



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE BATNA 2
FACULTE DES TECHNOLOGIES



DEPARTEMENT GENIE INDUSTRIEL

Dr AITOUCHE SAMIA
samiaaitouche@gmail.com

SUPPORT DE COURS DECOUVERTE
ETAT DE L'ART GENIE ELECTRIQUE

DEUXIEME ANNEE GENIE INDUSTRIEL

2021 – 2022

Avant-propos

Ce cours de découverte en « **Génie électrique** » est destiné aux étudiants de licence L2 en Génie industriel, dispensé en ligne seulement, au département de Génie industriel, faculté des Technologies, Université Batna 2.

Les étudiants de L2 Génie Industriel auront un mini projet en monôme (chacun son mini projet), qui sera envoyé par email à chaque étudiant.

Le mini projet est un rapport de 6 à 10 pages sur le thème proposé, le thème est en liaison avec les composantes ou les phénomènes du génie électrique.

Le mini projet sera envoyé à l'enseignant au plus tard le 30 Novembre.

Pour plus d'information veuillez contacter Dr Aitouche Samia à l'email: samiaaitouche@gmail.com

Pour demande d'information, les étudiants peuvent contacter l'enseignant à la même adresse email.

Table des matières

Introduction : Le génie électrique	2
Chapitre 1 : L'électronique	3
Chapitre 2 : L'électrotechnique	11
Chapitre 3 : l'automatisme	23
Chapitre 4 : La télécommunication	34
Conclusion	40
Bibliographie	41

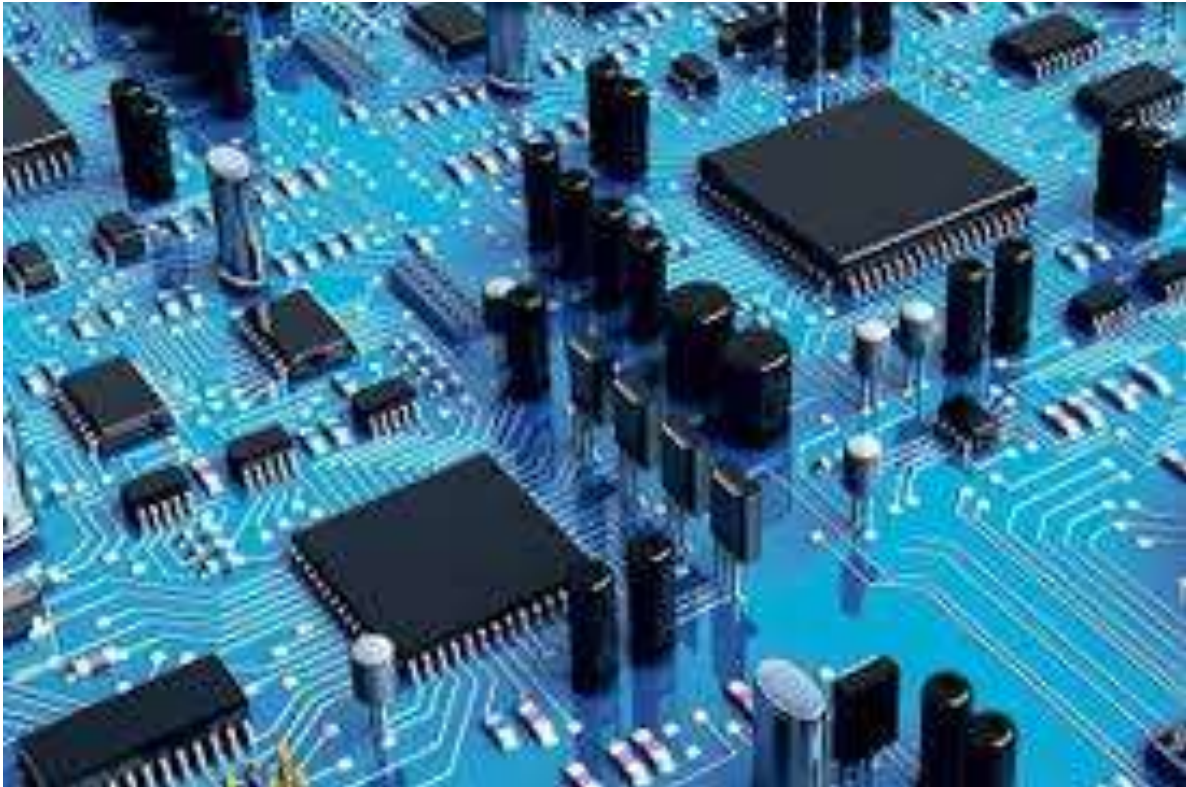
INTRODUCTION : LE GENIE ELECTRIQUE

Le génie électrique est l'une des branches de l'ingénierie qui remonte à la fin du 19^{ème} siècle. C'est la branche de l'ingénierie qui s'occupe de la technologie de l'électricité. Les ingénieurs électriciens travaillent sur une large gamme de composants, d'appareils et de systèmes, allant de minuscules microprocesseurs aux énormes générateurs de centrales électriques. Les premières expériences avec l'électricité comprenaient des batteries primitives et des charges statiques. Cependant, la conception, la construction et la fabrication de dispositifs et de systèmes utiles ont commencé avec la mise en œuvre de la loi d'induction de Michael Faraday, qui stipule essentiellement que la tension dans un circuit est proportionnelle au taux de changement du champ magnétique à travers le circuit. Cette loi s'applique aux principes de base du générateur électrique, du moteur électrique et du transformateur.

Parmi les pionniers les plus importants du génie électrique figurent : Thomas Edison (ampoule électrique), George Westinghouse (courant alternatif), Nikola Tesla (moteur à induction), Guglielmo Marconi (radio) et Philo T. Farnsworth (télévision). Ces innovateurs ont transformé des idées et des concepts sur l'électricité en dispositifs et systèmes pratiques qui ont inauguré l'ère moderne. Depuis ses débuts, le domaine du génie électrique s'est développé et s'est étendu à un certain nombre de catégories spécialisées, y compris les systèmes de production et de transmission d'énergie, les moteurs, les batteries et les systèmes de contrôle. Il comprend également l'électronique, qui s'est elle-même ramifiée dans un nombre encore plus grand de sous-catégories, telles que les systèmes de radiofréquence (RF), les télécommunications, la télédétection, le

traitement du signal, les circuits numériques, l'instrumentation, l'audio, la vidéo et l'optoélectronique.

CHAPTRE I : L'ELECTRONIQUE



1.1. Définition de l'électronique

La commission de l'électrotechnique internationale (CEI) définit l'électronique comme : la partie de la science et de la technique qui étudie les phénomènes de conduction dans le vide, dans les gaz ou dans les semi-conducteurs et qui utilise les dispositifs basés sur ces phénomènes.

Autrement, l'électronique est l'ensemble des techniques qui utilisent des signaux électriques pour capter, transmettre et exploiter une information. Une exception est l'électronique de puissance utilisée pour la conversion électrique-électrique de l'énergie.

Le champ d'application des dispositifs électroniques est vaste. Le tableau 1 en donne un aperçu

Tableau 1.1. Les champs d'application des dispositifs électroniques

Télécommunications	Télégraphie, téléphonie, Transmission de données Radiodiffusion, télévision Télémessure, télécommande
Systèmes de détection	Radar, sonar, télédétection
Electroacoustique	Enregistrement et reproduction des sons
Traitement de l'information	Ordinateurs, calculatrices, périphériques
Electronique industrielle	Commandes et réglages automatiques installations de surveillance
Instruments de mesures	Equipements industriels Equipements scientifiques
Machines de bureau	Ordinateur, fax, ...
Electronique biomédicale	Pace Maker, prothèses, ...
Horlogerie électronique	Horloge atomique, montres, ...

Lors de la maintenance, le terme est utilisé pour désigner tous les appareils (Figure 1.1), réalisés avec des circuits électroniques remplis de composants électroniques. Tous les appareils ont besoin d'une source d'énergie qui est appelée alimentation.

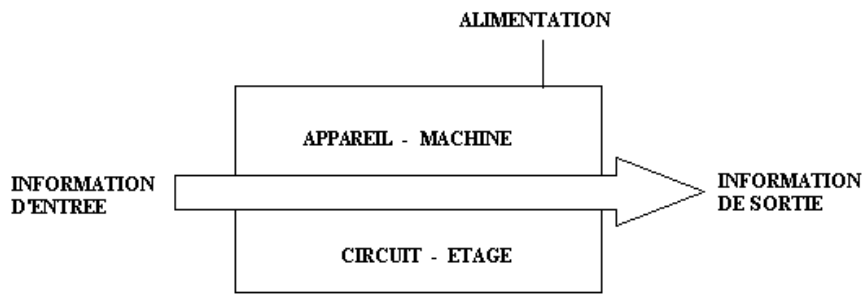


Figure 1.1. Principes d'un dispositif électronique

1.2. Les semi-conducteurs

Par définition, un semi-conducteur est souvent connu comme étant un matériau dont la conductivité (ou la résistivité) dépend de la température de la manière suivante :

- Si la température T croît, la conductivité δ croît (la résistivité ρ décroît).
- Si la température T décroît, la conductivité δ décroît (la résistivité ρ croît).

Donc les semi-conducteurs sont également des isolants pour les basses températures et de conducteurs pour les hautes températures.

1.2.1. Structure des semi-conducteurs : Le silicium et le germanium sont les premiers éléments semi-conducteurs et les plus utilisés. Leur structure est identique à celle du diamant (Figures 1.2 et 1.3). Chaque atome est attaché à quatre voisins mis aux pics d'un tétraèdre par une liaison covalente. La reproduction de la structure peut se faire sur un plan. Les traits représentent les électrons de valence.

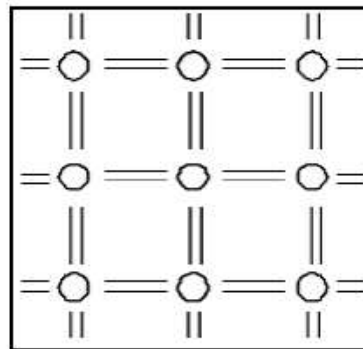
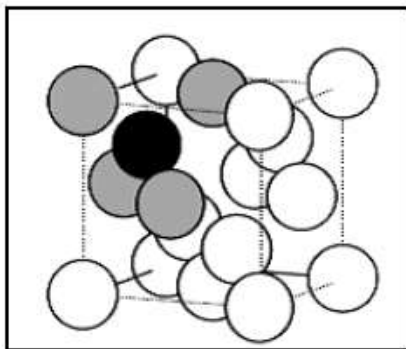


Figure 1.2. La structure cubique du diamant Figure 1.3. Structure des semi-conducteurs sur un plan

1.2.2 Semi-conducteur intrinsèque : Les électrons périphériques dans les semi-conducteurs non-excités sont bien attachés aux atomes par des liaisons appelées liaisons de covalence. Aucune charge mobile n'apparaît à la surface et par conséquent pas de courant électrique. Donc ce matériau peut être considéré comme un isolant où sa bande de valence est pleine, alors que sa bande de conduction est vide.

1.2.2.1 Ionisation thermique : Les liaisons de covalence sont cassées par l'effet de l'augmentation de la température et les électrons deviennent libres, ils se déplacent en laissant derrière eux des charges positives. Ces vides ou lacune vont être occupés par d'autres électrons libérés par effet thermique et qui vont laisser à leurs tours des trous. Il apparaît comme si les trous se déplacent mais avec une mobilité plus faible que celle des électrons.

1.2.2.2 La concentration n_i des électrons libres et des trous dans le semi-conducteur : La génération des paires électron-trou est compensée par un autre phénomène appelé recombinaison où les électrons libres vont être capturés par les trous. A l'équilibre entre ces deux phénomènes, le nombre d'électrons sera égal à celui des trous.

Soit n la concentration des électrons libres dans la bande de conduction par unité de volume (cm^3), et p la concentration des trous libres dans la bande de valence par unité de volume (cm^3), ces concentrations sont égales à n_i la concentration intrinsèque:

$$np = n_i^2$$

2.2.3 Semi-conducteur extrinsèque

1.2.3.1 Dopage de type N : On fait pénétrer dans le réseau cristallin du germanium des atomes étranges pentavalents tel que l'antimoine **Sb**. Chaque atome d'antimoine engage un électron de valence excédentaire. Cet électron est faiblement attaché au noyau et passe facilement dans la bande de conduction. Ce qui fait augmenter la conductivité. Les atomes d'antimoine appelés donneurs et deviennent des ions positifs (Figure 1.4) quand ils libèrent le cinquième électron. Dans ce cas les électrons sont des porteurs majoritaires alors que les trous sont des porteurs minoritaires.

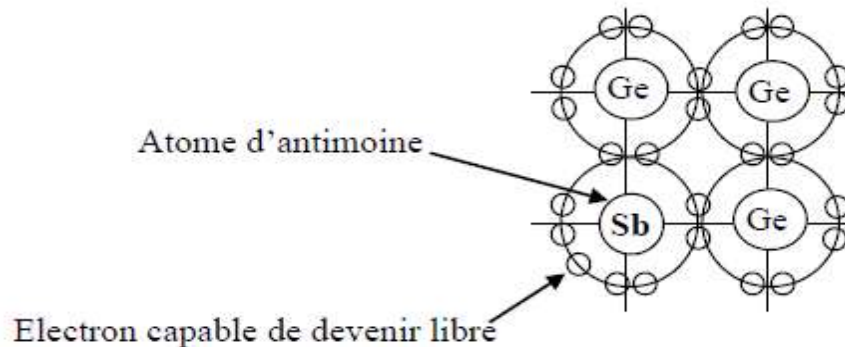


Figure 1.4. Dopage de type N

1.2.3.2 Dopage de type P : Il est assuré par les impuretés trivalentes telle que l'indium **In**, ces impuretés manquent d'un électron pour que la structure soit stable, et par conséquent cet électron du germanium sera capté par l'impureté en créant un trou. Les trous deviennent des porteurs majoritaires par ce qu'ils sont plus nombreux.

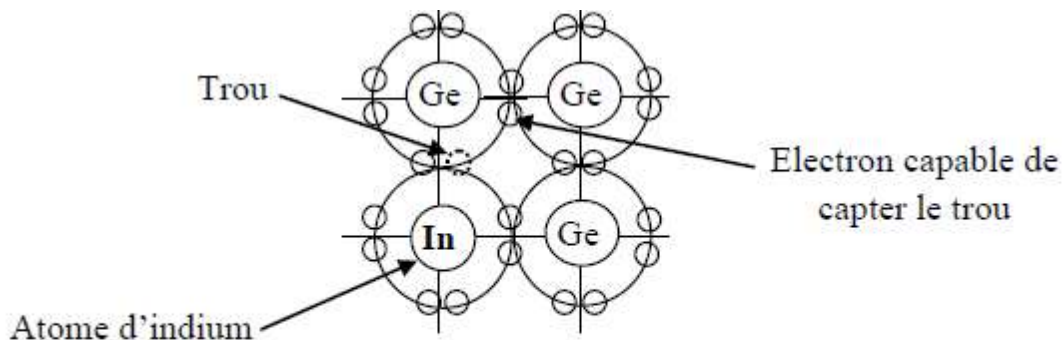



Figure 1.5. Dopage de type P

1.2.4. Utilisation des semi-conducteurs : Les semi-conducteurs sont largement utilisés en électronique pour réaliser des composants tels que des diodes, des transistors, des thyristors, des circuits intégrés ainsi que des lasers à semi-conducteur.

1.2. Les diodes : Le tableau 1.2, est une description de la diode.

Tableau 1.2. Caractéristiques de la diode

Symbole	Anode  Cathode
Fonction	La fonction "générique" d'une diode est de laisser passer le courant dans un sens, elle est conductrice (dans le sens passant ou sens direct) et de bloquer le courant dans l'autre sens.
Spécification type	Puissance nominale PNOM. [W], Tension inverse UINV. [V] et Courant direct IDIR. [A].
Technologie	A l'heure actuelle pratiquement toutes les diodes sont réalisées à l'aide de silicium. Leur aspect diffère essentiellement en fonction des limites qu'elles peuvent supporter, à savoir le courant direct maximum et la tension inverse maximale.
Utilisations	Petits signaux : Commutations de commandes, petites protections, limitation, démodulation. Grands signaux : Redressements, protections d'électroaimants.
Méthode de contrôle	Ohmiquement, il n'y a généralement aucune disposition particulière. Pour mesurer les valeurs principales de sa caractéristique tension-courant, il faut veiller à limiter les courants maximum admissibles.

1.3.1. Caractéristiques d'une diode : Le comportement de même que la fonction d'une diode peut se déduire de sa caractéristique graphique courant-tension (Figure 1.6).

$$I_D = f(U_D).$$

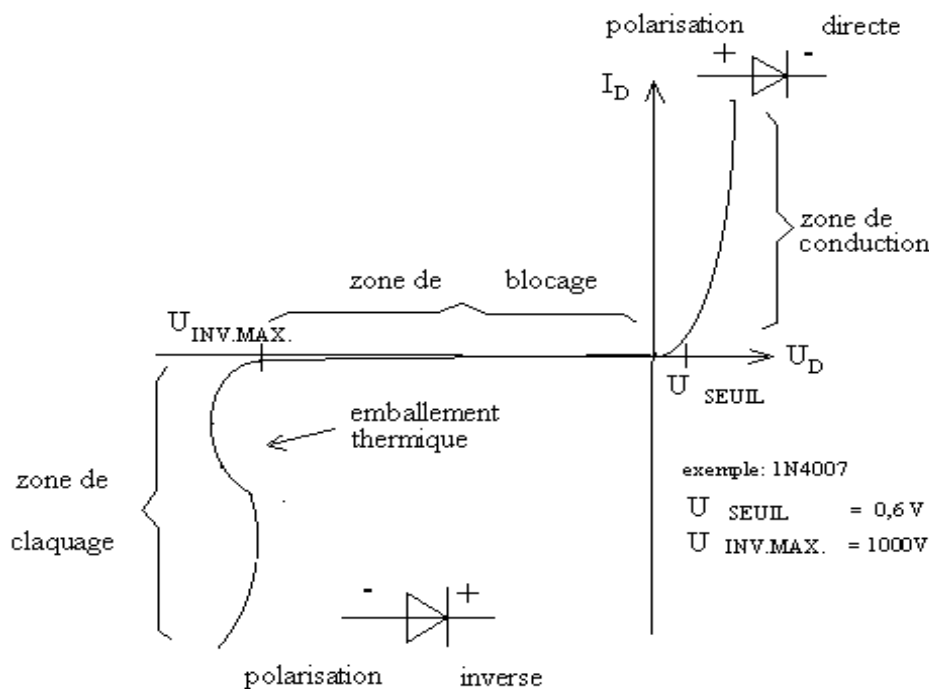


Figure 1.6. Caractéristiques d'une diode

La courbe obtenue n'étant pas une droite, nous parlons d'un élément non-linéaire. Ce qui signifie que le courant circulant dans l'élément n'est pas proportionnel à la tension qui lui est appliquée, donc ne dépend pas uniquement de la loi d'Ohm.

Dans le sens direct, la tension de seuil est la tension nécessaire à appliquer à la diode pour qu'elle devienne conductrice. $U_{SEUIL} = 0,6V$ pour le Si (0,3V pour le Ge).

Au-delà de la tension de seuil, le courant ne dépend pratiquement que de la résistance totale du circuit, et la tension aux bornes de la diode reste autour de 0,6V - 0,7V.

Le courant inverse est très faible (de l'ordre du nano ampère). Il augmente très fortement au-delà d'une certaine tension inverse, appelée tension de claquage. La tension inverse de claquage varie

entre 10 et 1000 volts suivant le type de diode. L'emballement thermique qu'entraîne la tension de claquage détruit la diode dans la plupart des cas.

Ces caractéristiques varient considérablement avec la température et les concepteurs de circuits doivent en tenir compte. Nous n'entrerons pas ici dans plus de précisions concernant ces caractéristiques, car pour le dépanneur, de plus amples détails sont fournis dans les livres de correspondances (data-book) auxquels nous pouvons ici qu'encourager la lecture.

Par contre, et avant d'analyser les divers circuits d'utilisations des diodes, voici quelques grandeurs que nous pouvons considérer comme importantes et qu'il nous faut garder en mémoire :

Courant direct maximum : I_F

Courant direct maximum de crête : I_{FM}

Tension inverse maximum : U_R

1.3.2. Principales utilisations : Les diodes sont principalement utilisées dans les circuits selon trois groupes de fonction différents:

Les circuits de redressement : qui permettent la conversion d'une tension alternative en une tension continue.

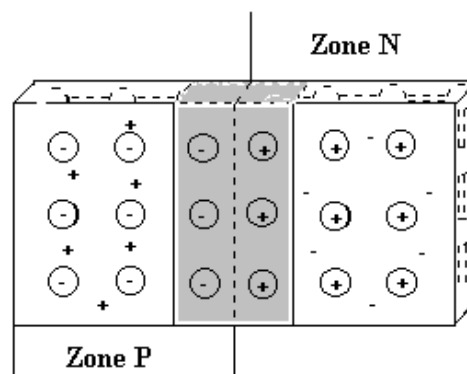
Les circuits d'écrêtage, ou circuits de limitation: qui permettent d'empêcher un signal de dépasser une valeur (amplitude) choisie.

Les circuits de commutation : qui permettent la commande ou le changement de normes, ou encore pour circuits logiques.

Voir les pages circuits électroniques du site pour y trouver des exemples d'applications.

1.3.3. L'effet diode de la jonction P – N : Une diode est constituée d'une plaquette de silicium dans laquelle deux zones de dopages, appelés dopage P et dopage N, ont été réalisées.

La cathode représente la zone N



L'anode représente la zone P

Figure 1.7. Jonction P-N

A la jonction (réunion) des deux zones P et N, les porteurs de charges mobiles se combinent et il apparaît une zone d'espace vide de porteurs de charges mobiles, donc une zone isolante. Les propriétés physiques qui résultent de cet espace donnent naissance aux phénomènes de conduction électrique particulière, comme la conduction dans un seul sens du courant électrique.

1.4. Les Transistors

Le transistor est le composant électronique actif essentiel en électronique utilisé essentiellement comme interrupteur commandé et pour l'augmentation, mais également pour stabiliser une tension, moduler un signal mais aussi de nombreuses autres utilisations.

Le transistor est le composant électronique actif essentiel en électronique utilisé essentiellement comme interrupteur commandé et pour l'augmentation, mais également pour stabiliser une tension, moduler un signal mais aussi de nombreuses autres utilisations.

Il sert à désigner un système semi-conducteur à trois électrodes actives qui permet le contrôle grâce à une électrode d'entrée (base pour les bipolaires et grille pour les Transistors à Effet de Champ ou Field Effect Transistor : FET) d'un courant ou d'une tension sur l'une des électrodes de sorties (collecteur pour les bipolaires et drain pour les FET).

Par métonymie, le terme transistor sert à désigner aussi les récepteurs radio équipés de transistors



Figure 1.8. Quelques modèles de transistors

1.4.1. Classification

1.4.1.1. Transistor bipolaire : Un transistor bipolaire est un système électronique à base de semi-conducteur de la famille des transistors. Son principe de fonctionnement est basé sur 2 jonctions PN, une en direct et une en inverse.

1.4.1.2. Transistor à effet de champ : Parmi les transistors à effet de champ (ou FET, pour Field Effect Transistor), on peut distinguer les familles suivantes :

- **Transistors MOSFET :** ils utilisent les propriétés des structures Métal/Oxyde/Semi-conducteur
- **Transistors JFET :** ils utilisent les propriétés des jonctions PN ; leur mise en œuvre (schémas, calcul des éléments du circuit et des caractéristiques des montages) est décrite dans l'article Transistor JFET.

1.4.1.3. Transistor à unijonction : Le transistor dit unijonction, n'est presque plus utilisé, mais servait à créer des oscillateurs à relaxation.

1.4.1.4. Technologie hybride : L'IGBT, est un hybride de bipolaire et de MOSFET, essentiellement utilisé en électronique de puissance.

1.4.2. Applications

Les deux principaux types de transistors permettent de répondre aux besoins de l'électronique analogique, numérique, de l'électronique de puissance et haute tension.

- La technologie bipolaire est plutôt utilisée en analogique et en électronique de puissance.
- Les technologies FET et CMOS sont essentiellement utilisées en électronique numérique (réalisation d'opérations logiques). Ils peuvent être utilisés pour faire des blocs analogiques dans des circuits numériques (régulateur de tension par exemple). Ils sont aussi utilisés pour faire des commandes de puissance (moteurs) et pour l'électronique haute tension (automobile). Leurs caractéristiques s'apparentent plus à celles des tubes électroniques. Ils offrent une meilleure linéarité dans le cadre d'amplificateurs Hi-Fi, par conséquent moins de distorsion.
- Un mélange des deux technologies est utilisé dans les IGBT.

1.4.3. Constitution

Les substrats utilisés vont du germanium (série AC, actuellement obsolète), en passant par le silicium, l'arséniure de gallium, le silicium-germanium et plus récemment le carbure de silicium, le nitrure de gallium, l'antimoniure d'indium.

Pour la grande majorité des applications, on utilise le silicium tandis que les matériaux plus exotiques tels que l'arséniure de gallium et le nitrure de gallium sont plutôt utilisés pour réaliser les transistors hyperfréquence et micro-onde.

- Un transistor bipolaire se compose de deux parties de substrat semi-conducteur dopées semblablement (P ou N) scindées par une mince tranche de semi-conducteur dopée inversement ; on a ainsi deux types : N-P-N et P-N-P ;
- Le transistor à effet de champ classiquement se compose d'un barreau de semi-conducteur dopé N ou P, et entouré en son milieu d'un anneau de semi-conducteur dopé inversement (P ou N). On parle de FET à canal N ou P suivant le dopage du barreau ;
- Le transistor MOS se compose d'un barreau de semi-conducteur P ou N sur lequel on fait croître par épitaxie une mince couche d'isolant (silice par exemple), laquelle est surmontée d'une électrode métallique.

1.4.4. Principe de fonctionnement

Les transistors MOS et bipolaires fonctionnent de façons particulièrement différentes :

- Le transistor bipolaire est un amplificateur de courant, on injecte un courant dans l'espace base/émetteur pour créer un courant multiplié par le gain du transistor entre l'émetteur et le collecteur.
- Les transistors bipolaires NPN (négatif-positif-négatif) qui laissent circuler un courant de la base (+) vers l'émetteur (-), sont plus rapides et ont une meilleure tenue en tension que les transistors PNP base (-) émetteur (+), mais peuvent être produits avec des caractéristiques complémentaires par les fabricants pour les applications le nécessitant.
- Le transistor à effet de champ. Son organe de commande est la grille (gate en anglais). Celle-ci n'a besoin que d'une tension (ou un potentiel) entre la grille et la source pour contrôler le courant entre la source et le drain. Le courant de grille est nul (ou négligeable) en régime statique, puisque la grille se comporte vis-à-vis du circuit de commande comme un condensateur de faible capacité.








Figure 1.9. Analyseur de transistors.

1.5. Les capteurs électroniques

Les appareils électroniques modernes sont capables de mesurer, capter des informations ou événements provenant de l'environnement qui les entourent. Par analogie, les humains capturent les informations de leur environnement grâce à leur 5 sens.

Tableau 1.3. Les capteurs électroniques

Type de capteur	Description	Apparence
Les capteurs de mouvement	Le mouvement mesuré est celui de l'appareil électronique lui-même. Il peut être décomposé en plusieurs composantes : - Accélération linéaire : variation de vitesse - Vitesse angulaire : l'objet tourne sur lui-même - Position angulaire géographique : boussole	
Les capteurs de position absolue	Le capteur de position absolue le plus connu est le récepteur GNSS. Le terme récepteur GPS, couramment employé, désigne le système de positionnement par satellite américain. Cependant ceci est un abus de langage car d'autres systèmes sont utilisés comme Galiléo (Europe), Glonass (Russie) et Beidou (Chine) avec de meilleures performances. Le récepteur GNSS détecte les signaux provenant d'au moins 4 satellites et en déduit sa position géographique précise à 1 mètre près environ. Il peut être utilisé également pour mesurer la vitesse de notre objet électronique et obtenir l'heure précisément	
Les capteurs de pression d'air	Les capteurs de pression mesurent soit la pression absolue soit une pression relative d'un environnement à un autre. Il existe des capteurs de pression atmosphériques qui intègrent le plus souvent des capteurs de température et d'humidité. Ces capteurs sont généralement de petits composants qui mesurent leur environnement direct. D'autres capteurs sont reliés à des tuyaux d'air et sont généralement utilisés pour mesurer la pression à l'intérieur d'une enceinte fermée par exemple.	
Les capteurs de température	Les capteurs de température mesurent leur propre température et indirectement la température de l'air ambiant ou d'un objet à condition d'y être collé. Les thermistances sont les composants nécessaires à la mesure de la température. Ce sont des résistances dont la valeur change en fonction de la température. Les thermistances sont utilisées soit : Seules ; un circuit de polarisation et un convertisseur analogique numérique sont nécessaires, soit dans un circuit intégré dédié avec interface numérique (généralement I2C).	
Les capteurs de proximité	Un capteur de proximité mesure la distance entre lui-même et un autre objet. Plusieurs techniques sont disponibles : Sons : une impulsion sonore est générée par le capteur en direction de l'objet. Le son est ensuite réfléchi sur l'objet et revient sur le capteur. Le capteur mesure ensuite le temps entre l'émission du signal et sa réception. En connaissant la vitesse du son, il en déduit la distance. Lumière Infrarouge : une source lumineuse peut également être utilisée de la même manière qu'une source sonore. Il s'agit ici d'émettre une impulsion de lumière infrarouge (non visible) et de recevoir ensuite cette même impulsion réfléchi par un objet. La vitesse de la lumière est prise en compte pour en déduire la distance.	

CHAPTRE II : L'ELECTROTECHNIQUE



2.1. Définition de l'électrotechnique

En plus de la science qui étudie les phénomènes électriques et les lois qui s'y rapportent, le terme d'électrotechnique peut être compris dans une acception récente signifiant : Utilisation technique de l'électricité, soit en tant que support d'énergie, soit en tant que support d'information.

L'électrotechnique est d'un développement qui remonte au milieu du 19^{ème} siècle. De nos jours, ce développement est extrêmement rapide et conditionne de nombreux secteurs de l'activité humaine. Il faut reconnaître que peu de domaines ont été aussi fertiles en réalisations en ayant autant d'influence sur l'économie des pays et le comportement social des individus.

On peut regrouper les applications de l'électricité en deux domaines principaux, soit celui du traitement de l'énergie et celui du traitement de l'information.

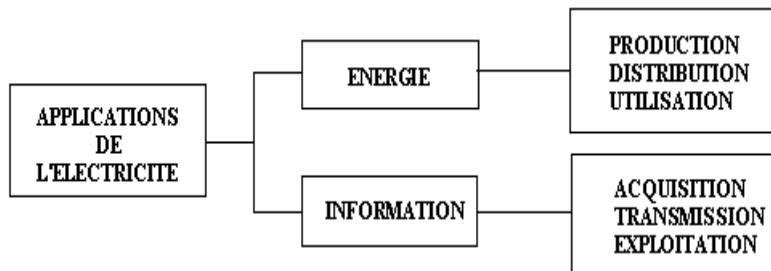


Figure 2.1. Volets de l'électrotechnique

Le traitement de l'énergie recouvre les techniques de la production, de la distribution et de l'utilisation de l'énergie électrique.

Le traitement de l'information comprend les techniques d'acquisition, de transmission (télécommunication) et d'exploitation de l'information portée par des signaux électriques.

La consommation de l'énergie électrique a doublé tous les dix ans jusqu'à la crise énergétique vers 1973. Il est vrai que l'électricité est produite de façon simple et relativement économique, qu'elle se transporte, se transforme et se divise pratiquement sans limites. Ces facultés expliquent en partie cet extraordinaire développement.

Après la deuxième guerre mondiale, les développements des télécommunications et de la radioélectricité ont été très conséquents. Ils se traduisent aujourd'hui par la mise en œuvre d'équipements de communication et d'interaction de plus en plus sophistiqué entre l'être humain et la machine. L'électronique et l'informatique en sont les derniers développements parmi les plus spectaculaires.

2.2. Réseaux électriques

Un réseau électrique est un ensemble d'infrastructures 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.

La production de l'énergie électrique consiste en la transformation de l'ensemble des énergies primaires en énergie électrique.

2.2.1. Une centrale électrique : est un site industriel destiné à la production d'électricité. Elle transforme diverses sources d'énergie primaire en énergie électrique en établissant des chaînes énergétiques.

2.2.2. Tranche de production : Elle correspond à l'unité de production standard d'une centrale électrique. On parle généralement de tranche pour qualifier les unités de production des centrales nucléaires ou des centrales thermiques, qui peuvent contenir plusieurs tranches sur un même site.

2.2.3. Moyen de production «dispatchable» : Ce terme désigne un moyen de production d'énergie considéré comme flexible vis-à-vis du gestionnaire de réseau. Les moyens de production «dispatchables» peuvent notamment réagir de manière commandée à une sollicitation du gestionnaire de réseau en injectant à la hausse ou à la baisse, ceci dans un temps imparti.

2.2.4. Moyens de production centralisé et décentralisé Les termes centralisé et décentralisé rendent compte du niveau de dissémination d'un parc de production d'énergie. Sans qu'il y ait de distinction univoque entre les deux catégories, on parlera de moyens centralisés lorsque la production énergétique est concentrée en quelques points du réseau (centrale nucléaire, centrale thermique à flamme, etc.) et de moyens décentralisés lorsqu'il existe une multitude de points d'injection avec des systèmes de tailles unitaires réduites (éolienne, panneau solaire, etc.).

2.2.5. Pointe électrique : Elle correspond à un maximum de puissance électrique sur le réseau, et donc à un pic de consommation d'électricité. Les profils de consommation d'électricité suivent une trame globalement périodique avec un pas journalier, hebdomadaire ou saisonnier. Ainsi, on parlera de pointe journalière pour désigner le maximum de puissance appelée sur une journée. Le niveau de la pointe saisonnière, désignant le maximum de puissance appelée sur une année, permet quant à lui de dimensionner en puissance le parc de production d'électricité.

2.2.6. Réactivité : La réactivité d'un moyen de production d'énergie qualifie sa capacité à répondre plus ou moins vite à une consigne de fonctionnement. La définition précise d'un indicateur de

réactivité dépend du type de consigne considéré (réactivité au démarrage ou en fonctionnement, temps de montée en charge partielle ou totale, vitesse de montée en charge, etc.).

2.2.7. Appel de puissance d'un réseau : La puissance demandée par l'ensemble des clients d'un réseau subit de grandes fluctuations selon l'heure de la journée et selon les saisons. Ces fluctuations de l'appel de puissance obligent les compagnies d'électricité à prévoir trois classes de centrales de génération :

- Les centrales de base de grande puissance qui débitent leur pleine capacité en tout temps. Les centrales nucléaires et les centrales thermiques sont particulièrement aptes à remplir ce rôle.
- Les centrales intermédiaires de puissance moyenne qui peuvent réagir rapidement aux fluctuations de la demande. C'est le cas des centrales hydrauliques dont le débit est facilement contrôlable.
- Les centrales de pointe de puissance moyenne qui ne débitent leur pleine capacité que pendant de courtes périodes. C'est pourquoi les compagnies d'électricité encouragent les usagers à limiter leur charge de pointe.

2.2.8. Modes de production de l'énergie électrique : Une des souplesses signalées du système électrique est de pouvoir disposer de moyens de production alimentés par les sources d'énergie les plus diverses, dont les caractéristiques techniques et économiques sont suffisamment variées pour satisfaire à tous les aspects de la demande, et dont les localisations géographiques peuvent être très différentes, imposées soit par la source d'énergie, soit pour le bon équilibre dynamique du réseau. Un groupe de production se caractérise par de nombreux paramètres techniques dont on ne cite ici que les principaux :

- sa puissance unitaire nominale ;
- son domaine de fonctionnement en tension et en fréquence ;
- son minimum technique (sa puissance minimale en fonctionnement continu) ;
- son temps de démarrage, son aptitude à participer au réglage de la fréquence ;
- sa capacité de suivi de charge. Les modes de production se classent en grandes catégories selon le principe de la transformation en électricité de l'énergie primaire utilisée. Les plus courantes sont brièvement décrites dans le schéma de la figure 2.2.

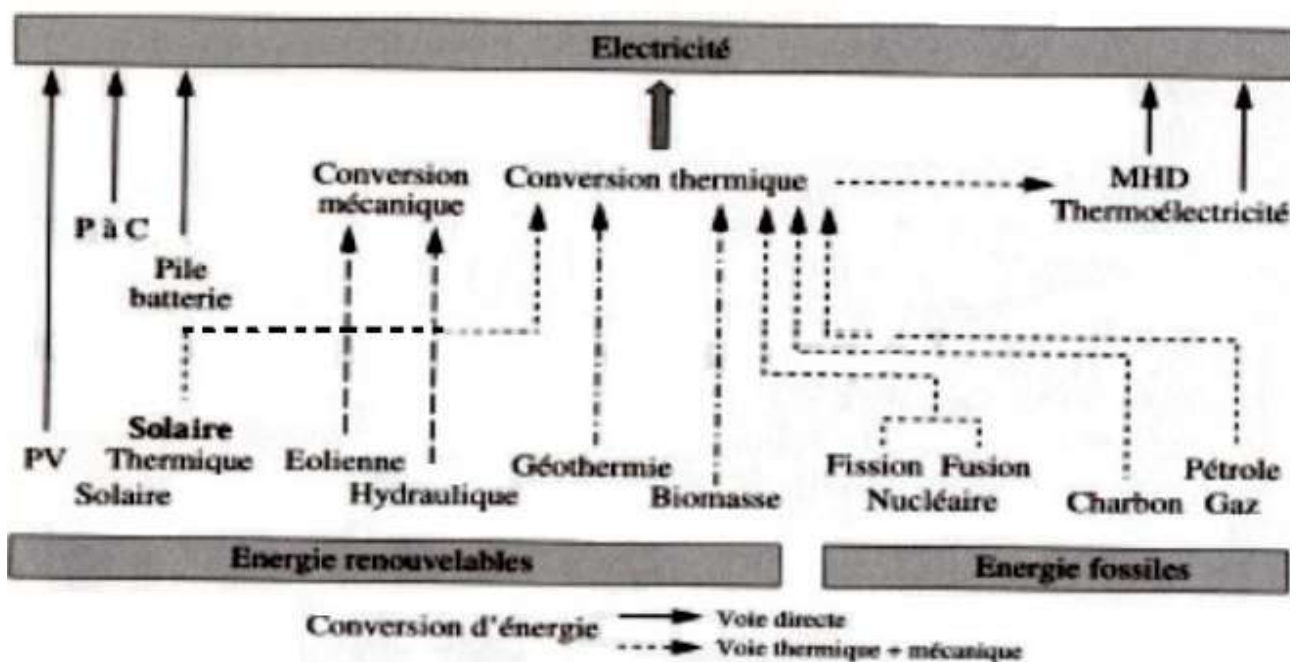


Figure 2.2. Modes de production de l'énergie

Le choix d'un système de production d'électricité dépend principalement de la disponibilité des ressources énergétiques. Par exemple, la majorité des centrales de production d'énergie électrique

en Algérie utilise le gaz naturel comme énergie primaire. Le choix du système peut aussi dépendre de l'impact environnemental des différentes ressources énergétiques. La dernière section de ce chapitre est réservée aux énergies renouvelables.

2.2.9. Le réseau domestique : Le réseau électrique installé dans un domicile se compose de deux principaux éléments qu'on peut catégoriser comme ci : l'avant et l'après compteurs (Figure 2.3.). La partie avant comporte les poteaux câblages servant à acheminer l'électricité vers le compteur. La deuxième partie commence à partir du compteur.

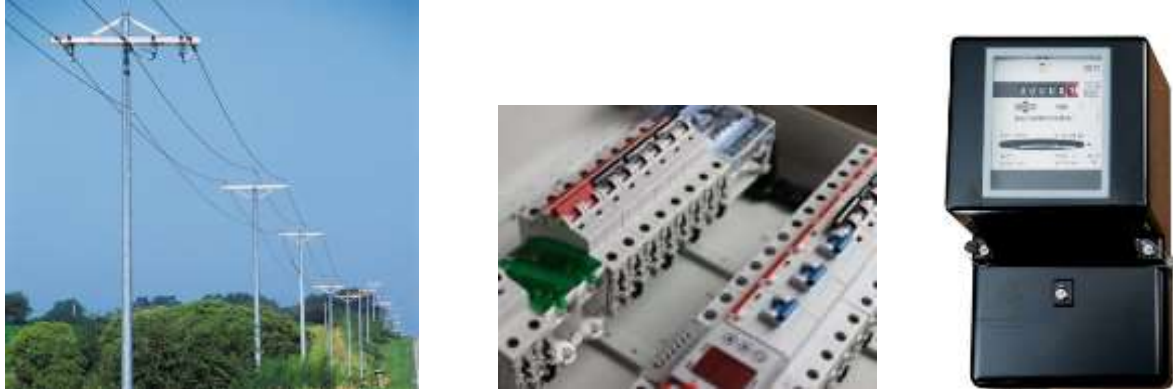


Figure 2.3. Compteurs domestiques

Ainsi, la première partie d'une installation électrique se compose des éléments essentiels pour une bonne distribution du courant électrique au sein d'un réseau domestique. Le premier élément à considérer est le compteur électrique. Si ce dernier fait bien partie du gestionnaire, en cas de problèmes, sa réparation est confiée au technicien EDF ou un autre travaillant sur le réseau de distribution général. Sur ce compteur, on trouve également le disjoncteur général. Ensuite, viennent les câbles qui connectent le compteur avec le tableau électrique, un des éléments les plus importants sur un gestionnaire de réseau électrique domestique. Sur le tableau électrique, on peut trouver des peignes verticales ou horizontales, un interrupteur différentiel, un disjoncteur différentiel et quelques autres équipements qui vont servir à réguler la circulation du courant électrique. Plusieurs centaines de professionnels travaillent afin de mettre en place des équipements électriques correspondant aux moindres désirs de leurs clients. Ces derniers sont devenus experts en tableau électrique et en gestionnaire de réseau électrique à domicile.

2.2.10. Les réseaux de transport et de distribution d'électricité : Les réseaux de distribution ont pour but d'acheminer l'électricité d'un réseau de transport ou de répartition jusqu'au consommateur.



Figure 2.4. Transport de l'électricité

Le réseau de transport et de distribution de l'électricité est organisé à la manière d'un réseau routier avec ses grands axes, ses axes secondaires et ses échangeurs :

- le réseau de transport joue le rôle du réseau des autoroutes et des routes nationales ;
- le réseau de distribution joue celui du réseau des routes départementales ;
- pour passer d'un réseau à un autre, les postes de transformation jouent le rôle d'échangeurs.

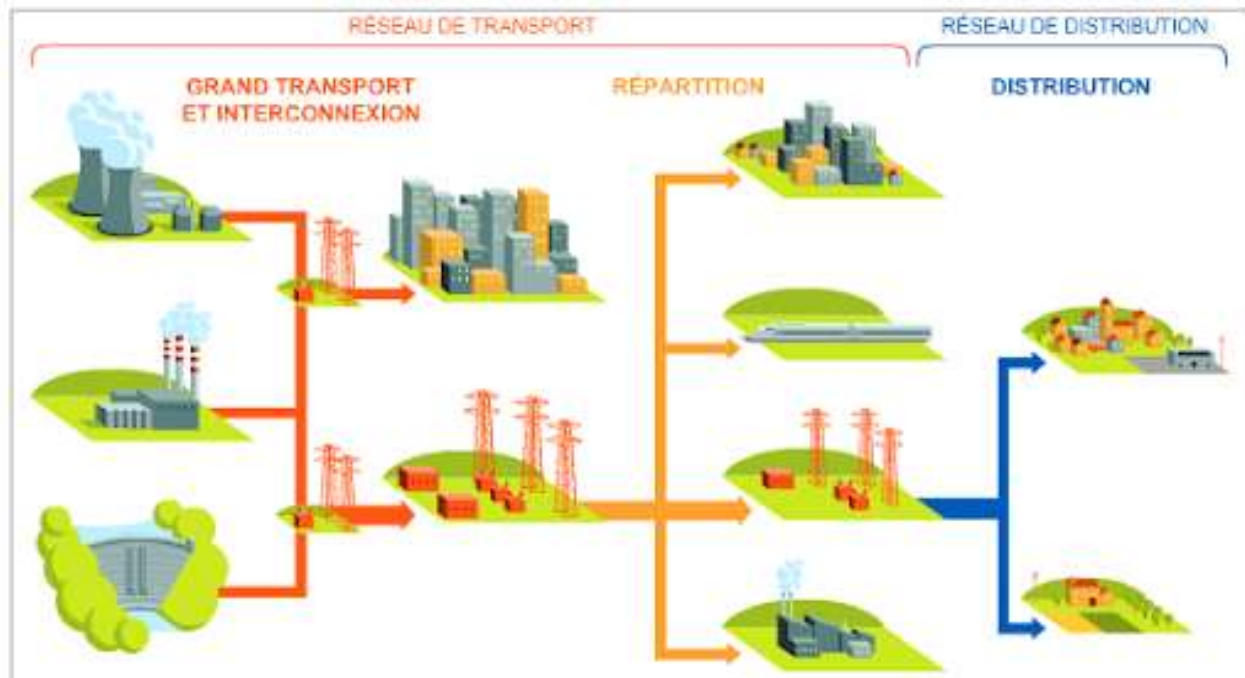


Figure 2.5. Réseaux de transport et de distribution de l'électricité

L'acheminement de l'énergie électrique est organisé en 2 niveaux : le réseau de transport et le réseau de distribution.

La consommation varie donc en permanence au cours de la journée et de l'année. Comme l'électricité ne peut pas se stocker, la production doit être ajustée à cette consommation.

2.3. Les machines électriques

2.3.1. Classifications des machines électriques : Le but essentiel des machines électriques est la transformation de l'énergie d'une forme dans une autre, l'une au moins de ces formes étant électrique, l'autre pouvant être électrique ou mécanique.

Les machines électriques font intervenir comme éléments fondamentaux :

- les courants électriques ;
- les champs magnétiques.

Le fonctionnement est donc basé sur les lois de l'électromagnétisme. On peut, à priori, classer les machines électriques en trois catégories principales :

2.3.1.1. Les machines génératrices qui transforment l'énergie mécanique en énergie électrique.

Leur fonctionnement est basé sur l'induction d'un courant électrique dans un circuit conducteur par **déplacement relatif** de celui-ci et d'un champ magnétique, à l'aide d'un engin d'entraînement mécanique. Selon que le courant électrique induit est continu ou alternatif, la machine génératrice sera appelée **dynamo** ou **alternateur**.

La Figure 2.6 schématise le fonctionnement des machines génératrices. On remarque qu'en pratique, le déplacement relatif du circuit électrique et du champ magnétique est obtenu :

- dans le cas de l'alternateur, par rotation du champ magnétique, le circuit étant fixe ;
- et dans le cas de la dynamo, par rotation du circuit électrique dans un champ magnétique fixe.

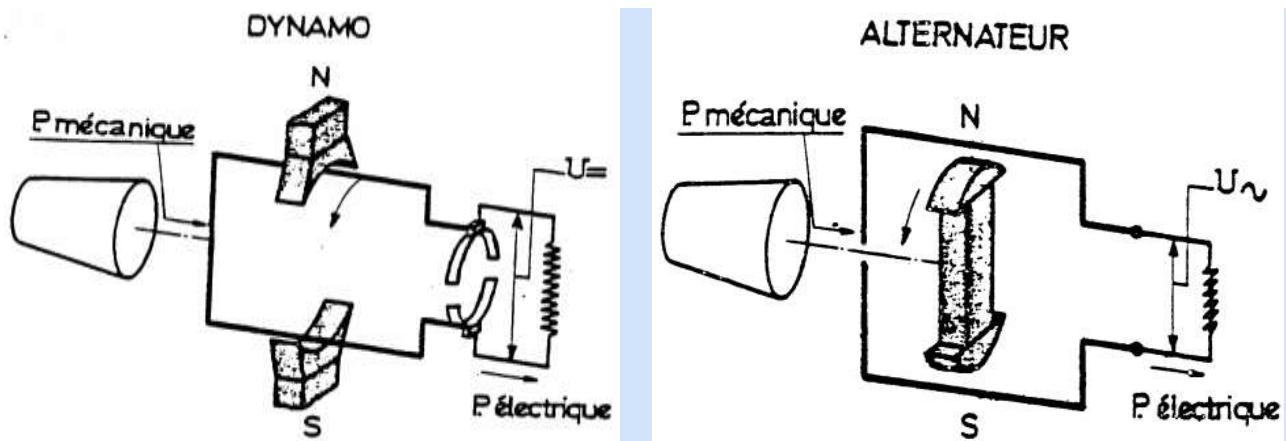


Figure 2.6. Les machines génératrices

2.3.1.2. Les moteurs électriques : Leur fonctionnement est basé sur l'obtention d'un effort mécanique par action d'un champ magnétique sur un circuit électrique traversé par un courant fourni par une source extérieure, laquelle peut aussi produire éventuellement le champ magnétique. Selon que le courant électrique fourni par la source extérieure est continu ou alternatif, la machine sera appelée **moteur à courant continu** ou **moteur à courant alternatif** (synchrone ou asynchrone).

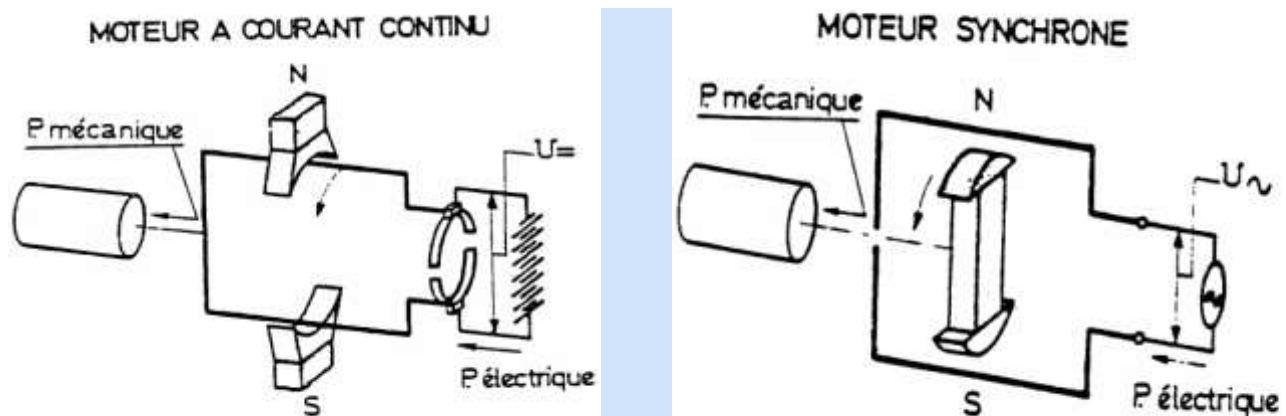


Figure 2.7. Moteur à courant continu, moteur synchrone

2.3.1.3. Les machines transformatrices : La catégorie la plus importante est le **transformateur** qui modifie la grandeur des courants et tensions alternatifs (Figure 2.8). Son fonctionnement est basé sur l'induction d'un courant électrique dans un circuit conducteur fixe sous l'action d'un champ magnétique variable dans le temps mais fixe dans l'espace. Les autres machines transformatrices (**changeurs de fréquence**, **commutatrices** transformant le courant alternatif en continu ou inversement) sont supplantées aujourd'hui par des systèmes statiques utilisant l'**électronique de puissance**.

Cette dernière propriété est très importante. Parce que leur couple est faible à vitesse réduite et nul au démarrage (à vitesse nulle), les moteurs thermiques (à explosion ou diesels) nécessitent un embrayage et un dispositif mécanique à engrenages : la boîte de vitesses.

Le moteur tournant déjà, c'est en faisant patiner l'embrayage que l'on peut communiquer le mouvement à la charge : cela entraîne une dissipation d'énergie thermique par frottements.

C'est aussi l'embrayage qui permet de découpler le moteur de la charge pour changer le rapport de la boîte de vitesses.

L'embrayage n'est pas un dispositif transposable dans le domaine des grandes puissances.

C'est pour cela que sur les locomotives diesel-électriques, le moteur diesel n'entraîne pas la locomotive : il fait tourner un générateur qui alimente un moteur électrique et c'est ce dernier qui assure l'effort de traction.

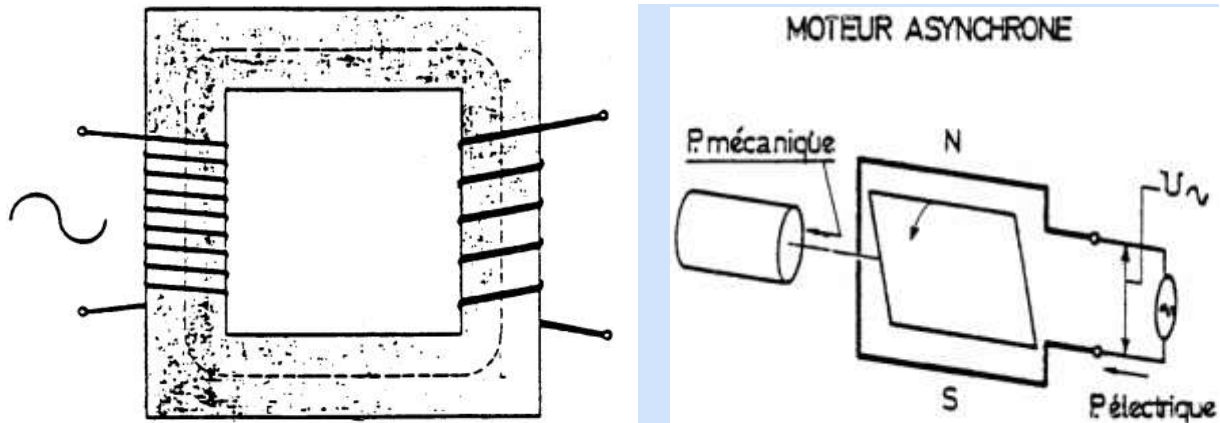


Figure 2.8. Transformateur, moteur asynchrone

Les qualités qui font la supériorité du moteur électrique sur le moteur thermique sont :

- la facilité d'emploi dans le cas de démarrages fréquents ;
- la régularité du couple utile ;
- la possibilité d'inversion du sens de rotation sans intervention de dispositifs mécaniques annexes (comme les engrenages).

Ces qualités sont encore accentuées aujourd'hui, grâce à l'utilisation de l'électronique de puissance.

2.3.2. Le moteur asynchrone : Le moteur asynchrone est le moteur le plus utilisé dans l'industrie. Il est peu coûteux, on le fabrique en grande série. Il est robuste et son entretien est très limité. Il est sûr : son fonctionnement ne génère pas d'étincelles à la différence d'un moteur à courant continu. Ce type de moteur équipe la quasi-totalité des machines-outils classiques, tours, fraiseuses, scies bobineuses, tapis roulants, pompes, compresseurs, perceuses,...).

Fonctionnant directement sur le secteur alternatif, sans transformation préalable de l'énergie électrique qui l'alimente, c'est le moteur industriel par excellence qui ne possède pas d'organe délicat comme le collecteur du moteur à courant continu. Les courants qui circulent dans le stator constituent l'unique source externe de champ magnétique : le rotor n'a pas à être relié à une source d'énergie électrique. Il existe bien des courants rotoriques qui participent, eux aussi, à la création du champ magnétique, mais ce sont des **courants induits**. C'est de là que vient le nom parfois donné au moteur asynchrone : "**moteur d'induction**".

Lorsqu'on n'a pas d'exigence très marquée sur la constance de la vitesse d'un moteur, et lorsqu'il n'est pas nécessaire de faire varier celle-ci de manière continue, dans de larges proportions, c'est un moteur asynchrone que l'on utilise.

Sa vitesse varie un peu quand on le charge, on dit qu'il glisse, mais ce glissement, en général, ne dépasse pas quelques % de la vitesse à vide et il est négligeable le plus souvent.

Le démarrage des moteurs asynchrones ne pose pas de problème pour les unités de petite puissance: il est direct. Par contre, pour les moteurs de forte puissance, il faut démarrer sous tension réduite pour éviter un appel de courant trop élevé.

La gamme des puissances des moteurs asynchrones triphasés s'étend de 1 kW à une dizaine de MW. Au-dessous de 1 kW, et notamment pour les usages domestiques (compresseurs de réfrigérateurs, de congélateurs, moteurs de machines à laver, pompes de chauffage central,...), on utilise des moteurs asynchrones monophasés. Le rendement est plus faible que pour une machine triphasée de même puissance, mais cela est d'autant moins important que la puissance mise en jeu est faible.

2.3.3. Le moteur synchrone : Parce que leur fréquence de rotation ne dépend que du réseau qui les alimente, les moteurs synchrones ont des emplois spécifiques, par exemple là où une rotation uniforme est primordiale.

Utilisés directement sur le réseau public, les moteurs synchrones ne peuvent démarrer seuls : on doit d'abord les entraîner à leur vitesse de rotation nominale avant de les coupler au réseau : cela nécessite un moteur auxiliaire. Les moteurs synchrones sont donc d'un emploi malaisé.

La véritable renaissance du moteur synchrone est assez récente : elle est due à l'association de ce moteur avec les onduleurs à thyristors que l'électronique de puissance a permis de mettre au point. Elle concerne le domaine de puissance de l'ordre des MW (donc des moteurs de forte puissance).

Les onduleurs qui alimentent les moteurs synchrones fournissent à ces machines des courants triphasés de fréquence variable à partir d'une source de courant continu (elle-même obtenue par redressement à partir du réseau). Mais, afin que le moteur synchrone ne risque pas de "décrocher", la fréquence des courants créés par l'onduleur tient compte de la vitesse de rotation du moteur. On obtient ainsi les **moteurs synchrones auto-pilotés** qui équipent de nombreuses réalisations modernes (T.G.V. Atlantique, malaxeurs de l'industrie chimique).

Ce type de moteur se développe à un rythme soutenu pour les grandes puissances, mais il faut remarquer que son utilisation mobilise une partie électronique au moins aussi importante que le moteur proprement dit.

2.3.4. Les moteurs à courant continu : L'emploi des moteurs à courant continu est sans équivalent dans le domaine des très faibles puissances (jouets, perceuses miniatures,...). Il est en particulier presque obligatoire dans les équipements des automobiles (essuie-glaces, ventilateurs, lève-vitres, démarreurs,...). Dans le domaine industriel, on trouve des moteurs à courant continu de puissance moyenne dans les applications à vitesse variable. En ce qui concerne les fortes puissances, les limitations technologiques liées à l'alimentation en puissance électrique du rotor font qu'ils sont maintenant supplantés par les moteurs synchrones auto-pilotés qui possèdent globalement les mêmes caractéristiques mécaniques.

La propriété essentielle des moteurs à courant continu est leur remarquable capacité de **variation de vitesse**. Celle-ci peut, en régime permanent, être réglée sans difficulté dans un rapport 1 à 1000. Cette gamme de variation est bien supérieure à celle que l'on peut obtenir avec les autres moteurs électriques, même associés à des dispositifs électroniques. Elle est sans commune mesure avec ce que peuvent assurer les moteurs thermiques.

La variation de vitesse des moteurs à courant continu s'effectue maintenant presque exclusivement grâce à la variation de la tension d'alimentation. Là encore, c'est l'intervention de l'électronique de puissance qui a permis de profiter pleinement des possibilités de ces moteurs. Les dispositifs, devenus usuels que sont, d'une part les **redresseurs commandés à thyristors** et d'autre part, les **hacheurs**, sont en mesure de fournir ces tensions variables à partir, respectivement, du secteur alternatif ou d'une source de tension continue fixe. Mais les moteurs à courant continu sont coûteux. A puissance égale, le prix d'un moteur à courant continu est plus de deux fois celui d'un moteur asynchrone de même puissance.

Aussi, si l'on met à part les usages spécifiques (jouets, automobile...). Imposés par des considérations particulières (sécurité, autonomie, nature de l'alimentation disponible), ce n'est que lorsqu'on a un besoin impérieux de réaliser un entraînement à vitesse très largement variable qu'il faut utiliser un moteur à courant continu.

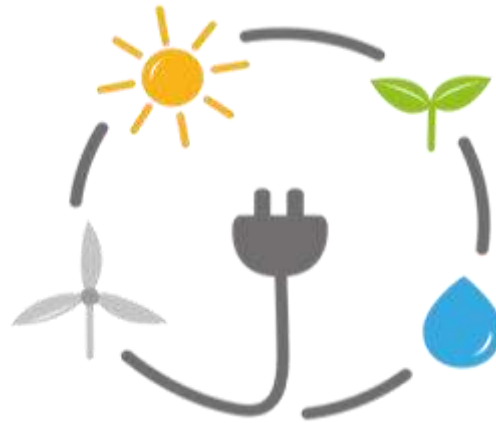
Le domaine d'utilisation privilégié des moteurs à courant continu est celui de la traction électrique (traction automobile, chariots élévateurs, traction ferroviaire). Ce sont alors des **moteurs "série"**.

On emploie aussi les moteurs à courant continu dans les asservissements de vitesse très performants. En effet, pour asservir à une grandeur de commande même constante la vitesse d'un moteur dont la charge varie, il faut pouvoir agir sur cette vitesse de manière à être capable de

rattraper les écarts entre la grandeur de consigne et la vitesse effective. Ainsi, les platines de chaînes Hi-Fi sont équipées de moteurs à courant continu et non de moteurs asynchrones monophasés.

On trouve encore des moteurs à courant continu dans les fabriques de papier (où les différents moteurs agissant sur une même feuille de papier sont asservis les uns aux autres), dans les laminoirs (où les phases de ralentissement et d'inversion du sens de rotation sont extrêmement fréquents), dans beaucoup d'ascenseurs, de machines-outils et de servomécanismes de grandes performances.

2.4. Les énergies renouvelables



Selon L'AIE, La population mondiale devrait augmenter de 1,3 milliard soit, 9 milliards de personnes en 2040.

En conséquence

19 % : Hausse de la demande d'énergie mondiale

29 % : Hausse de la demande de gaz naturel

7 % : Hausse de la demande de pétrole

Par l'épuisement des ressources traditionnelles de l'énergie, il faudrait rapidement voir une transition graduelle par les énergies renouvelables.

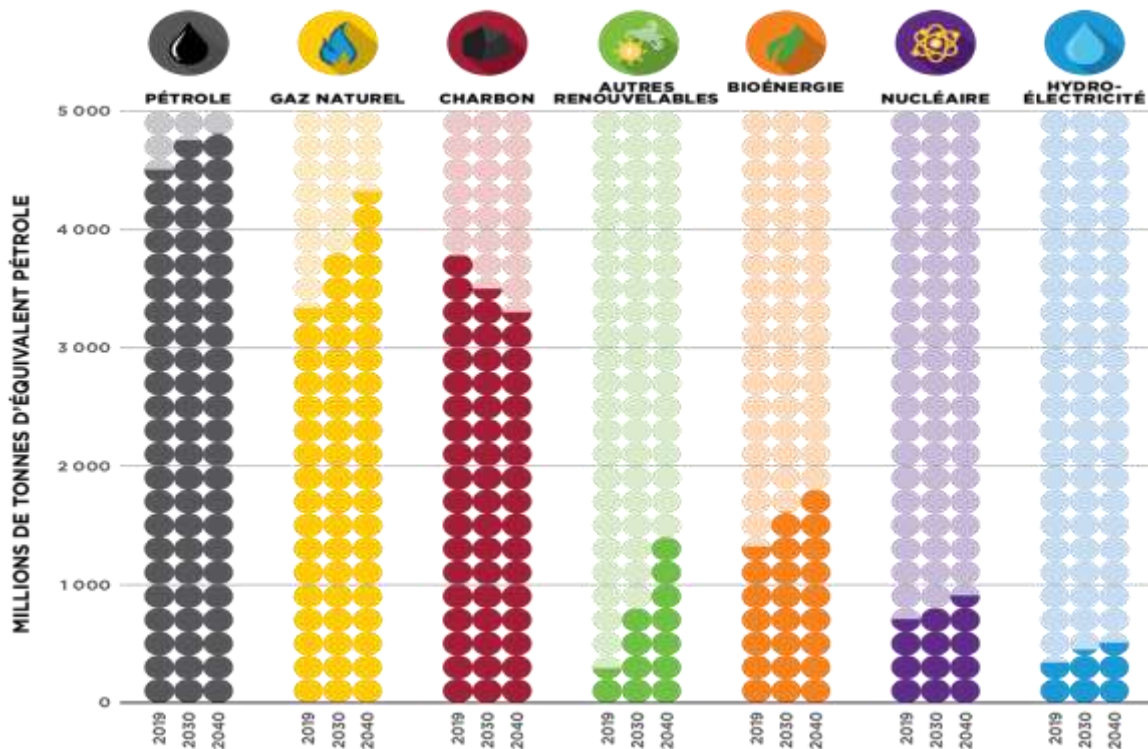


Figure 2.9. Estimation de la consommation d'énergie

Les ressources de substitutions sont l'éolienne, hydraulique, la biomasse, le photovoltaïque...etc.



Figure 2.10. Les énergies renouvelables

2.4.1. L'énergie solaire : Le but des cellules photovoltaïques est de capter le rayonnement du soleil (sa lumière), afin de la transformer en électricité, elle fait appel à l'effet photovoltaïque qui est obtenu à la suite du choc des photons issus de la lumière solaire sur un matériau semi-conducteur. Ce dernier transmet l'énergie des photons aux électrons qui vont alors créer la tension électrique.

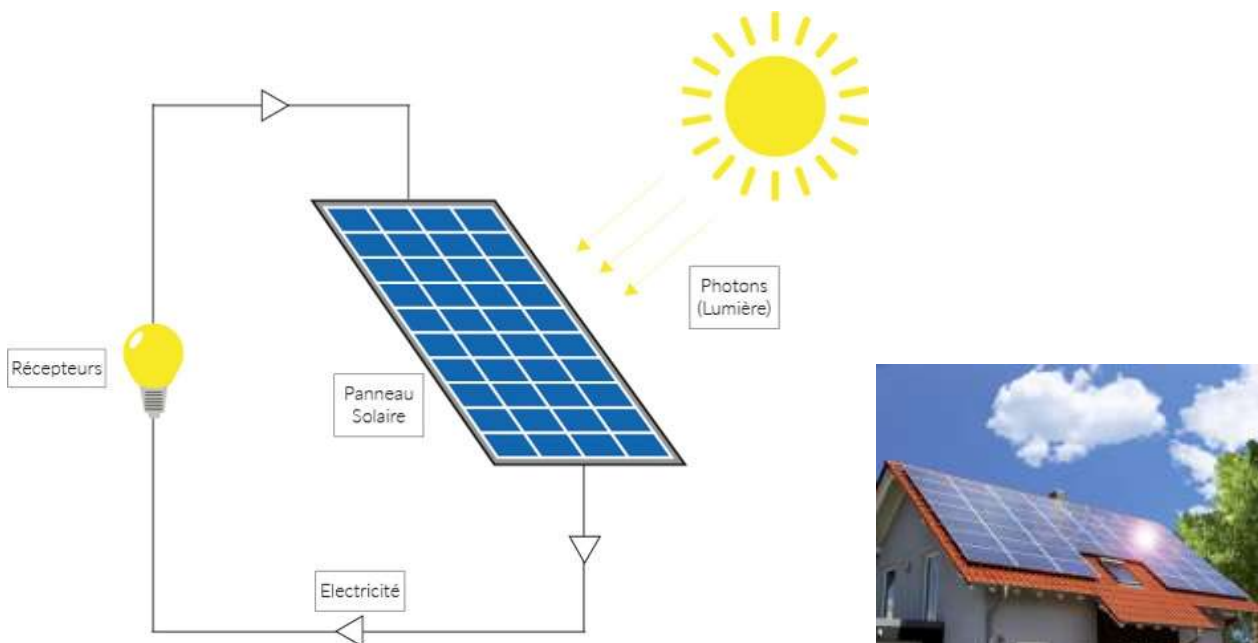


Figure 2.11. Les cellules photovoltaïques

2.4.2. L'énergie éolienne : L'énergie éolienne est une source d'énergie qui dépend du vent. Le soleil chauffe inégalement la Terre, ce qui crée des zones de températures et de pression atmosphérique différentes tout autour du globe. De ces différences de pression naissent des mouvements d'air, appelés vent. Cette énergie permet de fabriquer de l'électricité dans des éoliennes, appelées aussi aérogénérateurs, grâce à la force du vent.



Figure 2.12. L'énergie éolienne

Une éolienne est composée de 4 parties :

- Le mât
- L'hélice
- La nacelle qui contient l'alternateur producteur d'électricité
- Les lignes électriques qui évacuent et transportent l'énergie électrique (lorsqu'elle est raccordée au réseau)

Aujourd'hui, des milliers de parcs d'éoliennes existent dans le monde.

C'est une énergie qui n'émet aucun gaz à effet de serre et sa matière première, le vent, est disponible partout dans le monde et totalement gratuite.

2.4.3. L'énergie hydraulique : L'énergie hydraulique concerne les centrales installées sur les continents - sur les fleuves, les rivières et les lacs - mais aussi les « énergies marines », encore en phase de développement, utilisant la force des vagues, des marées et des courants. Largement exploitées depuis des décennies, les centrales hydrauliques à terre produisent dans le monde près des trois quarts de l'électricité « renouvelable », le reste se partageant entre le solaire, l'éolien, la géothermie, l'énergie marémotrice et la biomasse.



Figure 2.13. Barrage Béni Haroune Mila

Une centrale hydroélectrique est composée de 3 éléments de base :

2.4.3.1. Un barrage : son rôle est d'une part de créer une chute d'eau, d'autre part de stocker l'eau pour alimenter la centrale en toutes circonstances. En plus de la production ou du stockage d'énergie, un barrage présente aussi un intérêt pour réguler les crues d'un cours d'eau ;

2.4.3.2. Un canal de dérivation : il prélève l'eau dans son milieu naturel (rivière, lac) pour alimenter le réservoir du barrage. Il peut s'agir d'un canal à ciel ouvert, d'une galerie souterraine ou d'une conduite ;

2.4.3.3. Une usine : elle comprend des turbines qui tournent grâce à la chute d'eau et entraînent le générateur d'électricité, en général un alternateur.

2.4.4. La géothermie : Utilise la chaleur des aquifères du sous-sol, voire des roches sèches, captée à plus ou moins grande profondeur, pour alimenter des quartiers urbains, des bâtiments ou des usines, ou encore produire de l'électricité via des centrales. Certains pays dont les conditions géologiques sont favorables l'utilisent de façon massive, comme l'Islande ou les Philippines, deux pays volcaniques. La chaleur d'autres sources peut aussi être captée et utilisée dans des réseaux ou des processus industriels (Figure 2.14).



Figure 2.14. La géométrie

Les différents types de géothermie sont représentés par le tableau 2.1.

Tableau 2.1. Types de géothermie

	Température	Profondeur	Cibles	Méthodes
Géothermie très basse énergie	Moins de 30 °C	10 à 2 005 m	Maisons individuelles, immeubles, centres commerciaux.	Réseaux horizontaux, sondes verticales, captage de l'eau des nappes. Avec appui pompes à chaleur.
Géothermie profonde basse énergie	Entre 30 et 90 °C	Entre 200 et 25 005 m	Quartiers, parcs industriels.	Doublets (2 forages verticaux dans aquifères).
Géothermie haute énergie	Plus de 150 °C	Entre 1 500 m et 50 005 m	Usines de production d'électricité.	Forages profonds dans aquifères – ou injection d'eau dans roches profondes.

Les installations géothermiques présentent l'avantage d'occuper peu d'espace en surface, d'être non polluantes et insonores. Elles ne consomment pas d'eau puisque celle-ci est renvoyée en sous-sol. Mais les réservoirs géothermiques ont tendance à s'épuiser au-delà de 30 ou 50 ans d'exploitation. Les forages profonds doivent être surveillés pour ne pas provoquer de secousses sismiques. En surface, le transport de la chaleur sur de longues distances génère d'importantes pertes thermiques.

CHAPITRE III : L'AUTOMATISME



3.1. Définition de l'automatisme :

L'automatisme consiste en l'étude de la commande de systèmes industriels. Les techniques et méthodes d'automatisation sont en continuelle évolution ; elles font appel à des technologies : électromécaniques, électronique, pneumatique, hydraulique. Les automatismes sont présents dans tous les secteurs d'activité (menuiserie, textile, alimentaire, automobile...).

Les automatismes doivent améliorer :

- les conditions de travail,
- la productivité de l'entreprise.

3.2. Description d'un Système Automatisé de Production (S.A.P.)

Tous les systèmes automatisés possèdent une structure générale composée de 3 parties fondamentales (Figure 3.1) :

3.2.1. La partie opérative (P.O.) : que l'on appelle également partie puissance, c'est la partie visible du système (corps) qui permet de transformer la matière d'œuvre entrante. Elle est composée d'éléments mécaniques, d'actionneurs (vérins, moteurs), de préactionneurs (distributeurs et contacteurs) et des éléments de détection (capteurs, détecteurs).

Pour réaliser les mouvements il est nécessaire de fournir une énergie à la PO. Dans le cadre des SAP nous étudierons principalement les trois suivantes :

- Electrique
- Pneumatique (air sous pression).
- Hydraulique (huile sous pression)

3.2.2. La partie commande (P.C.) : c'est la partie qui traite les informations, elle gère et contrôle le déroulement du cycle (cerveau).

3.2.3. Le pupitre : permet d'intervenir sur le système (marche, arrêt, arrêt d'urgence...) et de visualiser son état (voyants).

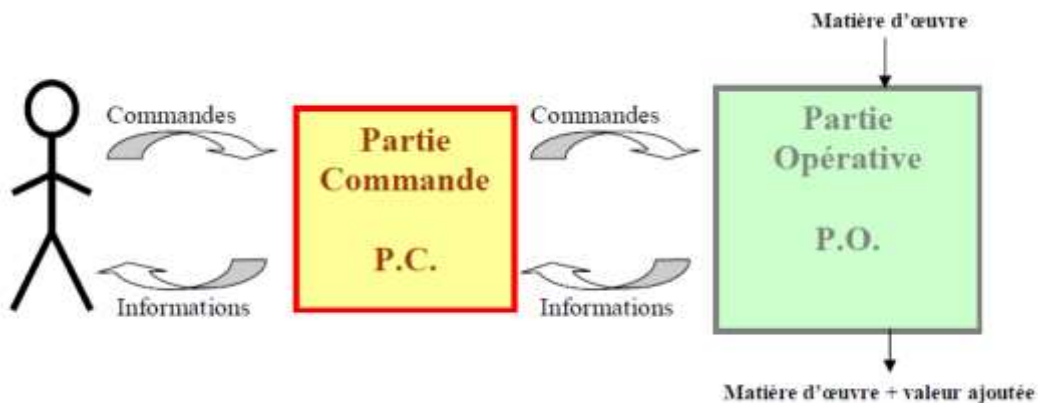


Figure 3.1. Système automatisé de production

3.3. Pourquoi l'automatisation ?

L'automatisation permet d'apporter des éléments supplémentaires à la valeur ajoutée par le système. Ces éléments sont exprimables en termes d'objectifs par:

- Accroître la productivité (rentabilité, compétitivité) du système ;
- Améliorer la flexibilité de production ;
- Améliorer la qualité du produit ;
- Adaptation à des contextes particuliers tel que les environnements hostiles pour l'homme (milieu toxique, dangereuse, nucléaire), adaptation à des tâches physiques ou intellectuelles pénibles pour l'homme (manipulation de lourdes charges, tâches répétitives parallélisées...),
- Augmenter la sécurité, etc.

3.4. Les automates programmables industriels

Un Automate Programmable Industriel (API) est une machine électronique programmable par un personnel et destiné à piloter en ambiance industrielle et en temps réel des procédés industriels. Un automate programmable est adaptable à un maximum d'application, d'un point de vue traitement, composants, langage. C'est pour cela qu'il est de construction modulaire.

3.4.1. Avantages : utilisation de relais électromagnétiques et de systèmes pneumatiques pour la réalisation des parties de commandes (Logique câblée).

3.4.2. Inconvénients : cher, pas de flexibilité, pas de communication possible.

Solution : utilisation de systèmes à base de microprocesseurs permettant une modification aisée des systèmes automatisés (Logique programmée).

3.4.3. Domaines d'emploi des automates : On utilise les API dans tous les secteurs industriels pour la commande des machines (convoyage, emballage ...) ou des chaînes de production (automobile, agroalimentaire ...) ou il peut également assurer des fonctions de régulation de processus (métallurgie, chimie ...).

Il est de plus en plus utilisé dans le domaine du bâtiment (tertiaire et industriel) pour le contrôle du chauffage, de l'éclairage, de la sécurité ou des alarmes.

De type modulaire, le processeur, l'alimentation et les interfaces d'entrées / sorties résident dans des unités séparées (modules) et sont fixées sur un ou plusieurs racks contenant le "fond de panier" (bus plus connecteurs). Ces automates sont intégrés dans les automatismes complexes où puissance, capacité de traitement et flexibilité sont nécessaires.

3.4.4. Structure générale des API : Les caractéristiques principales d'un automate programmable industriel (API) sont : coffret, rack, baie ou cartes :

- Compact ou modulaire
- Tension d'alimentation
- Taille mémoire
- Sauvegarde (EPROM, EEPROM, pile, ...)
- Nombre d'entrées / sorties
- Modules complémentaires (analogique, communication,..)
- Langage de programmation

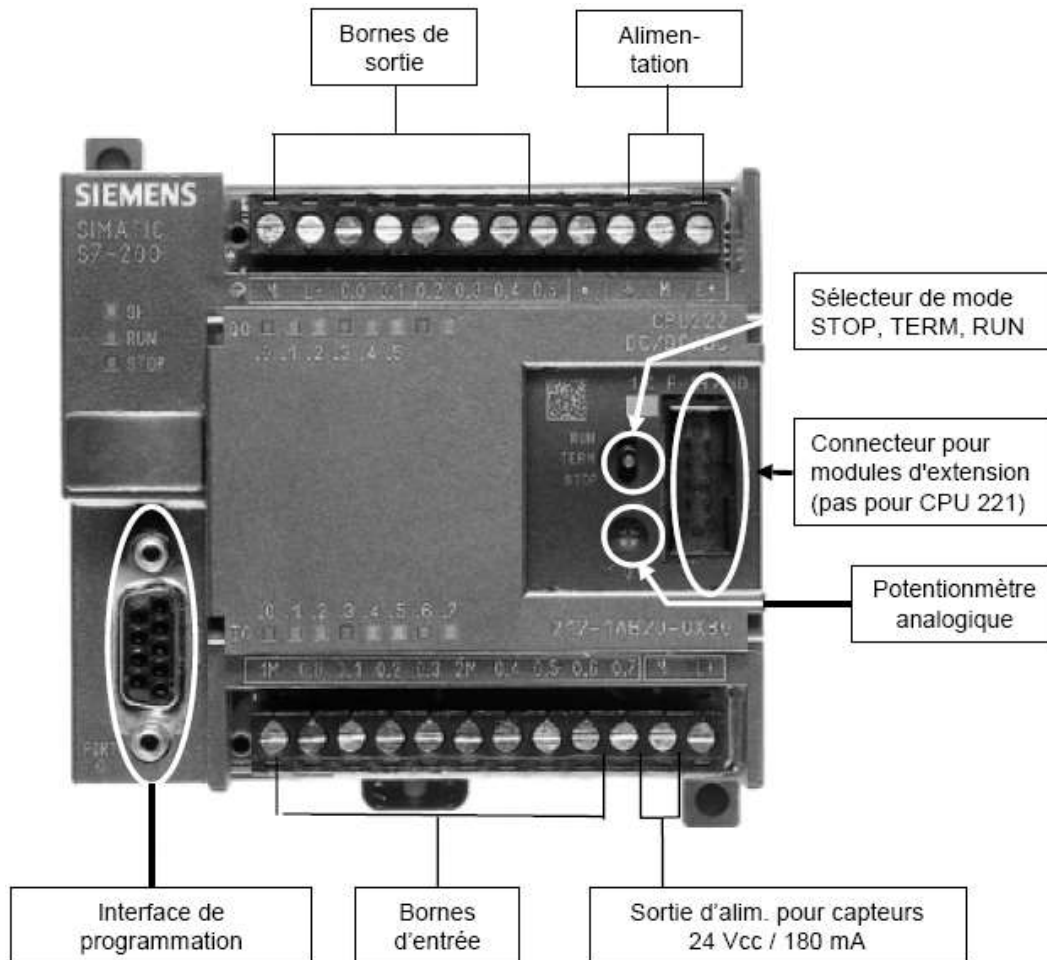


Figure 3.2. Aspect extérieur d'un automate S7-200 CPU222

Des API en boîtier étanche, sont utilisés pour les ambiances difficiles (température, poussière, risque de projection...) supportant ainsi une large gamme de température, humidité. L'environnement industriel se présente sous trois formes :

- environnement physique et mécanique (poussières, température, humidité, vibrations);
- pollution chimique ;
- perturbation électrique. (parasites électromagnétiques)



Figure 3.3. Automate Modulaire

3.4.5. Structure interne d'un automate programmable industriel (API) :

Les API comportent quatre principales parties (Figure 4.4) :

- Une unité de traitement (un processeur CPU);
- Une mémoire ;
- Des modules d'entrées-sorties ;
- Des interfaces d'entrées-sorties ;
- Une alimentation 230 V, 50/60 Hz (AC) - 24 V (DC).

La structure interne d'un **automate programmable industriel** (API) est assez voisine de celle d'un système informatique simple, L'unité centrale est le regroupement du processeur et de la mémoire centrale. Elle commande l'interprétation et l'exécution des instructions programme. Les instructions sont effectuées les unes après les autres, séquencées par une horloge.

Deux types de mémoire cohabitent :

- **La mémoire Programme** où est stocké le langage de programmation. Elle est en général figée, c'est à dire en lecture seulement. (ROM : mémoire morte)
- **La mémoire de données** utilisable en lecture-écriture pendant le fonctionnement c'est la RAM (mémoire vive). Elle fait partie du système entrées-sorties. Elle fige les valeurs (0 ou 1) présentes sur les lignes d'entrées, à chaque prise en compte cyclique de celle-ci, elle mémorise les valeurs calculées à placer sur les sorties.

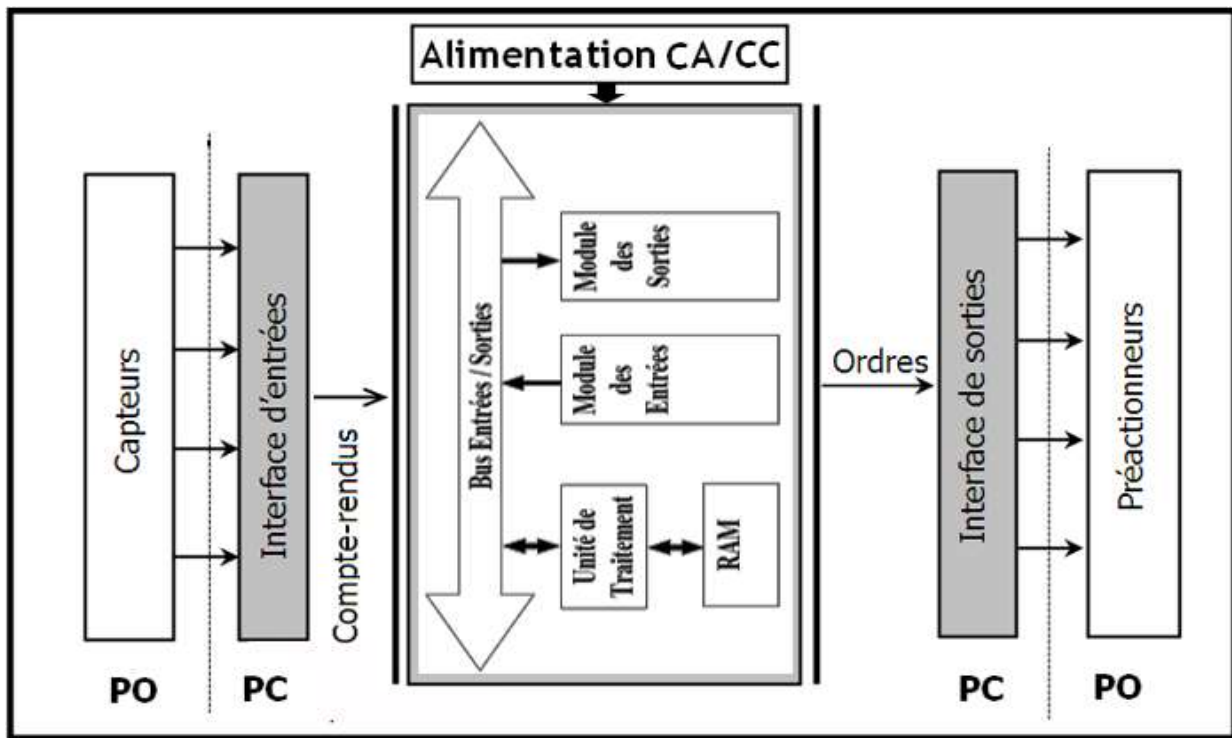


Figure 3.4. Structure interne d'un automate programmable industriel (API)

3.5. Fonctionnement

L'automate programmable **reçoit** les informations relatives à l'état du système et puis **commande** les pré-actionneurs suivant le programme inscrit dans sa mémoire. Généralement les automates programmables industriels ont un fonctionnement cyclique. Le **microprocesseur** réalise toutes les fonctions logiques ET, OU, les fonctions de temporisation, de comptage, de calcul... Il est connecté aux autres éléments (mémoire et interface E/S) par des liaisons **parallèles** appelées '**BUS**' qui véhiculent les informations sous forme binaire.. Lorsque le fonctionnement est dit synchrone par rapport aux entrées et aux sorties, le cycle de traitement commence par la prise en compte des entrées qui sont figées en mémoire pour tout le cycle.

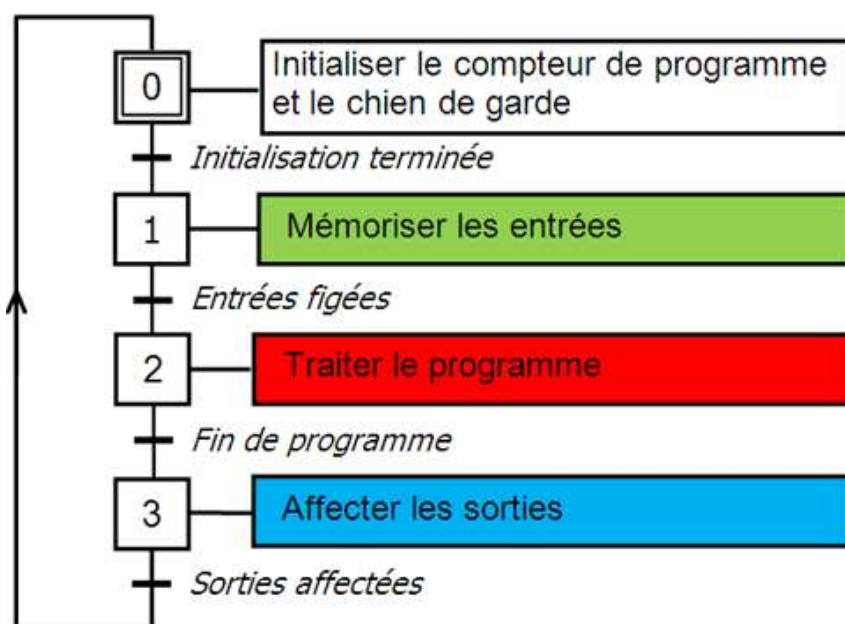


Figure 3.5. Fonctionnement cyclique de l'automate programmable

3.6. Description plus détaillée des éléments d'un API

3.6.1. La mémoire : Elle est conçue pour recevoir, gérer, stocker des informations issues des différents secteurs du système que sont le terminal de programmation (PC ou console) et le processeur, qui lui gère et exécute le programme. Elle reçoit également des informations en provenance des capteurs.

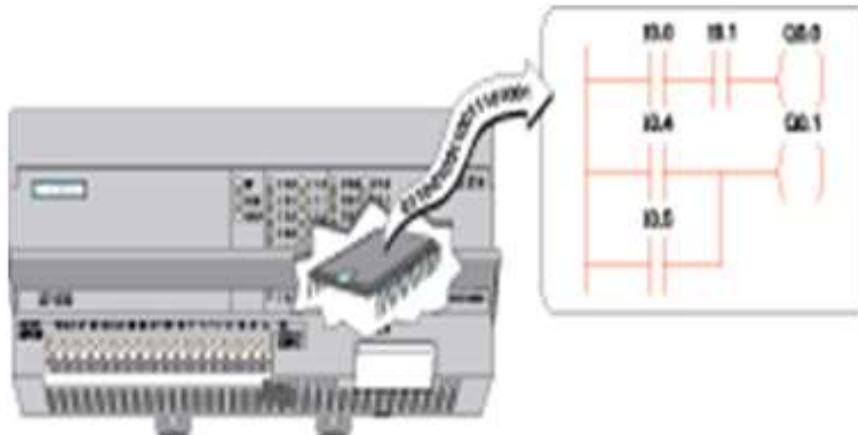


Figure 3.6. La mémoire

Il existe dans les automates deux types de mémoires qui remplissent des fonctions différentes :

- La mémoire Langage où est stocké le langage de programmation. Elle est en général figée, c'est à dire en lecture seulement. (ROM : mémoire morte)
- La mémoire Travail utilisable en lecture-écriture pendant le fonctionnement c'est la RAM (mémoire vive). Elle s'efface automatiquement à l'arrêt de l'automate (nécessite une batterie de sauvegarde).

Répartition des zones mémoires :

- Table image des entrées
- Table image des sorties
- Mémoire des bits internes
- Mémoire programme d'application

3.6.2. Le processeur : Son rôle consiste d'une part à organiser les différentes relations entre la zone mémoire et les interfaces d'entrées et de sorties et d'autre part à exécuter les instructions du programme.

3.6.3. Les interfaces et les cartes d'Entrées/Sorties: L'interface d'entrée comporte des adresses d'entrée. Chaque capteur est relié à une de ces adresses. L'interface de sortie comporte de la même façon des adresses de sortie. Chaque préactionneur est relié à une de ces adresses. Le nombre de ces entrées est sorties varie suivant le type d'automate. Les cartes d'E/S ont une modularité de 8, 16 ou 32 voies. Les tensions disponibles sont normalisées (24, 48, 110 ou 230V continu ou alternatif...).

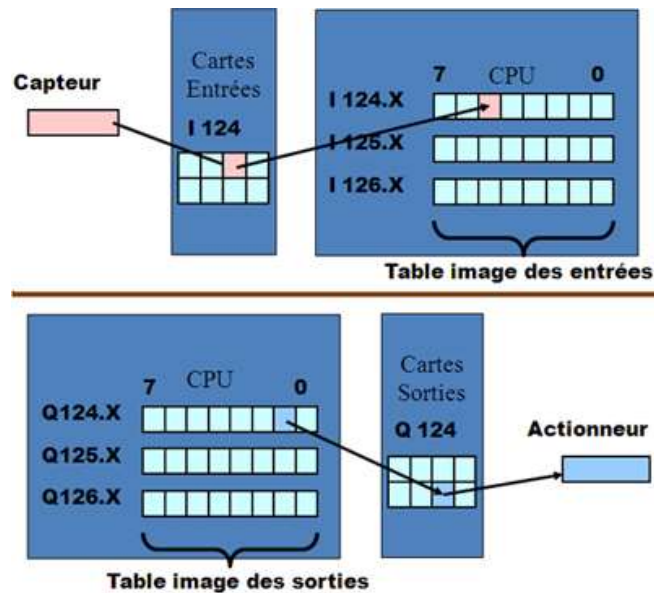


Figure 3.7. Les interfaces d'entrées/sorties

3.6.3.1. Cartes d'entrées : Elles sont destinées à recevoir l'information en provenance des capteurs et adapter le signal en le mettant en forme, en éliminant les parasites et en isolant électriquement l'unité de commande de la partie opérative.

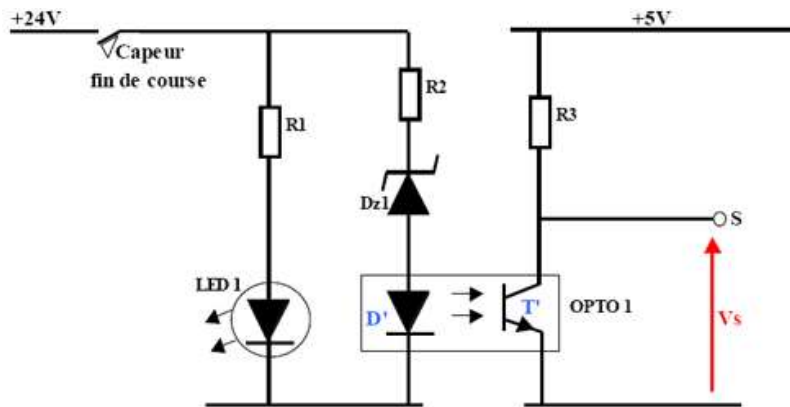


Figure 3.8. Exemple d'une carte d'entrées typique d'un API

3.6.3.2. Cartes de sorties: Elles sont destinées à commander les pré-actionneurs et éléments des signalisations du système et adapter les niveaux de tensions de l'unité de commande à celle de la partie opérative du système en garantissant une isolation galvanique entre ces dernières.

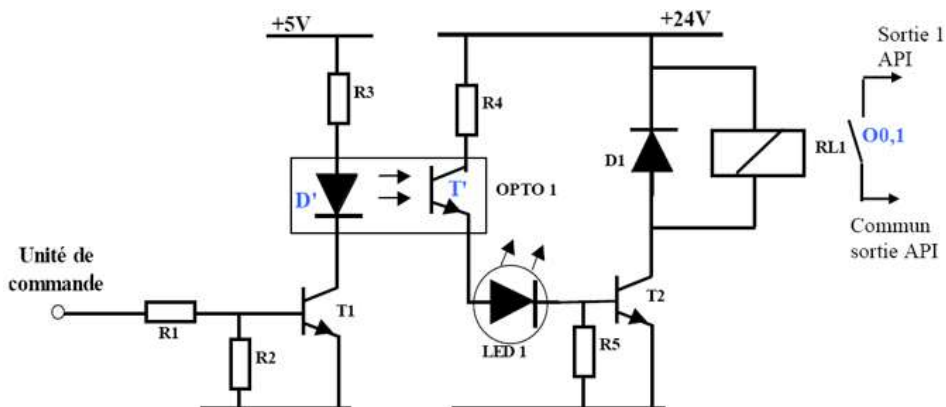


Figure 3.9. Exemple d'une carte de sortie typique d'un API

3.6.4. Exemple de cartes:

3.6.4.1. Cartes de comptage rapide : elles permettent d'acquérir des informations de fréquences élevées incompatibles avec le temps de traitement de l'automate. (signal issu d'un codeur de position)

3.6.4.2. Cartes de commande d'axe : Elles permettent d'assurer le positionnement avec précision d'élément mécanique selon un ou plusieurs axes. La carte permet par exemple de piloter un servomoteur et de recevoir les informations de positionnement par un codeur. L'asservissement de position pouvant être réalisé en boucle fermée.

3.6.4.3. Cartes d'entrées / sorties analogiques : Elles permettent de réaliser l'acquisition d'un signal analogique et sa conversion numérique (CAN) indispensable pour assurer un traitement par le microprocesseur. La fonction inverse (sortie analogique) est également réalisée. Les grandeurs analogique sont normalisées : 0-10V ou 4-20mA.

- Cartes de régulation PID
- Cartes de pesage
- Cartes de communication (**RS485, Ethernet ...**)
- Cartes d'entrées / sorties déportées

3.6.5. L'alimentation électrique : Tous les automates actuels sont équipés d'une alimentation 240 V 50/60 Hz, 24 V DC. Les entrées sont en 24 V DC et une mise à la terre doit également être prévue.

3.7. Jeu d'instructions

Le processeur peut exécuter un certain nombre d'opérations logiques; l'ensemble des instructions booléennes des instructions complémentaires de gestion de programme (saut, mémorisation, adressage ...) constitue un jeu d'instructions.

Chaque automate possède son propre jeu d'instructions. Mais par contre, les constructeurs proposent tous une interface logicielle de programmation répondant à la norme CEI1131-3. Cette norme définit cinq langages de programmation utilisables, qui sont :

3.7. 1. Les langages graphiques :

- LD : Ladder Diagram (Diagrammes échelle)
- FBD : Function Block Diagram (Logigrammes)
- SFC : Sequential Function Chart (Grafcet)

3.7. 2. Les langages textuels :

- IL : Instruction List (Liste d'instructions).
- ST : Structured Text (Texte structuré).

Le langage à relais (Ladder Diagram) est basé sur un symbolisme très proche de celui utilisé pour les schémas de câblage classiques. Les symboles les plus utilisés sont donnés au tableau 3.1

Tableau 3.1. Symboles usuels en langages LD

Fonction	Symbole	
	Européen	Américain
Contact ouvert au repos		
Contact fermé au repos		
Début de branchement		
Fin de branchement		
Affectation		

3.8. La Sécurité

Les systèmes automatisés sont, par nature, source de nombreux dangers (tensions utilisées, déplacements mécaniques, jets de matière sous pression ...).

Placé au cœur du système automatisé, l'automate se doit d'être un élément fiable car un dysfonctionnement de celui-ci pourrait avoir de graves répercussions sur la sécurité des personnes, de plus les coûts de réparation et un arrêt de la production peuvent avoir de lourdes conséquences sur le plan financier. Aussi, l'automate fait l'objet de nombreuses dispositions pour assurer la sécurité :

3.8.1. Contraintes extérieures : l'automate est conçu pour supporter les différentes contraintes du monde industriel et a fait l'objet de nombreux tests normalisés.

3.8.2. Coupures d'alimentation : l'automate est conçu pour supporter les coupures d'alimentation et permet, par programme, d'assurer un fonctionnement correct lors de la réalimentation (reprises à froid ou à chaud)

3.8.3. Mode RUN/STOP : Seul un technicien peut mettre en marche ou arrêter un automate et la remise en marche se fait par une procédure d'initialisation (programmée)

3.8.4. Contrôles cycliques :

- Procédures d'autocontrôle des mémoires, de l'horloge, de la batterie, de la tension d'alimentation et des entrées / sorties
- Vérification du temps de scrutation à chaque cycle appelée (chien de garde), et enclenchement d'une procédure d'alarme en cas de dépassement de celui-ci (réglé par l'utilisateur)

3.8.5. Visualisation : Les automates offrent un écran de visualisation où l'on peut voir l'évolution des entrées / sorties

Les normes interdisent la gestion des arrêts d'urgence par l'automate ; celle-ci doit être réalisée en technologie câblée.

3.9. Réseaux d'automates

3.9.1. Principe : Avec le développement des systèmes automatisés et de l'électronique, la recherche de la baisse des coûts et la nécessité actuelle de pouvoir gérer au mieux la production et à partir du moment où tous les équipements sont de type informatique, il devient intéressant de les interconnecter à un mini-ordinateur ou à un automate de supervision.

L'interconnexion entre deux automates peut être réalisée très simplement en reliant une ou plusieurs sorties d'un automate à des entrées de l'autre et vice-versa.

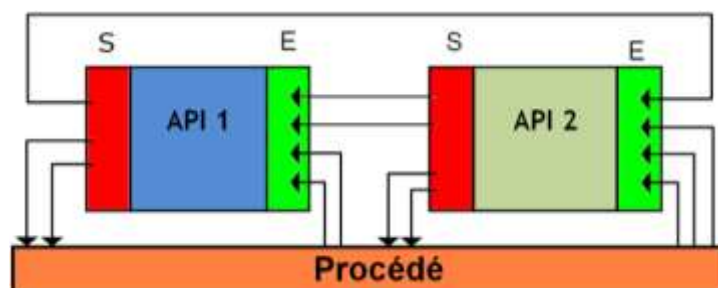


Figure 3.10. Interconnexion simple (Entrées/Sorties) entre deux automates (API)

Cette méthode ne permet pas de transférer directement des variables internes d'un automate sur l'autre, de sorte que celles-ci doivent être converties par programme en variables de sortie avant leur transfert. Elle devient coûteuse en nombre d'entrées/sorties mobilisé pour cet usage et lourde du

point de vue du câblage, lorsque le nombre de variables qui doivent être échangées devient important.

3.9.2. Bus de terrain : Pour diminuer les coûts de câblage des entrées/sorties des automates, sont apparus les bus de terrains. L'utilisation de blocs d'entrées/sorties déportés a permis tout d'abord de répondre à cette exigence.

Les interfaces d'entrées/sorties sont déportées au plus près des capteurs. Avec le développement technologique, les capteurs, détecteurs ... sont devenus "intelligents" et ont permis de se connecter directement à un bus.

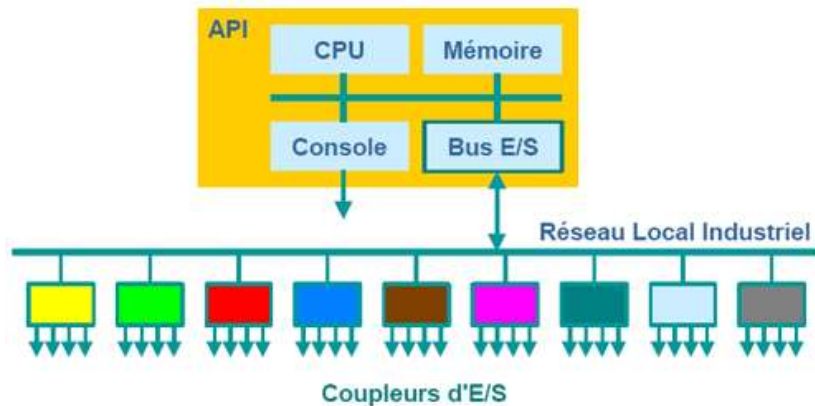


Figure 3.11. Interconnexion par entrées/sorties déportées

Plusieurs protocoles de communication et des standards sont apparus pour assurer le "multiplexage" de toutes les informations en provenance des capteurs/préactionneurs par exemple le bus ASi (Actuators Sensors interface) est un bus de capteurs/actionneurs de type Maître / Esclave qui permet de raccorder 31 esclaves (capteurs ou préactionneurs) sur un câble spécifique (deux fils) transportant les données et la puissance.

Ce bus est totalement standardisé et permet d'utiliser des technologies de plusieurs constructeurs

Avantages des bus de terrain :

- Réduction des coûts de câblage et possibilité de réutiliser le matériel existant
- Réduction des coûts de maintenance

Inconvénients des bus de terrain :

- Taille du réseau limitée
- Latence dans les applications à temps critique
- Coût global

3.9.3. Différents types de réseaux d'automates :

3.9.3.1. Réseau en étoile : Un centre de traitement commun échange avec chacune des autres stations. Deux stations ne peuvent pas échanger directement entre elles. Exemple le réseau de terrain BITBUS de la société INTEL

Avantages :

- Grande vitesse d'échange.
- Différent types de supports de transmission.
- Pas de gestion d'accès au support.

Inconvénients :

- Coût global élevé.
- Evolutions limitées.
- Tout repose sur la station centrale.

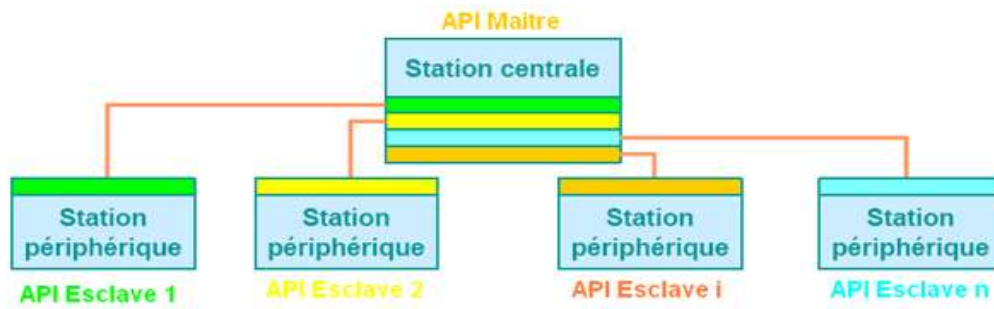


Figure 3.12. Interconnexion par entrées/sorties déportées

3.9.3.2. Réseau en anneau : Chaque station peut communiquer avec sa voisine. Cette solution est intéressante lorsqu'une station doit recevoir des informations de la station précédente ou en transmettre vers la suivante.

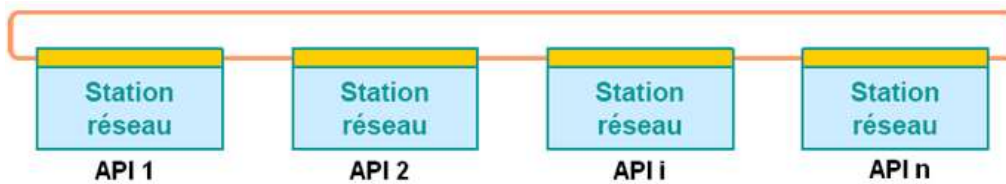


Figure 3.13. Topologie Anneau

Avantages :

- Signal régénéré donc fiable.
- Contrôle facile des échanges (le message revient à l'émetteur).

Inconvénients :

- Chaque station est bloquante.
- Une extension interrompt momentanément le réseau.

3.9.3.3. Réseau hiérarchisé : C'est la forme de réseaux la plus performante. Elle offre une grande souplesse d'utilisation, les informations pouvant circuler entre-stations d'un même niveau ou circuler de la station la plus évoluée (en général un ordinateur) vers la plus simple, et réciproquement.

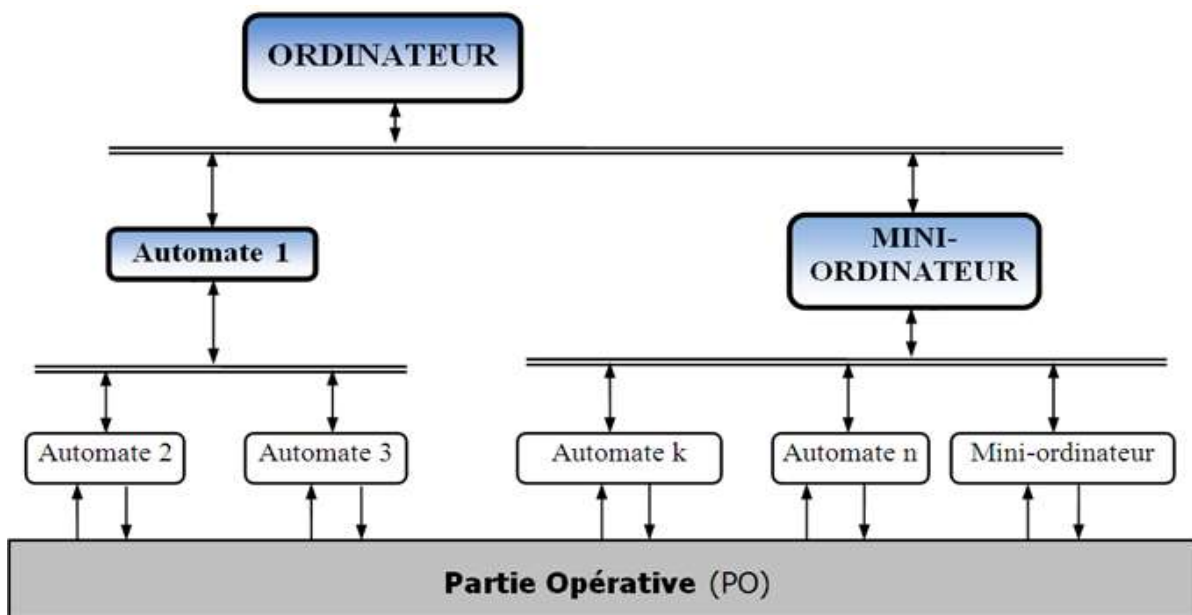


Figure 3.14. Réseau hiérarchisé

CHAPITRE IV: LA TELECOMMUNICATION



4.1. Définition de la télécommunication

Le concept de télécommunication englobe toutes les formes de communication à distance. Le mot inclut le préfixe grec télé, qui signifie «distance» ou «loin». Par conséquent, les télécommunications sont une technique qui implique la transmission d'un message d'un point à un autre.

Les télécommunications comprennent de nombreuses technologies telles que la radio, la télévision, le téléphone et la téléphonie mobile. Et aussi les communications de données, les réseaux informatiques, Internet, la radionavigation, le GPS ou la télémétrie. Une grande partie de ces technologies, qui sont nées pour répondre à des besoins militaires ou scientifiques, ont convergé vers d'autres axées sur une consommation non spécialisée appelée technologies de l'information et de la communication.

Les télécommunications ont beaucoup progressé, en nous simplifiant chaque jour la vie grâce à leurs avancées technologiques. Ces avancées sont une réussite pour toute l'humanité et elles fonctionnent comme les premiers satellites dans l'espace. Mais, en plus de tous ces avantages et de la complaisance fournis par les télécommunications, nous vivons à une époque où les télécommunications sont essentielles pour nous. Puisque nous sommes devenus très dépendants d'eux, cela peut devenir un énorme désavantage. Et le jour où nous ne les aurons pas, nous serons très vulnérables.

4.2. Quelle est l'importance du rôle des télécommunications dans les entreprises ?

4.2.1. La rapidité des télécommunications malgré la distance : Les télécommunications par définition permettent la communication à distance. Ils vont donc mêler électronique et informatique pour assurer un échange rapide des informations et ce quel que soit la distance. Tout échange peut être effectué par un simple texte, par voix, par image grâce aux SMS et toutes les messageries instantanées.

Mise à part la rapidité dans les systèmes de télécommunications, il faut savoir que ce système est d'une qualité irréprochable et ceci est dû principalement à l'apport du Trunk Sip.

La téléphonie IP avec Trunk Sip vous permet de profiter d'un abonnement téléphonique avantageux et une plus grande simplicité dans l'interconnexion avec le réseau interne. Ces canaux Trunk Sip

sont facturés au mois que vous les utilisez ou pas et les coûts téléphoniques quant à eux sont plutôt facturés de manière classique selon la durée des appels ou à travers des forfaits.

4.2.2. Une grande variété des moyens de communication : Au vu de la variété des moyens de télécommunications, ils vont donc pouvoir permettre une meilleure adaptation du canal en fonction de la cible et de l'objectif. En d'autres termes, au niveau pratique, les télécommunications comprennent plusieurs types d'appareils comme le téléphone, l'ordinateur, le cellulaire et le fax. Au niveau du marketing et de la communication destinée au grand public, les professionnels choisissent d'utiliser en plus la radio et la télévision.

C'est pour cela que toute entreprise doit commencer par choisir le support qui lui convient le mieux selon l'usage qu'elle compte en faire. A titre d'exemple il faut savoir qu'une réponse rapide et sans ambiguïté est obtenue principalement par téléphone par contre pour un résumé des points importants d'un entretien ou d'une discussion, il faut savoir que le courrier électronique est recommandé notamment qu'il est possible d'en garder une trace écrite. Enfin pour la diffusion d'une publicité à grande échelle, ce serait la télévision qui est indiquée.

Il faut savoir aussi que le numéro SDA ou Sélection directe à l'arrivée est d'une grande importance dans la promotion de la télécommunication des entreprises. Ce service est proposé par les opérateurs de télécommunications aux entreprises qui possèdent un système PBX avec lesquels les opérateurs télécoms vont allouer une série de numéros associés à une ou plusieurs lignes. La SDA va permettre d'accorder un numéro personnel à chacun des employés d'une entreprise sans connexion au PBX d'une ligne de téléphonie physique et de cette manière le trafic téléphonique est mieux géré et divisé plus facilement.

4.2.3. Des échanges en direct : Il faut savoir que les télécommunications vont permettre une transmission d'informations de manière plus directe car non seulement le nombre d'intermédiaires est restreint mais en plus il est possible de pouvoir communiquer avec plusieurs personnes, en même temps et en fonction des besoins. Nous pouvons dans ce cas citer la visioconférence et la conférence téléphonique qui ont explosé le concept des réunions à distance.

4.2.4. Diversifications des solutions : Il y a lieu de croire que toutes les entreprises n'ont pas spécialement les mêmes besoins au niveau des télécommunications car cela dépend non seulement des activités et de la taille des entreprises. C'est pour cela qu'une communication efficace ne peut être assurée qu'en cas d'un système de télécommunication adapté.

4.2.5. Les nouveaux canaux de la téléphonie d'entreprise : Désormais, toutes les communications téléphoniques emprunteraient plus tôt les réseaux de type internet qu'ils soient filaires, sans fil, GSM grâce aux équipements qui mettent en œuvre la **VoIP** ou la téléphonie via internet très haut débit. Cette entreprise profitera des nouveaux canaux comme la messagerie instantanée et la Visio conférence. En d'autres termes, elle profitera de ce qu'on appelle les outils de communication unifiée pour l'augmentation de la productivité de l'entreprise et dont la téléphonie mobile pour entreprise est l'outil de communication le plus important.

4.2.6. Les avantages des nouvelles techniques de communication des entreprises : Il faut savoir que toute entreprise cherche à installer la fibre optique en vue de profiter de nombreux avantages et notamment le fait qu'elle permet le transport des données sur de longues distances sans atténuer le signal à tarifs très abordables. On aura dans ce cas le choix entre la fibre_optique_dédiée ou la fibre_optique_FTTH.

Les entreprises n'ont pas les mêmes besoins en télécommunication et pour qu'un système soit rentable avec une communication efficace, il faut que ce système soit adapté à votre usage et pour cela contactez un professionnel qui vous aidera dans votre choix.

4.3. Classification des services de Télécommunications

4.3.1. Sons : téléphone, interphone, messagerie vocale, recherche de personnes, conférence téléphonique, informations téléphoniques (horloge parlante, météo), radiodiffusion, téléphonie mobile.

4.3.2. Textes : télex, télétex, courrier électronique (EDI, messagerie,...etc.), documentation électronique, vidéotex, télécopie.

4.3.3. Images : transfert d'images fixes, télévision, visiophonie, visioconférence, vidéocommunication sur réseau câblé.

4.3.4. Téléinformatique : télémessure, transport de données, télésurveillance, télécommande, paging.

4.4. Technologie des télécommunications

Les composants principaux d'un système de télécommunications sont : l'émetteur, un appareil qui lance la communication; l'atmosphère ou des câbles, les supports par lesquels la transmission a lieu; et le récepteur, qui est le point final de la transmission.

L'émetteur transforme ou code les données ou messages dans un signal, qui est transmis à un ou plusieurs récepteurs qui le décodent pour le rendre compréhensible à l'utilisateur, une personne ou un ordinateur, ou à un autre appareil. Cette transmission peut être bidirectionnelle si, à la fin du chemin de la transmission, il y a une combinaison d'émetteur et de récepteur. Il peut aussi s'agir d'une diffusion unidirectionnelle où la transmission va d'un émetteur vers plusieurs récepteurs, comme à la radio ou la télévision.

Lorsque le signal voyage à travers un moyen de transmission de l'émetteur au récepteur, il risque d'être dégradé ou même modifié par l'interférence d'autres signaux. La plupart du temps, le mécanisme de décodage est capable de récupérer le message et ainsi le faire comprendre par le destinataire final du message.

Des questions spécifiques de sécurité sont associées à l'utilisation de systèmes de télécommunications. En particulier, il y a la possibilité de modification non désirée ou non autorisée du signal ou du message transmis, entre l'émetteur et les récepteurs. Par exemple, l'interférence avec un téléphone transmettant des signaux peut aboutir à l'écoute de conversations par des tierces personnes, à l'insu des personnes aux deux bouts de fil de la transmission. Il y a aussi la possibilité que des données soient volées ou modifiées pendant leur transmission par suite de l'interception des signaux qui portent les données.

Les administrateurs doivent être conscients de la possibilité d'une infraction à la sécurité quand des données comme les résultats du comptage des voix, les données de l'inscription des électeurs ou même des paiements versés à des tierces personnes sont transmises d'un lieu à un autre.

Selon l'infrastructure des télécommunications disponible dans un pays et le budget d'investissement dans les communications et l'équipement, l'utilisation des télécommunications dans l'administration peut recourir aux moyens suivants :

4.4.1. Les lignes normales de téléphone et de télécopie : Le téléphone et la télécopie sont fréquemment utilisés par les fonctionnaires.



Figure 4.1. Le téléphone fixe et le fax

En plus des communications personnelles, les autorités peuvent utiliser le téléphone pour des campagnes de communication publiques et peuvent établir des numéros de téléphone gratuits afin de traiter les questions des électeurs, voire pour le vote.

4.4.2. Les téléphones mobiles : Les téléphones mobiles constituent une option flexible par rapport aux téléphones ordinaires, particulièrement là où il n'y a aucune infrastructure fiable pour les téléphones ordinaires. Ils peuvent aussi être la façon la plus rapide et la plus abordable de créer un réseau de communication vocale.



Figure 4.2. Les téléphones mobiles

Les téléphones mobiles peuvent aussi faciliter les communications entre les bureaux qui n'ont pas accès aux services de téléphones ordinaires.

4.4.3. Le téléphone satellite : Les téléphones et télécopieurs satellite peuvent être utilisés pour communiquer entre les endroits où il n'y a ni service de téléphone ordinaire ni service de téléphone mobile.



Figure 4.3. Le téléphone satellite

Cette technologie, si elle est disponible, peut résoudre les sérieux problèmes de communications avec les régions isolées, particulièrement celles sans accès à une autre infrastructure de télécommunication.

4.4.4. La radiodiffusion publique : L'utilisation de la radio publique par les administrateurs est probablement la meilleure méthode pour promouvoir la participation à un événement et disséminer de l'information.



Figure 4.4. La radio diffusion publique

La radio est relativement bon marché et peut atteindre un large auditoire, y compris des publics diversifiés sur les plans linguistique et culturel aussi bien que les personnes qui ont de la difficulté avec les imprimés pour des raisons de handicap ou d'un faible niveau d'alphabétisation.

4.4.5. La télévision : Les autorités utilisent aussi abondamment la télévision pour disséminer l'information.



Figure 4.5. L'entreprise de télévision

Dans plusieurs pays toutefois, sa portée reste limitée à quelques villes et la pénétration de la télévision peut être faible. La télévision est aussi un moyen pratique et puissant pour atteindre les personnes qui ont de la difficulté avec les imprimés. Cependant, l'utilisation de la télévision peut être chère à moins que les stations de télévision considèrent l'information comme un service public et la diffusent à un tarif sensiblement réduit.

4.4.6. Les réseaux informatiques : La technologie permet aussi de relier des ordinateurs ou des groupes d'ordinateurs dans des réseaux locaux (LAN) et des réseaux étendus (WAN), rendant possibles la communication et le partage des données.

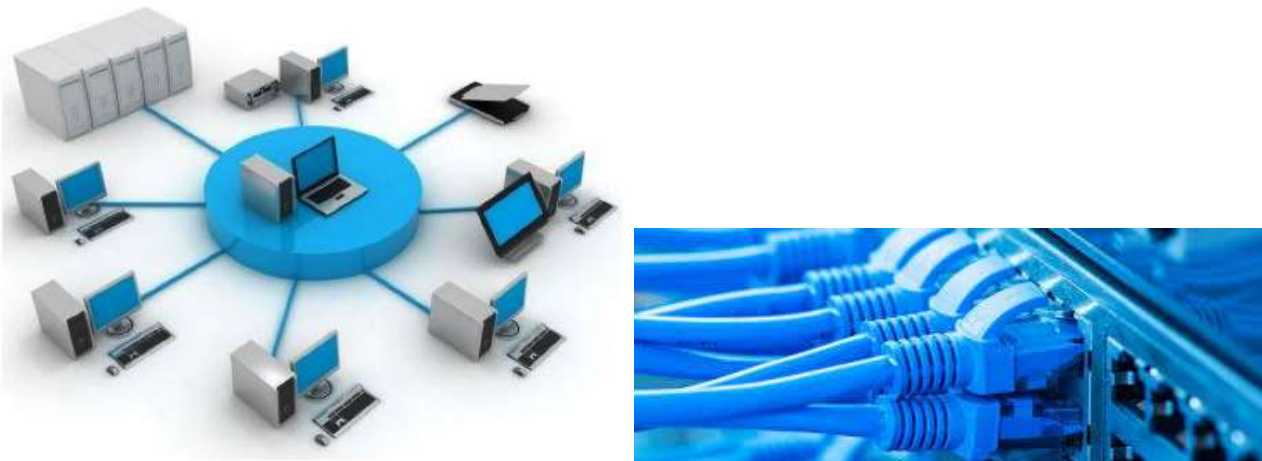


Figure 4.6. Les réseaux informatiques

Ces réseaux emploient des logiciels spécialisés afin de permettre aux ordinateurs partout au monde de communiquer au moyen d'intranets, d'extranets et d'Internet (ou du World Wide Web). Ils peuvent ainsi transmettre la voix, les images et les données, y compris les courriers électroniques.

4.5. Quelques remarques

- Le besoin de communication préexiste aux télécommunications. On pourrait idéalement le représenter par une fonction matricielle du temps indiquant à tout moment les besoins de mise en relation entre points quelconques de l'espace, et précisant les qualités que doit présenter cette mise en relation (débit ou largeur de bande, taux d'erreur, durée d'établissement de la communication).
- Les moyens techniques sont de nature électromagnétique. L'information est codée puis transmise en modulant des ondes qui se propagent sur des câbles en cuivre (paires de fils ou câble coaxial), sur des fibres optiques ou dans l'espace (transmission hertzienne, au sol ou via satellite).

- L'information est transportée indépendamment de son support matériel initial (onde sonore ou lumineuse, papier, bande magnétique, disque optique,..etc.). Elle peut prendre des formes diverses : son (paroles, musique), textes (retraitables ou non), données, images (fixes ou animées).
- Fidélité et fiabilité sont les deux paramètres de la qualité du service. Par "fidélité", on entend la transparence d'un réseau qui restitue exactement l'information émise malgré les imperfections des moyens techniques et les perturbations. Par "fiabilité", on entend la permanence de la disponibilité du service malgré les pannes qui sont inévitables dans tout dispositif technique.

4.6. Exemples

- Une application de documentation électronique permet à l'utilisateur de procéder à des recherches sur critères, mots-clés ou en texte intégral dans une base documentaire, puis d'obtenir (sur télécopieur, écran ou imprimante) une image du document sélectionné. On utilise maintenant plutôt l'Internet.
- Une application de télésurveillance fait remonter des alarmes (brefs messages de données) du site surveillé vers la centrale de surveillance ; pour faciliter l'interprétation de ces alarmes, des images provenant des caméras installées sur le site peuvent être affichées sur l'écran de la centrale de télésurveillance. Le service support est analogue à celui décrit ci-dessus.
- Un réseau à valeur ajoutée (RVA) est un réseau fermé sur lequel un ensemble limité d'utilisateurs (club) bénéficie de services de télécommunications d'une qualité différente de celle fournie sur le réseau public (le plus souvent supérieure), et accèdent à des applications qui leur sont propres.

Exemples de réseaux à valeur ajoutée : SITA dans l'aéronautique, SWIFT dans le domaine bancaire etc.

- Un service à valeur ajoutée (SVA) est une application télécom dont l'usage fait l'objet d'une tarification qui s'ajoute à celle des services supports utilisés par l'application. Il présente donc un caractère essentiellement marchand. L'expression "valeur ajoutée" représente les deux faces de cet échange marchand : le service apporte une utilité au client (sans cela il ne rencontrerait aucune demande), et un profit au producteur (sans quoi il ne pourrait être offert). Certains services à valeur ajoutée sont vendus sur des réseaux à valeur ajoutée, d'autres sont vendus sur le réseau public.

Exemples de services à valeur ajoutée : les services vidéotex ; les bases de données en lignes ; les services marchands de documentation électronique.

CONCLUSION

Ce cours n'est qu'une introduction au monde vaste du Génie électrique, préparé à partir de documents simplifié et pas trop spécialisé. Nous demandons aux enseignants qui passent par ce cours de nous indiquer toute anomalie de forme ou de contenu. Nous souhaitons une bonne lecture aux étudiants. Nous sommes à votre disposition pour toute question.

BIBLIOGRAPHIE

- [1] Wai-Key Chen, 2004, The electrical engineering handbook, Elsevier Academic Press, USA.
- [2] Clive Maxfield et al., 2008, Electrical Engineering : know it all, Elsevier Inc, USA.
- [3] Mazouz.N, 2021, Cours Découverte Génie Electrique, département d'électronique, Faculté de Génie Electrique, Université des sciences et de la technologie d'Oran, Mohamed Boudiaf
- [4] Kahoul Nabil, 2021, Etat de l'Art du Génie Electrique, Département d'Electrotechnique, Faculté des sciences de l'ingénierie, Université Badji Mokhtar Annaba
- [5] Caussade M., 2020, Cours d'automatisme,
- [6] Miloudi Mohamed, 2020, automatismes industriels, département de Génie électrique, Institut de sciences et technologies, centre universitaire Ahmed Zabana de Relizane
- [7] Bogdan M. Wilamowski and J. david Irwin, 2011, The Industrial Electronics Handbook, second edition, Taylor and Francis Group, LLC
- [8] Le site internet NREL : www.nrel.gov
- [9] Le site internet Futura sciences : <http://www.energy-online.fr>
- [10] Le site internet l'écho du solaire : www.lechodusolaire.fr
- [11] Wikipédia, l'encyclopédie libre.
- [12] <https://www.capp.ca/fr/energie/besoins-energetiques-mondiauxn-pour-la-vidéo-du-processus-de-fabrication-des-CIGS>
- [13] K. Sobayel et al., 2020, Efficiency enhancement of CIGS solar cell by WS₂ as window layer through numerical modelling tool, Solar Energy, Vol 207 (1), pp. 479-485.
- [14] Yunhai Zhao et al., 2020, High Efficiency CIGS Solar Cells by Bulk Defect Passivation through Ag Substituting Strategy, ACS Appl. Mater. Interfaces, Vol 12 (1), pp. 1-39, sous impression
- [15] <https://worldscholarshipforum.com/fr/Les-raisons-5-font-du-g%C3%A9nie-%C3%A9lectrique-une-discipline-acad%C3%A9mique-prometteuse-2/>
- [16] <https://www.livescience.com/47571-electrical-engineering.html>
- [17] <https://www.usinenouvelle.com/article/l-electronique-francaise-irrigue-toute-l-industrie.N754789>
- [18] <https://www.futura-sciences.com/sciences/definitions/matiere-semi-conducteur-3875/>
- [19] <https://www.epsic.ch/branches/electronique/techn99/elnthcomp/CMPTHDIOD.html>
- [20] <http://www.composelec.com/transistor.php>
- [21] <https://objelec.com/capteurs-electroniques/>
- [22] <https://www.podcastscience.fm/emission/2018/04/12/podcast-science-3331-electrotechnique-herve-dago/>
- [23] <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Reseau-electrique.html>
- [24] <https://www.cours-gratuit.com/cours-energie-electrique/cours-sur-la-production-de-l-energie-electrique>
- [25] <https://www.edf.fr/groupe-edf/espaces-dedies/l-energie-de-a-a-z/tout-sur-l-energie/produire-de-l-electricite/qu-est-ce-que-l-energie-eolienne>
- [26] <https://www.planete-energies.com/fr/medias/decryptages/l-energie-hydraulique-continentale-la-premiere-des-energies-renouvelables>
- [27] <https://www.radioalgerie.dz/news/fr/article/20180325/137359.html>
- [28] <https://www.planete-energies.com/fr/medias/decryptages/en-quelques-mots-qu-est-ce-que-la-geothermie>
- [29] <https://www.scoval.fr/ingenierie/be-electricite-basse-tension/mxc100-automate-programmable/>
- [30] <http://mei-csi.wifeo.com/documents/automatisme-prof-n1.pdf>
- [31] <https://www.technologuepro.com/cours-automate-programmable-industriel/Les-automates-programmables-industriels-API.htm>
- [32] <https://www.computertechreviews.com/definition/telecommunication/>
- [33] <https://www.papernest.com/blog/innovation/https-www-papernest-com-blog-importance-telecommunications-pour-entreprises/>
- [34] <http://www.volle.com/ENSPTT/introtcom.htm>