

Réseaux Électriques Industriels



Dr.Laouamer Mosbah

Table des matières



Objectifs	3
I - Chapitre1 :Généralité sur les Réseaux Électriques	4
1. Définition du Réseau Électrique	4
2. Nature de la tension, comparaison continu / alternatif	5
3. L'énergie électrique	7
4. Réseaux électriques	7
5. Définition de la normalisation	11
6. Les architectures des réseaux	14
II - Post-test-1	15
1. Exercice :	15
2. Exercice	15
3. Exercice	15
Solutions des exercices	16

Objectifs

A l'issue de ce cours l'apprenant sera capable de :

L'étudiant à ce niveau **citez** s'appuie sur les informations qu'il a acquises et stockées dans sa mémoire à partir des lois électriques, des hypothèses et des symboles pour cette échelle. Où l'élève est soumis à plusieurs questions de test, et chaque élève est invité à répondre individuellement ou collectivement selon le type d'évaluation diagnostique. Le but de ceci est d'évoquer ou de rappeler aux élèves les gains tribaux dont nous aurons besoin dans cet axe.

Cette matière a pour objectif de **expliquez** la aux étudiants d'abord une vue d'ensemble sur les réseaux électriques industriels (architectures, schémas et plans),

Préciser les informations nécessaires pour évaluer un ouvrage électrique et les principes à respecter pour intervenir sur un ouvrage en toute sécurité.

La maîtrise et **la application** du contrôle de la puissance réactive et réglage de tension dans les réseaux électriques ;

Prendre les mesures nécessaires afin d'éviter les dis-fonctionnements intempestifs du réseau pouvant aboutir à la rupture totale de fourniture de l'énergie électrique en mettant en œuvre les techniques et moyens modernes de compensation de l'énergie réactive.

Chapitre 1 : Généralité sur les Réseaux Électriques



I

1. Définition du Réseau Électrique

Un réseau, c'est d'abord un certain nombre de fonctions et de comportements d'ensemble, qu'il faut définir, mettre en œuvre, maîtriser grâce à une **conception** et une **exploitation** convenables. Ce sont ensuite des **ouvrages** et des **matériels** (lignes aériennes et souterraines, postes, câbles, appareillage, transformateurs, parafoudres, etc.) qui, assemblés, forment le réseau physique ; la qualité conditionne très largement celle du réseau, donc celle de la desserte en électricité de ses clients. C'est enfin tout un **ensemble d'automatismes et de transmission d'informations et de commandes, ensemble coordonné**, donc système nerveux absolument indispensable à la protection des ouvrages et des matériels, à la robustesse du réseau vis-à-vis des défaillances internes et des agressions extérieures telles la foudre et les conditions climatiques extrêmes ; système indispensable aussi à la maîtrise par l'exploitant d'un outil technique qui, pour les réseaux publics, du moins, n'est pas concentré en un site, mais couvre des milliers, et des centaines de milliers de kilomètres carrés.

Les réseaux électriques ont pour fonction d'interconnecter les centres de production tels que les centrales hydrauliques, thermiques..., avec les centres de consommation (villes, usines...). L'énergie électrique est transportée en haute tension, voir très haute tension pour limiter les pertes joules (les pertes étant proportionnelles au carré de l'intensité puis progressivement abaissée au niveau de la tension de l'utilisateur final (Fig.1)

Un réseau électrique est un système maillé mettant en œuvre :

- **Des nœuds** (ou postes) où sont raccordés : les centrales (centre de production), les charges (consommation) et les lignes électrique (élément du réseau).
- **Des branches** (ou lignes électrique) : qui interconnectent les nœuds.

Le maillage du réseau améliore la disponibilité de l'alimentation en énergie aux usagers, la stabilité et la qualité du produit électrique car les deux dépendent de la puissance de court circuit, laquelle augmente avec le maillage ou plus exactement avec le nombre et la puissance des centres de production installés et raccordés

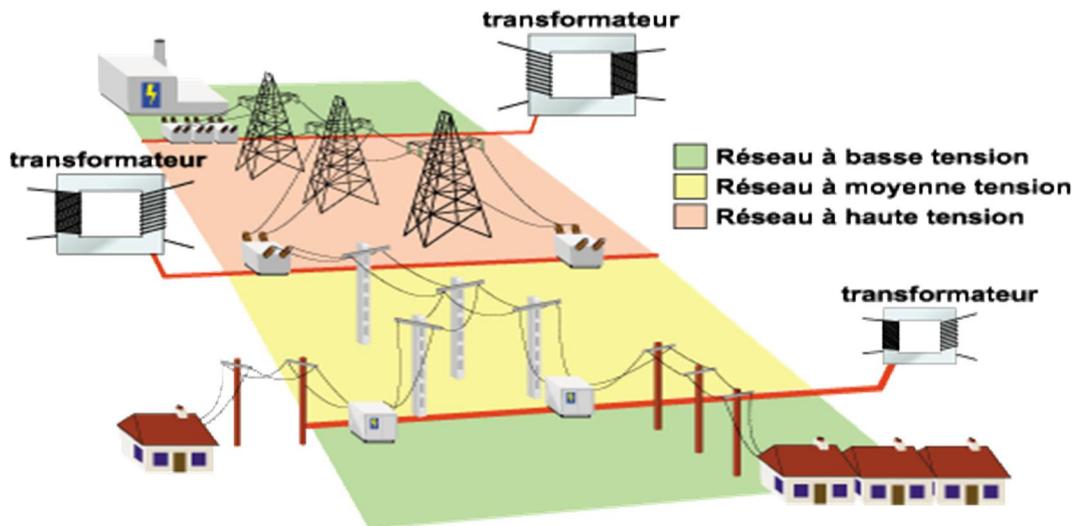


Schéma du réseau de transport

2. 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.

Courant alternatif

Avantages	Inconvénients
Permet l'utilisation des transformateurs pour élever et abaisser la tension	Difficultés d'interconnexion de plusieurs réseaux (il faut avoir la même fréquence, la même tension et la même phase).
Facilite la coupure des courants par le passage naturel par 0 deux fois par période c.à.d. 100 fois par seconde	Implique des effets inductifs et capacitifs tout au long du réseau d'où l'existence de puissance réactive pénalisante pour le producteur.
Production directe par alternateur	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

Courant continu

Avantages	Inconvénients
Pas d'effet réactif donc pas de puissance réactive pénalisante pour la production	Difficulté de couper les courants continus, d'où des dispositifs de coupure plus
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.

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.

Choix entre un système monophasé et triphasé

Il est tout à fait possible de réaliser un réseau uniquement en courant monophasé. Les raisons qui ont conduit à adopter le réseau triphasé sont les avantages techniques et économiques importants qu'il présente :

- Un alternateur de très forte puissance ne peut pas fonctionner en produisant un courant monophasé car la puissance fluctuante qui en résulte provoque une destruction de l'arbre de liaison entre l'alternateur et la source d'énergie mécanique qui le met en rotation. En effet, un système monophasé voit sa puissance instantanée passer par une valeur nulle à chaque oscillation de l'onde de tension (lorsque la tension ou l'intensité passe par zéro). La puissance instantanée est donc variable. Au contraire, les systèmes triphasés équilibrés assurent une puissance instantanée constante, c'est-à-dire "sans à-coup", ce qui est important en électromécanique.
- le transport d'une même puissance électrique en triphasé (sans neutre) nécessite une section de câbles conducteurs deux fois plus faible qu'en monophasé. L'économie qui en découle sur le coût de réalisation des lignes est notable.
- Les courants triphasés peuvent produire des champs magnétiques tournants en répartissant d'une manière spécifique les bobinages sur un rotor. Or les machines électriques qui produisent et utilisent ces courants fonctionnent de manière optimale en régime triphasé.
- Une distribution de l'électricité en courant triphasé avec fil de neutre permet de proposer pour un même réseau deux tensions d'utilisation différentes :

- soit entre une phase et le neutre : par exemple 230 V en Europe et en Afrique.
- soit entre deux phases : par exemple 400 V en Europe et en Afrique.

3. L'énergie électrique

La vie demande de plus en plus de l'énergie électrique pour la consommation industrielle et domestique.

Production de l'énergie électrique

L'usine de production de l'énergie électrique est la centrale électrique; l'énergie électrique est produite par conversion de l'énergie primaire:

- Fossile: pétrole, charbon, gaz naturel.
- Nucléaire: réaction par fission de l'uranium.
- Hydraulique: force du courant d'eau d'une rivière.
- Renouvelable: vent, soleil, vagues.

Les différents modes de production de l'énergie électrique

Une centrale électrique est un site industriel destiné à la production d'électricité.

- Les centrales à combustion fossile.
- Les centrales à fission nucléaire.
- Les centrales hydrauliques.
- Les centrales à énergie renouvelables

L'énergie électrique n'est pas consommée au lieu de sa production.

- Produite.
- Transportée.
- Distribuée aux consommateurs.

Avant d'être transportée, la tension de l'alternateur subit une première transformation, une élévation, à l'aide d'un transformateur élévateur (survolteur);

Cette élévation a pour but de réduire les pertes par effet **Joule** dans les lignes de transport.

A proximité du lieu de distribution, cette tension subit une dernière transformation, un abaissement, à l'aide d'un transformateur abaisseur (sousvolteur), qui permet de fournir une tension au client final dans les normes.

Cf. "Principe de fonctionnement d'une centrale nucléaire"

4. Réseaux électriques

L'**électricité** joue un rôle très important dans toutes les branches de l'économie nationale, tel que l'industrie, l'agriculture, l'usage domestique et le transport.

Cependant, le progrès technique et social exige le développement de tout ce qui est lié au processus de production, de transport, de distribution et de consommation de l'énergie électrique.

Un **réseau** électrique est un ensemble d'infrastructures énergétiques plus ou moins disponibles permettant d'acheminer l'énergie électrique des centres de production vers les consommateurs d'électricité.

Il est constitué de lignes électriques exploitées à différents niveaux de tension, connectées entre elles dans des postes électriques. Les postes électriques permettent de répartir l'électricité et de la faire passer d'une tension à l'autre grâce aux transformateurs.

Un réseau électrique doit aussi assurer la gestion dynamique de l'ensemble production - transport - consommation, mettant en œuvre des réglages ayant pour but d'assurer la stabilité de l'ensemble.

On a donc intérêt de produire plus et de transporter loin, malheureusement les sources de production ne sont pas proches des consommateurs, c'est pourquoi on est obligé de la transporter à travers des réseaux de haute tension.

L'énergie électrique doit être utilisée au moment où elle est produite puisqu'il est impossible de la stocker, ce qui explique que sa production dans différent type de centrales et sa consommation se font d'une manière simultanée ce qui exige l'utilisation de plusieurs types de réseaux électriques.

Les réseaux d'utilisation doivent souvent pouvoir alimentés un grand nombre de moteurs d'appareils domestiques, dont la puissance ne dépasse pas quelques kilowatts.

Types de réseaux électriques

- **Les réseaux de transports** à tension élevée qui relient les postes d'interconnexions au site de production.
- **Les réseaux de répartitions** qui fournissent la puissance aux réseaux de distribution, mais ne peuvent la transiter que sur des distances limitées à quelques kilomètres.
- **Les réseaux de distribution** ont pour fonction aux réseaux d'utilisation la puissance dont ils ont besoin.
- **Les réseaux industriels** sont des réseaux d'alimentation mis avec des puissances élevées.

Un réseau électrique est dissocié en quatre grandes parties

- **La production** : elle consiste à la génération de l'ensemble de la puissance active et la puissance réactive consommées par le réseau tout entier.
- **Le transport** : il consiste à acheminer les puissances produites par les unités de production auprès des lieux de consommation.
- **La distribution** : elle permet à chaque utilisateur d'être à proximité d'une liaison au réseau.
- **La consommation** : chaque récepteur connecté au réseau consomme une puissance active et réactive.

Les éléments constitutifs d'un réseau d'énergie électrique

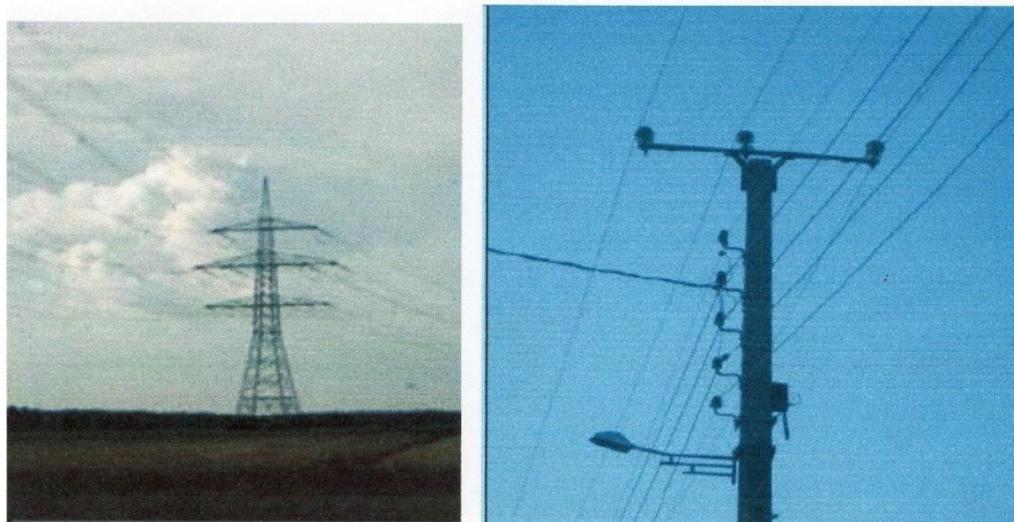
La source

La source ou le générateur est un élément de base du réseau électrique. Il constitue le cœur de l'ensemble, sa fonction est de transformer l'énergie d'origine (hydraulique ou thermique ...) en énergie électrique.

Combustion interne ; l'alternateur est maintenu à vitesse sensiblement constante par son moteur d'entraînement à l'aide d'un système asservi de manière à développer une fréquence pratiquement constante indépendamment de la charge

Les lignes électriques

Les lignes électriques assurent la fonction "transport de l'énergie" sur les longues distances, leur rôle est donc de transporter l'énergie électrique en un site de la production vers les consommateurs



Les lignes électriques.

Les transformateurs de puissance

Un transformateur est un appareil destiné à transférer de la puissance en modifiant l'amplitude des signaux (courant, tension) et en conservant la même fréquence.

Les postes électriques

Les postes électriques sont les nœuds du réseau électrique. Ce sont les points de connexion des lignes électriques.



Poste électrique

Types des postes

On distingue, suivant les fonctions qu'ils assurent, plusieurs types des postes :

- **Les postes à fonction 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.

- **Les postes de transformation** : dans lesquels il existe au moins deux jeux de barres à des tensions différentes liés par un ou plusieurs transformateurs.
- **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.

Les actions élémentaires inhérentes aux fonctions à remplir sont réalisées par l'appareillage à haute et très haute tension installé dans le poste et qui permet:

- D'établir ou d'interrompre le passage du courant, grâce aux disjoncteurs ;
- D'assurer la continuité ou l'isolement d'un circuit grâce aux sectionneurs.
- De modifier la tension de l'énergie électrique, grâce aux transformateurs de puissance.
- Un ensemble de protections et d'automates contrôle les grandeurs électriques réduites, élaborées par des réducteurs de mesure (tension et courant principalement) et agit sur l'appareillage à haute Tension afin d'assurer les conditions d'exploitation pour lesquelles le réseau a été conçu.

Nous retiendrons donc que, par définition, les appareils de coupure, ainsi que l'appareillage de mesure et de protection propre à un départ, sont regroupés dans une cellule.

Un poste comporte donc autant de cellules que de départs qui sont raccordés à ses jeux de barres.

En outre, les jeux de barres sont susceptibles de constituer plusieurs nœuds électriques par l'ouverture de disjoncteurs ; on appelle alors sommet le jeu de barres ou le tronçon de jeu de barres ainsi constitué. Le nombre des sommets d'un poste caractérise ainsi son aptitude à former des nœuds électriques

Les différents éléments de poste électrique

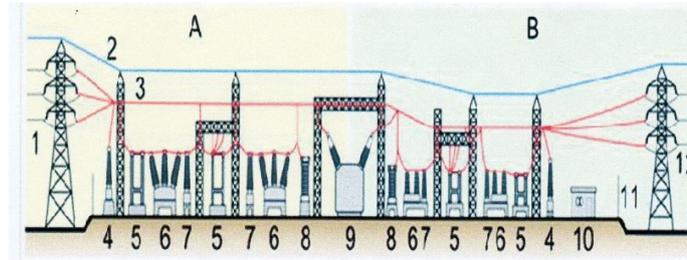
On distingue parfois les éléments d'un poste en "éléments primaires" (les équipements haute tension) et "éléments secondaires" (équipements basse tension).

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 télé conduite.
- Équipements de télécommunication.
- Comptage d'énergie



Les différents éléments dans un poste

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

5. Définition de la normalisation

Elle comprend l'ensemble des règles techniques qui permettent :

- de spécifier, de standardiser les différents appareils électriques ;
- d'uniformiser leur représentation graphique et leur schéma de branchement.

Organismes officiels:

a) Au niveau international:

La Commission Électrotechnique Internationale (CEI); créée en 1906, prépare les normes applicables à l'électricité et à l'électronique

b) Au niveau européen:

Le Comité Européen de Normalisation Électrotechnique (CENELEC); créé en 1973, a pour rôle de supprimer les entraves techniques aux échanges européens pour aboutir à des prescriptions nationales identiques entre les pays.

c) Les bureaux de la normalisation française:

Il existe deux bureaux de normalisation :

- Le Comité Électrotechnique Français (CEF); qui a été créé en 1907. Ce comité participe entre autres aux études de la commission électrotechnique internationale;
- L'Union Technique de l'Électricité (UTE); a été créée en 1947. Elle prépare les projets de normes en vue de leur présentation aux procédures d'enregistrement et d'homologation.

Les Normes françaises (NF):

a) Les normes homologuées:

Les textes établis par l'UTE sont des données de référence que l'on appelle norme. Toutes normes homologuées qui ont fait l'objet d'un arrêt ministériel, seront obligatoirement des références dans les marchés publics sont publiées au journal officiel (JO).

b) Classification des normes françaises:

La référence d'une norme française comprend trois lettres et cinq chiffres comme l'indique la figure suivante (fig.2.1).

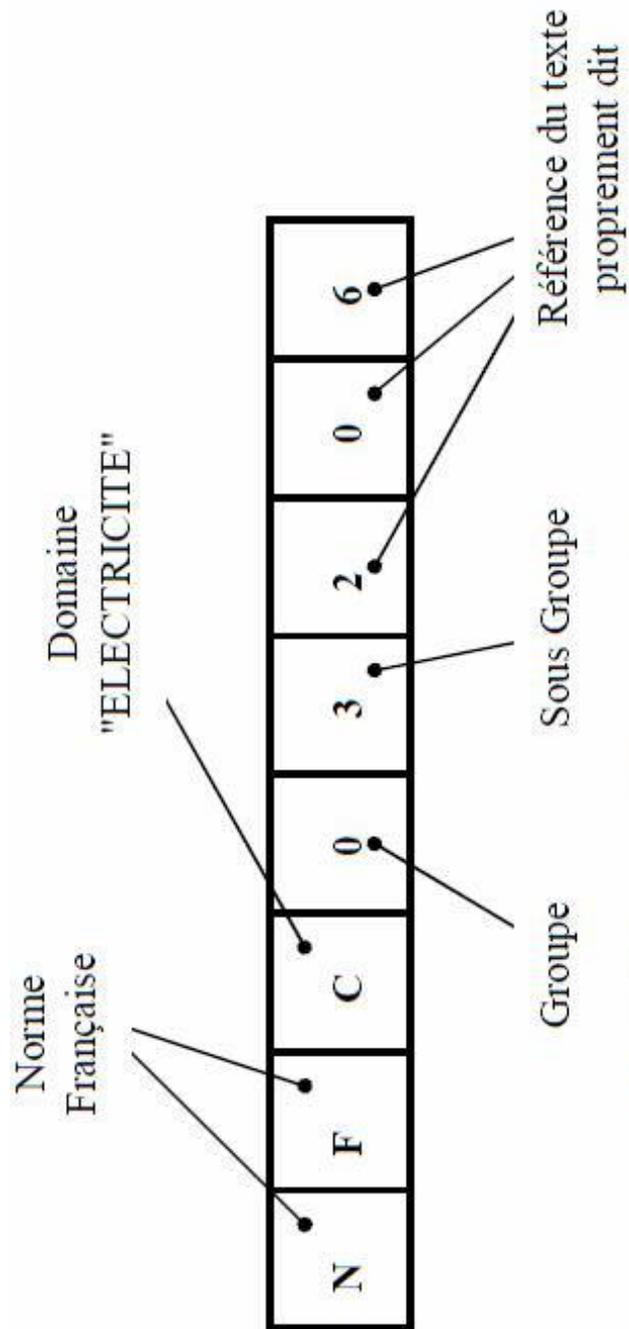


Fig.2.1.1. Référence d'une norme française

Référence d'une norme française

N.F.: Normes Françaises;

C: Classe C : Lettre indiquant le domaine traité par la norme "C désigne ÉLECTRICITÉ" .

0 : Groupe 0 : C'est le groupe des généralités ; il existe dix groupes de 0 à 9 .

3 : Sous groupe 3 : Texte qui traite des schémas et des symboles ; il existe dix sous groupes de 0 à 9

6. Les architectures des réseaux

Définit les niveaux de tension

La nouvelle norme en vigueur en France UTE C 18-510 définit les niveaux de tension alternative comme suit :

- **HTB** ⇒ pour une tension composée supérieure à 50 kV
- **HTA** ⇒ pour une tension composée comprise entre 1 kV et 50 kV
- **BTB** ⇒ pour une tension composée comprise entre 500 V et 1 kV
- **BTA** ⇒ pour une tension composée comprise entre 50 V et 500 V
- **TBT** ⇒ pour une tension composée inférieure ou égale à 50 V

Post-test-1

II

1.**Exercice :**

Donner les avantages et inconvénients des courant continu et alternative

2. Exercice*[solution n°1 p.16]*

Cocher les types de réseaux électriques correctement

- Les réseaux de transports
- Les réseaux de répartitions
- Les réseaux de gaz
- Les réseaux Norne
- Les réseaux industriels
- Les réseaux de distribution
- Les réseaux de radiale
- Les réseaux public

3. Exercice*[solution n°2 p.16]*

Donnez les différents modes de production de l'énergie électrique

Solutions des exercices



> **Solution n°1**

Exercice p. 15

Cocher les types de réseaux électriques correctement

- Les réseaux de transports
- Les réseaux de répartitions
- Les réseaux de gaz
- Les réseaux Norne
- Les réseaux industriels
- Les réseaux de distribution
- Les réseaux de radiale
- Les réseaux public

> **Solution n°2**

Exercice p. 15

Donnez les différents modes de production de l'énergie électrique

Les centrales à combustion fossile ;Les centrales à fission nucléaire ;Les centrales hydrauliques ;Les centrales à énergie renouvelables