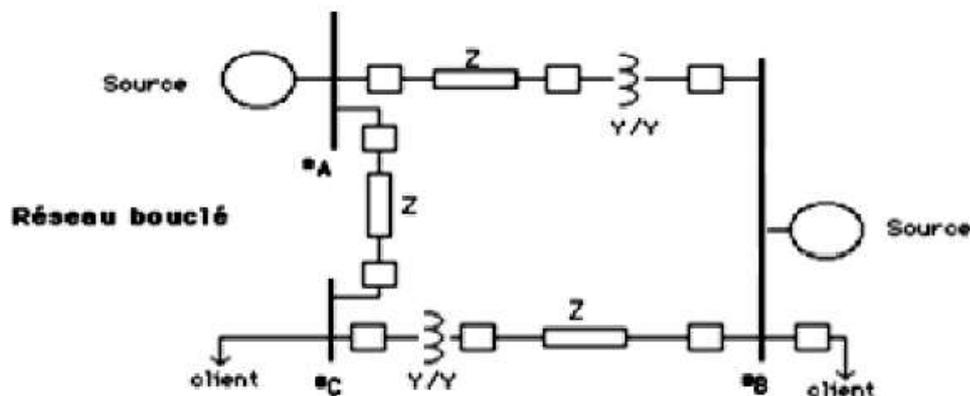
### 10.1 Réseau radial

Si l'énergie transportée par un réseau vers un client y parvient par un seul parcours, on parle de distribution radiale. (Utilisé pour le réseau rural)



### 10.2 Réseau bouclé

Si l'énergie transportée par un réseau vers un client y parvient par plusieurs parcours, on parle de distribution bouclée. (Utilisé pour les réseaux de répartition)



### 10.3 Réseau maillé

Les réseaux maillés sont des réseaux où toutes les lignes sont bouclées formant ainsi une structure analogue au maille d'un filet. Ils sont utilisés pour les réseaux de distribution à basse tension et pour les réseaux de transport.

