

**UNIVERSITÉ DE SAÏDA DR. MOULAY TAHAR**

**FACULTÉ DE TECHNOLOGIE**

**DEPARTEMENT D'ELECTROTECHNIQUE**



***Polycopié de cours***

***Intitulé***

**INSTALLATIONS ÉLECTRIQUES EN AUTOMATIQUE**

---

---

***Réalisé par :***

***Dr SEKOUR M'hamed***

**Spécialité : Automatique**

**Niveau : 3ème Année Licence**

---

---

Année universitaire :2022 /2023

## ***Avant-Propos***

Ce support de cours, conçu pour faciliter la compréhension, l'apprentissage ainsi que la révision, propose un cours simple pour accompagner les étudiants 3<sup>ème</sup> année licence Automatique. Ce support rassemble les connaissances essentielles traitant le fonctionnement, la technologie et la mise en œuvre du matériel électrique utilisé dans les réseaux électriques. Il sert aux étudiants d'une aide précieuse, leurs permettant de comprendre la structure du matériel des réseaux électriques tels que, les disjoncteurs, les interrupteurs, les sectionneurs, les contacteurs, de spécifier les équipements électriques, de savoir lire les schémas électriques, et de faire la différence entre marquages se trouvant sur un schéma électrique.

# Contenu du chapitre I :

*Les alimentations électriques, Distribution basse tension, Mise à la terre, Interface de protection et de conditionnement*

## Table des matières

I.1	Introduction-----	2
I.2	Types d'alimentation -----	2
	<input type="checkbox"/> Alimentation des appareils domestiques, électroménagers, de laboratoire -----	2
	<input type="checkbox"/> Alimentation intégrée -----	2
I.3	Alimentation séparée -----	3
I.4	Alimentation de laboratoire -----	3
I.5	Alimentation redondante-----	3
I.6	Alimentation des installations industrielles -----	3
I.7	Distribution basse tension -----	4
	<input type="checkbox"/> Les différents types de lignes électriques (THT, HT, MT, BT)-----	4
I.8	Prise de terre et Mise à la terre-----	5
	<input type="checkbox"/> Rôle et mesure de la prise de terre-----	5
	<input type="checkbox"/> Norme et informations -----	5
	<input type="checkbox"/> Modes de réalisation-----	5
	<input type="checkbox"/> Influence de la nature du sol-----	8
	<input type="checkbox"/> Comment mesurer la résistance de la prise de terre -----	9
I.9	Interface de protection et de Conditionnement-----	10

## I.1 Introduction

Le terme d'alimentation électrique désigne un ensemble de systèmes capables de fournir de l'électricité aux industries, appareils électriques fonctionnant avec cette énergie. Plus spécifiquement l'alimentation électrique est l'ensemble des équipements électriques (poste électrique, câblage, armoire, appareillage, etc...) qui assure le transfert ou la distribution (connexion, branchement) du courant électrique d'un réseau électrique (réseau public ou privé) pour le fournir, sous les paramètres appropriés (adaptés, accommodés, selon les normes) (puissance, tension) de façon stable et constante (système de régulation et de stabilisation) à un ou plusieurs consommateurs (utilisateur : clients publique, entreprise, fabrique,...) et ce dans des conditions de sécurité généralement réglementées.

## I.2 Types d'alimentation

### ❖ Alimentation des appareils domestiques, électroménagers, de laboratoire

### ❖ Alimentation intégrée

Dans la plupart des appareils domestiques, électroménagers et de bureau, certains circuits nécessitent une électricité avec des caractéristiques différentes, de celle distribuée à partir des compteurs électriques individuels.

À l'entrée des appareils (en amont ou intégré à l'alimentation), on trouve un filtre destiné à supprimer les parasites entrants, mais aussi et surtout ceux générés par l'alimentation elle-même ainsi que ceux engendré par l'appareil, qui pourraient perturber le réseau.

On peut distinguer deux types principaux d'alimentations selon la puissance qu'elles ont à fournir :

- Celles qui ne servent qu'à alimenter une petite partie de l'appareil comme dans la majorité des appareils électroménagers un minimum sophistiqués, peuvent se décomposer en deux parties électriques distinctes :
- **Le circuit de commande** : qui sert d'interface avec l'homme est en très basse tension et nécessite que l'alimentation transforme le 230 V en une tension (inférieure à 50 V, généralement 12 V) compatible avec le circuit de commande ;
- **Le circuit de puissance** : qui transforme la tension du secteur à travers un organe de commutation piloté par le circuit de commande et qui génère les différentes tensions nécessaires ;

- Celles par lesquelles transitent toute l'électricité consommée par l'appareil, genre alimentation d'ordinateur personnel, qui fournissent souvent plusieurs tensions continues affectées à des circuits électriques différents.

### I.3 Alimentation séparée

Les avancées technologiques favorisant une consommation de plus en plus réduite des appareils, les petits appareils domestiques et de bureaux : récepteur radio, téléphone, lampe de bureau, imprimante, ordinateur portable sont alimentés pour des raisons de sécurité et, parfois d'esthétique, en très basse tension à l'aide d'un bloc d'alimentation externe. Cette solution permet d'avoir de nombreuses alimentations externes, avec tous les standards de tensions, de fréquences et de brochage sans avoir à modifier l'appareil ; de plus ces différents blocs sont souvent utilisables sur d'autres appareils. Par contre du fait du manque de standardisation il est rare que les blocs d'alimentation de deux constructeurs soient compatibles.

Fréquemment ce bloc n'est qu'un simple transformateur abaisseur de tension, associé à un redresseur délivrant une tension continue, parfois un régulateur de tension complète ces alimentations. Depuis la fin de la première décennie du XXI siècle toutes ces petites alimentations sont des alimentations à découpage beaucoup plus légères.

### I.4 Alimentation de laboratoire

Dans un atelier ou un laboratoire, une alimentation de précision, sert à effectuer des mesures, des tests, des dépannages. Ces alimentations de laboratoire transforment, redressent et régulent les tensions ainsi que les courants de sorties, de sorte que l'on puisse effectuer des mesures sans détériorer les éléments à tester, que ce soient des composants, des circuits, ou des sous-ensembles complets.

### I.5 Alimentation redondante

La redondance c'est la duplication d'un élément **essentiel** au fonctionnement normal du système informatique, en vue de pallier la **défaillance** éventuelle de cet élément et d'assurer ainsi la continuité d'une fonction informatique vitale.

Une alimentation redondante est une alimentation constituée de deux ou plusieurs alimentations identiques disposée en parallèle avec une commutation dynamique.

Si la première alimentation (N) est défaillante automatiquement la deuxième alimentation (N+1) assure le maintien de la ou des tensions distribuées.

### I.6 Alimentation des installations industrielles

On entend par « installation électrique », toute installation de câblage sous-terre, hors-terre ou dans un bâtiment, pour la transmission d'un point à un autre de l'énergie provenant d'un

distributeur d'électricité (réseau électrique) ou de toute autre source d'alimentation, pour l'alimentation de tout appareillage électrique, y compris la connexion du câblage à cet appareillage.

L'installation électrique vise donc, l'"infrastructure" servant à acheminer le courant électrique à un appareillage qui requiert du courant pour fonctionner (appareil, équipement, système spécialisé).

## I.7 Distribution basse tension

### ❖ Les différents types de lignes électriques (THT, HT, MT, BT)

Des lignes électriques, Il en existe quatre types, chacun ayant ses propres caractéristiques.

Une fois l'énergie électricité produite, elle doit être transportée et distribuée jusqu'au consommateur. Pour cela, on distingue le réseau de transport et le réseau de distribution.

#### ➤ Le réseau de transport : lignes très hautes et haute tension

Il est constitué de deux types de lignes : les lignes très haute tension (THT) et les lignes haute tension (HT) dont Ils représentent la plus grande partie des lignes.

#### ➤ Le réseau de distribution : lignes moyenne et basse tension

Tout comme le premier, ce réseau est constitué de deux types de lignes : les lignes moyenne tension (MT) et les lignes basse tension (BT).

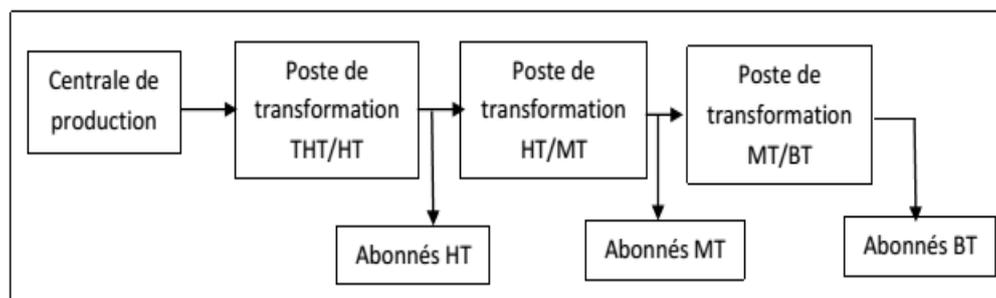


Fig I.1. Schéma simplifié d'un réseau électrique

Aujourd'hui, certaines lignes sont régulièrement exploitées à des tensions supérieures à 765kV. Les lignes à courant continu haute tension permettent de transporter l'énergie avec moins de pertes sur de très grandes distances et éventuellement sous l'eau.

Tableau I.1 indicatif des valeurs et de différents types de tension

		Alternatif	Continu
<b>Très basse Tension</b>	TBT	$U \leq 50V$	$U \leq 120V$
<b>Basse Tension</b>	BT	$50V < U \leq 1\,000V$	$120V < U \leq 1500V$
<b>Haute Tension</b>	HTA	$1000V < U \leq 50\,000V$	$1\,500V < U \leq 75\,000V$
	HTB	$U > 50\,000V$	$U > 75\,000V$

## I.8 Prise de terre et Mise à la terre

### ❖ Rôle et mesure de la prise de terre

Cette opération est indispensable pour assurer la sécurité des biens des personnes face aux risques électriques. En électricité, elle doit assurer une fonction de sécurité par rapport aux risques d'électrocution en cas de défaut d'isolement. Elle établit un contact permanent entre la masse terrestre et la masse métallique d'un outil (machine), d'un appareil ou d'une installation électrique. Associée à un disjoncteur différentiel, cette connexion évacue dans le sol les fuites accidentelles de courant et coupe le secteur en cas d'anomalie. En l'absence de prise de terre, un défaut d'isolement peut entraîner le report de la phase sur la carcasse. Toute personne qui la touche se transforme alors en conducteur capable de véhiculer le courant à la terre, avec le risque inévitable de s'électrocuter. Quand il y a une prise de terre, le courant s'évacue dans le sol, le disjoncteur différentiel coupe le secteur et la sécurité est assurée.

### ❖ Norme et informations

La qualité d'une prise de terre est quantifiée par sa résistance, dont l'unité de mesure est l'ohm. La norme officielle NF C15-100 stipule que la prise de terre doit avoir une résistance maximale de 100 ohms, de manière à assurer la sécurité par rapport aux risques d'électrocution.

Dans les habitations datant d'avant 1991, la prise de terre était obligatoire uniquement dans les pièces humides, cuisine et salle de bain. Elle est obligatoire dans toutes les pièces pour toutes les constructions et modifications effectuées après cette date. Les installations récentes sont de plus protégées par un interrupteur ou disjoncteur différentiel de 30 mA.

### ❖ Modes de réalisation

Trois types de réalisation sont couramment retenus :

#### I.8.1 Boucle à fond de fouille

Cette solution est notamment conseillée pour toute construction nouvelle.

Elle consiste à placer un conducteur nu sous le béton de propreté, ou enfoui à 1 m au moins sous la terre en dessous de la base du béton des fondations des murs extérieurs.

Il est important que ce conducteur nu soit en contact intime avec le sol (et non placé dans du gravier, du mâchefer ou des matériaux analogues formant souvent l'assise du béton). Ni la boucle de terre, ni les conducteurs de terre verticaux la reliant à la borne de terre, doivent être en contact avec l'armature du béton armé : cette armature doit être raccordée directement à la borne principale de terre. En règle générale, les conducteurs de terre verticaux reliant une prise de terre à un niveau hors sol doivent être isolés pour la tension nominale des réseaux BT (600 V – 1000 V).

Pour les bâtiments existants, le conducteur à fond de fouille doit être enterré tout autour des murs extérieurs des locaux à une profondeur d'au moins 1 mètre.

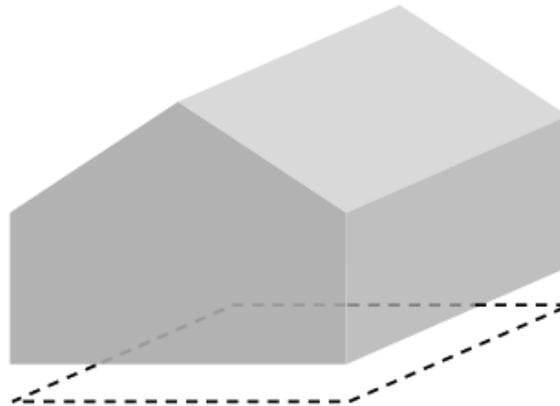


Fig I.2 Conducteur posé à fond de fouille

Le conducteur peut être :

- en cuivre : câble ( $\geq 25 \text{ mm}^2$ ) ou feuillard ( $\geq 25 \text{ mm}^2$  et épaisseur  $\geq 2 \text{ mm}$ ),
- en aluminium gainé de plomb : câble ( $\geq 35 \text{ mm}^2$ ),
- en acier galvanisé : câble ( $\geq 95 \text{ mm}^2$ ) ou feuillard ( $\geq 100 \text{ mm}^2$  et épaisseur  $\geq 3 \text{ mm}$ ).

La résistance obtenue est (en ohms) :

$$R = \frac{2\rho}{L}$$

avec

L = longueur de la boucle (m)

$\rho$  = résistivité du sol en ohm-mètres (Tableau I.2 "Influence de la nature du sol" ci-dessous)

### I.8.2 Piquets

La résistance avec n piquets est :

$$R = \frac{1\rho}{nL}$$

Il est souvent nécessaire d'utiliser plusieurs piquets. Ceux-ci doivent toujours être distants 2 à 2 de plus de 2 à 3 fois la profondeur d'un piquet. La résistance résultante est alors égale à la résistance unitaire divisée par le nombre de piquets.

La résistance obtenue est :

$$R = \frac{1\rho}{nL}$$

avec

L = longueur du piquet (m)

$\rho$  = résistivité du sol en ohm-mètres (*Tableau I.2 Influence de la nature du sol* ci-dessous)

n = nombre de piquets

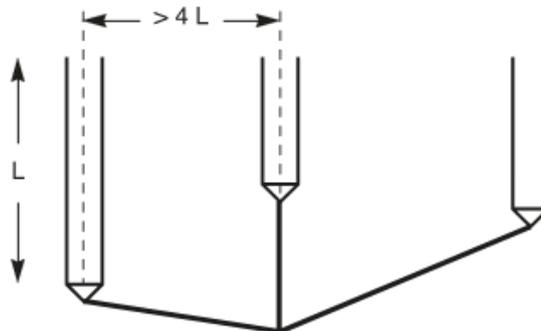


Fig I.3 Piquets connectés en parallèle

### I.8.3 Plaques verticales

Ces plaques sont soit carrées, soit rectangulaires ( $l \geq 0,5$  m). Elles doivent être enterrées de telle façon que leur centre soit au moins à 1 m de la surface.

Les plaques peuvent être :

- En cuivre de 2 mm d'épaisseur,
- En acier galvanisé de 3 mm d'épaisseur.

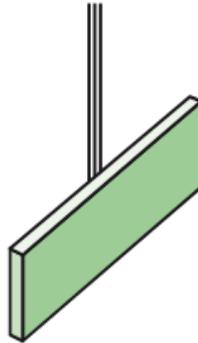
La résistance obtenue est :

$$R = \frac{0.8\rho}{L}$$

Avec

$L$  = périmètre de la plaque (m)

$\rho$  = résistivité du sol en ohm-mètres (*Tableau I.2 "Influence de la nature du sol" ci-dessous*).



*Fig I.4 Plaques verticales - épaisseur 2 mm (Cu)*

#### ❖ Influence de la nature du sol

La mesure d'une prise de terre dans un terrain analogue est utile pour déterminer la résistivité à utiliser pour définir une prise de terre.

*Tableau I.2 Résistivité ( $\Omega m$ ) de différents terrains*

Nature du terrain	Résistivité en $\Omega m$
Terrains marécageux	1 à 30
Limon	20 à 100
Humus	10 à 150
Tourbe humide	5 à 100
Argile plastique	50
Marnes et argiles compactes	100 à 200
Marnes du jurassique	30 à 40
Sables argileux	50 à 500
Sables siliceux	200 à 300
Sol pierreux nu	1 500 à 3 000
Sol pierreux recouvert de gazon	300 à 500
Calcaires tendres	100 à 300
Calcaires compacts	1 000 à 5 000
Calcaires fissurés	500 à 1 000

Schistes	50 à 300
micaschistes	800
Granit et grès	1 500 à 10 000
Granit et grès très altérés	100 à 600

Tableau I.3 Valeurs moyennes de la résistivité ( $\Omega\text{m}$ ) pour faire un calcul approximatif des prises de terre

Nature du terrain	Résistivité en $\Omega\text{m}$
Terrains arables gras, remblais compacts humides	50
Terrains arables maigres, graviers, remblais grossiers	500
Sols pierreux, nus, sables secs, roches perméables	3,000

#### ❖ Comment mesurer la résistance de la prise de terre

Les électriciens sont équipés de l'appareillage nécessaire pour mesurer la résistance de la prise de terre.

Appareil : contrôleur mesureur de terre et de continuité Catohm DT-300,



Fig I.5 Appareil : contrôleur mesureur de terre et testeur de prise de courant Tohm-E,

#### ❖ Que faire si la résistance de ma prise de terre est trop élevée ou si la terre n'est pas présente dans toutes les pièces de mon habitation :

Il convient dans ce cas de faire appel à un électricien pour améliorer la prise de terre et la tirer dans les pièces de votre habitation où vous avez l'intention de brancher un appareil muni d'une terre, surtout celles où vous séjournerez longtemps (chambres à coucher, séjour, bureau).

#### ❖ Pourquoi opter pour des appareils électriques munis d'une prise de terre ?

Certains appareils électriques ou électroménagers sont d'office, pour des raisons de sécurité, vendus équipés d'une prise de terre : lave-linge, fours, réfrigérateurs, etc. Sur d'autres, la prise

de terre n'est pas obligatoire, donc pas systématique : ordinateurs (fixes et portables), luminaires, etc.

Ces appareils sont équipés de prises plates, dites 2 pôles (un pour la phase, un pour le neutre).

## I.9 Interface de protection et de Conditionnement

Que ce soit dans un immeuble, un hôpital, un aéroport, ou un grand site industriel, il est de plus en plus nécessaire de surveiller et de contrôler les installations électriques à des fins :

- de sécurité,
- de disponibilité de l'énergie,
- de maîtrise de l'énergie consommée et de son coût,
- de diminution des coûts d'exploitation et de maintenance,
- de confort d'exploitation,
- de maintenabilité et d'évolutivité de l'installation électrique.

une partie de « l'intelligence » est intégrée aux différents tableaux BT d'une installation qui rassemblent tous les organes actifs, entre le transformateur et l'utilisation terminale



*Fig I.6 tableaux BT d'une installation*

Ainsi se trouve conçu un système de tableaux regroupant :

- le TGBT (Tableau Général Basse Tension),
- les MCC (tableaux de commande moteurs),
- les tableaux divisionnaires,
- les coffrets de distribution terminale.

## **Contenu du chapitre II :**

***Suppression interne « p », enveloppe antidéflagrante, appareils de protection, appareils de commande, emploi des capteurs, symboles normalisés, raccordement électrique des automates aux actionneurs, réalisation des montages électriques***

### ***Table des matières***

II.1	Suppression interne « p », enveloppe antidéflagrante .....	12
II.1.1	Mécanismes de l'explosion.....	12
II.1.2	Identification des Zones normalisées .....	13
II.1.3	Professions exposées.....	14
II.1.4	Prevention humaine .....	15
II.1.5	Etiquetage - signalisation.....	15
II.1.6	Modes de protection.....	16
II.2	Appareils de protection, appareils de commande .....	17
II.2.1	Appareils de protection, appareils de commande .....	18
II.3	Symboles normalisés .....	21
II.4	Emploi des capteurs.....	23
II.4.1	Représentation fonctionnelle : .....	24
II.5	Raccordement électrique des automates aux actionneurs, .....	25
II.5.1	Démarrage -Arrêt automatique des moteurs CC.....	25
II.5.2	Commande d'un MCA en deux sens de rotation par API.....	26

## II.1 Surpression interne « p », enveloppe antidéflagrante

### • Qu'est-ce qu'une atmosphère explosive (ATEX) ?

Une atmosphère explosive est un mélange avec l'air, dans des conditions atmosphériques, de substances inflammables sous forme de gaz, vapeurs ou poussières, dans lequel, après inflammation, la combustion se propage à l'ensemble du mélange non brûlé. Une atmosphère explosible (Atex) est ainsi nommée lorsque sa composition habituelle n'est pas explosive mais, par suite de circonstances prévisibles, peut varier de telle façon qu'elle devienne explosible.

Dans le BTP, ces situations se rencontrent lors:

- d'activités de stockage, fabrication ou travail de matériaux (atelier bois, unités de fabrication de produits noirs...);
- d'activités dans des milieux particuliers (chaufferies, travaux souterrains, égouts...)
- de manipulations de produits très volatils (carburants, colles, solvants...)
- d'interventions dans des établissements industriels où sont fabriqués ou stockés ces matériaux (industries pétrolières, par exemple).

Lorsque ce risque est patent, il faut utiliser des matériels électriques spéciaux conçus pour atmosphères explosibles. Ce document décrit les différents types de protection de ces équipements afin de pouvoir choisir le plus adapté aux situations rencontrées.

### II.1.1 Mécanismes de l'explosion

Le mécanisme de l'explosion (Fig. II.1) survient lorsque les six conditions suivantes sont réunies.

la présence de combustibles

- un état particulier du combustible sous forme de gaz, de vapeurs ou de poussières
- la présence de sources d'inflammation ou d'énergie d'activation ; ces sources peuvent être multiples : thermiques (flammes, surfaces ou points chauds, électriques, court-circuit, arrachement de câbles...), mécaniques (frictions, chocs...), météorologiques (foudre, rayonnement solaire...), chimiques, autres (ondes électromagnétiques, charges électrostatiques...)
- la présence de comburant (dans la plupart des cas l'oxygène de l'air)
- une concentration suffisante du combustible (domaine d'explosivité). Pour être explosif, le mélange ne doit être ni trop pauvre, ni trop riche en combustible ; il doit se situer entre la limite inférieure d'explosivité (LIE) et la limite supérieure d'explosivité (LSE) ;

- un confinement suffisant. La température du liquide inflammable doit être suffisante pour émettre assez de vapeurs ; il s'agit du point éclair de la substance

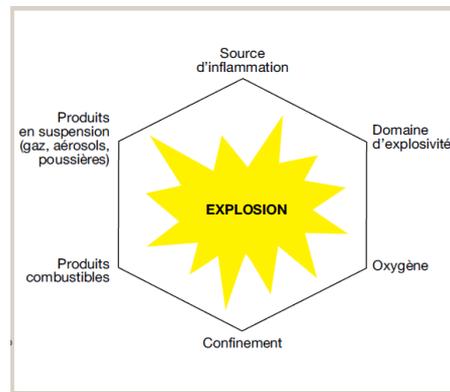


Fig. II.1 – L'hexagone de l'explosion

### II.1.2 Identification des Zones normalisées

La réglementation dite ATEX demande à tous les chefs d'établissement de maîtriser les risques relatifs à l'explosion de ces atmosphères au même titre que tous les autres risques professionnels. Pour cela, une évaluation du risque d'explosion dans l'entreprise est donc nécessaire pour permettre d'identifier tous les lieux où peuvent se former des atmosphères explosives : il s'agit du DRPCE2 (Document relatif à la protection contre les explosions). Conformément à la directive 1999/92/CE et à l'article R.4227-50 du Code du travail, les emplacements ATEX doivent être subdivisés en zones : 0, 1 ou 2 pour les gaz, 20, 21 ou 22 pour les poussières.

- Zone 0 : Emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard est présente en permanence, pendant de longues périodes ou fréquemment.
- Zone 1 : Emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard est susceptible de se présenter occasionnellement en fonctionnement normal.
- Zone 2 : Emplacement où une atmosphère explosive consistant en un mélange avec l'air de substances inflammables sous forme de gaz, de vapeur ou de brouillard n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal ou, si elle se présente néanmoins, elle n'est que de courte durée.
- Zone 20 : Emplacement où une atmosphère explosive sous forme de nuage de poussières

combustibles est présente dans l'air en permanence, pendant de longues périodes ou fréquemment.

- Zone 21 : Emplacement où une atmosphère explosive sous forme de nuage de poussières combustibles est susceptible de se présenter occasionnellement en fonctionnement normal.
- Zone 22 : Emplacement où une atmosphère explosive sous forme de nuage de poussières combustibles n'est pas susceptible de se présenter en fonctionnement normal, ou, si elle se présente néanmoins, elle n'est que de courte durée.

Une fois ces zones caractérisées et marquées, les décrets D2002-1553 et D2002-1554 du 24 décembre 2002 imposent l'utilisation de matériels spécifiques dans ces zones afin d'écartier tout risque d'explosion.

### **II.1.3 Professions exposées**

- Transports de matières explosives ou combustibles
- Tout Stockage de matières combustibles
- Manipulation de matières combustibles
- Nettoyage de cuves, silos, containers ayant contenus des matières explosives ou combustibles
- Silos à pulvérulents (agriculture, agro-alimentaire, cimenteries...)
- Chimie, pétrochimie, préparations (peintures, solvants, toute préparation...)
- Plasturgie
- Energie (centrales thermiques, stockage et distribution de gaz)
- Secteur du bois (scieries, menuiseries)
- Alcool (distillerie)
- Métallurgie (hauts-fourneaux, cokerie)
- Mines et carrières
- Industries mettant en oeuvre ou utilisant du gaz naturel
- Stations-services, garages automobiles
- Arts et spectacles (Pyrotechnie, cinéma, théâtre)
- Incinérateurs de déchets
- Industrie pharmaceutique
- Industrie nucléaire

Sont également exposées les professions qui manipulent, stockent, transportent de nombreuses substances qui sont susceptibles, dans certaines conditions, de provoquer des explosions. Ce sont les gaz, des vapeurs, des brouillards et des poussières inflammables (telles

que la farine, le sucre, le lait, le charbon, le soufre, l'amidon, les céréales, le bois, les matières plastiques, les métaux...)

#### **II.1.4 Prévention humaine**

##### **II.1.4.1 Formation / information**

Utiliser du matériel adapté au risque d'explosion

Ne pas pénétrer en zone ATEX sans y avoir été autorisé par permis de travail et en possession d'une balise respectant scrupuleusement les prescriptions réglementaires ou s'abstenir :

Formation au risque explosion : La forme et le contenu de l'ensemble des formations sont laissés à la libre appréciation du chef d'entreprise. Elle concerne les salariés de l'entreprise et ceux des intervenants extérieurs.

Le contenu peut porter sur :

- Le risque ATEX – les zones ATEX
- Les autorisations de travailler
- Le permis de feu
- Le plan de prévention (nettoyage, balisage, matériel...)
- Les équipes de maintenance interne pour les interventions techniques
- Les mesures techniques sur les sources d'inflammation (inertage à l'azote...)
- Les équipes d'intervention en cas de sinistre
- L'organisation de l'évacuation du personnel

#### **II.1.5 Etiquetage - signalisation**

Signalisation des matières, des gaz et mélanges explosifs obligatoire

Signalisation zones explosives balisage obligatoire

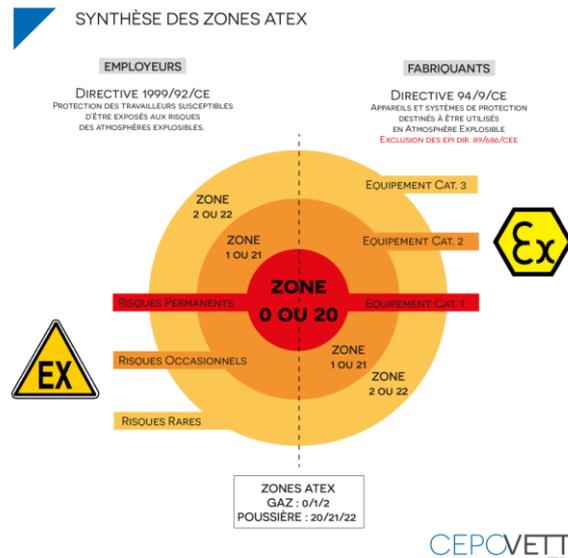


Fig.II.2 Etiquetage – Signalisation



Fig.II.3 Le logo utilisé pour signaler une zone ATEX



Fig.II.4 Le logo figurant sur ces appareils

## II.1.6 Modes de protection

**SURPRESSION « p »** : les pièces pouvant provoquer une inflammation de l'atmosphère explosives sont maintenues à une pression supérieure à la pression atmosphérique avec un gaz neutre (un gaz remplaçant l'air, et qui surtout ne réagit pas par sa présence). Installation possible en zones 1 et 21.

### II.1.6.1 Principe de la surpression interne

La surpression interne consiste à créer une surpression dans une enveloppe renfermant des équipements électriques. La surpression présente à l'intérieur de l'enveloppe empêche d'éventuels gaz explosibles de pénétrer à l'intérieur de l'enveloppe. C'est ainsi que, à l'intérieur de l'enveloppe, se crée une zone sûre dans laquelle peuvent être montés et employés des appareils électriques ne bénéficiant pas d'une protection antidéflagrante. Les éventuelles fuites à l'intérieur de l'enveloppe sont compensées par l'apport d'un gaz de protection.

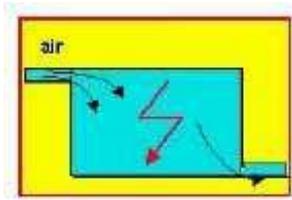
**Modes de protection****Principe**

Fig II.5 Surpression interne –symbole (p)

La pénétration d'une atmosphère environnante à l'intérieur de l'enveloppe du matériel électrique est empêchée par le maintien, à l'intérieur de la dite enveloppe, d'un gaz de protection à une pression supérieure à celle de l'atmosphère environnante.

**II.1.6.2 Appareillages ATEX**

Matériel pour atmosphères explosibles:

Une étude personnalisée est **INDISPENSABLE** pour pouvoir répondre aux besoins en matériel, suivi d'un stock important de produits ATEX avec certification.

- **Éclairage ATEX**

Luminaires fluorescents, projecteurs, hublots & lanternes, lampes portatives et baladeuses

- **Signalisation ATEX**

Signalisation lumineuse, signalisation sonore

- **Organe de protection et de commande ATEX**

Disjoncteurs moteurs, postes de commande et de signalisation

- **Coffrets et boîtes ATEX**

Coffrets et boîtes polyester, coffrets et boîtes aluminium

- **Accessoires ATEX**

Système de mise à la terre, presse étoupes simple compression, presse étoupes double compression, accessoires pour presse étoupes ATEX, connectique

- **Moteurs électriques ATEX**

**II.2 Appareils de protection, appareils de commande**

L'appareillage électrique est l'ensemble du matériel permettant la mise sous tension, ou hors tension des portions d'un réseau électrique.

Selon la Commission électrotechnique internationale (CEI), l'appareillage électrique est un terme général applicable aux appareils de connexion et à leur combinaison avec des appareils de commande, de mesure, de protection et de réglage qui leur sont associés, ainsi qu'aux ensembles de tels appareils avec les connexions, le câblages, les accessoires, les armoires et les bâtiments correspondantes.

La CEI distingue (différencie) l'appareillage de connexion qui est destiné à être utilisé dans le domaine de la production, du transport, de la distribution et de la transformation de l'énergie électrique.

### **II.2.1 Appareils de protection, appareils de commande**

L'appareillage électrique est l'ensemble du matériel permettant la mise sous tension, ou hors tension des portions d'un réseau électrique.

Selon la Commission électrotechnique internationale (CEI), l'appareillage électrique est un terme général applicable aux appareils de connexion et à leur combinaison avec des appareils de commande, de mesure, de protection et de réglage qui leur sont associés, ainsi qu'aux ensembles de tels appareils avec les connexions, le câblages, les accessoires, les armoires et les bâtiments correspondantes.

La CEI distingue (différencie) l'appareillage de connexion qui est destiné à être utilisé dans le domaine de la production, du transport, de la distribution et de la transformation de l'énergie électrique.

Appareillages électrique suivants :

- **Contacteur**
- **Sectionneur**
- **Interrupteur**
- **Disjoncteur**

Les assemblages qui comprennent ce type d'appareils font aussi partie de l'appareillage électrique.

#### **II.2.1.1 Sectionneur**

Le sectionneur est un appareil électromécanique permettant de séparer, de façon mécanique, un circuit électrique et son alimentation, tout en assurant physiquement une distance de sectionnement satisfaisante électriquement. L'objectif peut être d'assurer la sécurité des personnes travaillant sur la partie isolée du réseau électrique ou bien d'éliminer une partie du réseau en dysfonctionnement pour pouvoir en utiliser les autres parties.

Le sectionneur, à la différence du disjoncteur ou de l'interrupteur, n'a pas de pouvoir de coupure, ni de fermeture.

Il est impératif d'arrêter l'équipement aval pour éviter une ouverture en charge. Dans le cas contraire de graves brûlures pourraient être provoquées, liées à un arc électrique provoqué par l'ouverture.

Le sectionneur, pour satisfaire aux normes en vigueur, doit pouvoir être condamné en position

ouverte.

Cet appareil est souvent muni de fusibles, il est alors appelé sectionneur porte-fusibles. Certains sectionneurs comportent aussi des contacts à précoupure permettant de couper la commande des organes de puissance afin d'éviter une manoeuvre en charge.

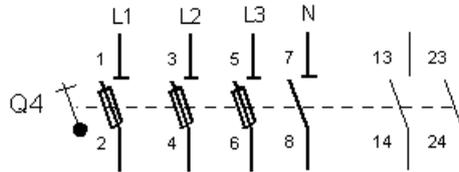


Fig II.6 Sectionneur triphasé porte fusibles

Symbole électrique d'un sectionneur triphasé avec un fusible sur chaque phase :

- à gauche les contacts des trois phases et du neutre.
- à droite les deux contacts secondaires de précoupure.

- **Roles des différents organes :**

Contacts principaux : couper un circuit électrique en isolant la source du consommateur ;

Contacts auxiliaires : couper le circuit de commande ;

La poignée de commande : elle peut être verrouillée par un cadenas en position ouverte ;

Des porte-fusibles (facultatif).

L'ouverture du sectionneur est impérative lors de toute intervention hors tension sur un équipement électrique.

### II.2.1.2 Interrupteur

En électricité, un interrupteur est un organe ou appareillage de commande qui permet d'ouvrir et de fermer un circuit alimentant un appareil électrique aux valeurs des intensités nominales.

Il se double parfois d'un variateur permettant de moduler le courant

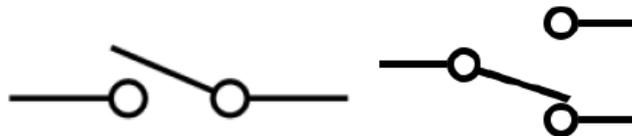


Fig II.7 Symbole d'un interrupteur ouvert

Un interrupteur (dérivé de rupture) est un organe, physique ou virtuel, permettant d'interrompre ou d'autoriser le passage d'un flux (courant, intensité, signal,..). Il ne faut pas confondre l'interrupteur qui permet d'éteindre ou d'allumer un appareil avec le commutateur qui permet de choisir entre plusieurs états actifs d'un appareil.

### II.2.1.3 Contacteur

Un contacteur est un appareil électrotechnique destiné à établir ou interrompre le passage du courant, à partir d'une commande électrique ou pneumatique.

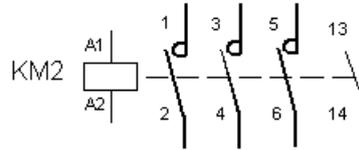


Fig II.8 Contacteur triphasé

- **Utilisations**

Il a la même fonction qu'un relais électromécanique, sauf que ses contacts sont prévus pour supporter un courant beaucoup plus important.

Ils sont utilisés pour alimenter des moteurs industriels de grande puissance et en général des consommateurs de fortes puissances. Ils possèdent un pouvoir de coupure important.

Ils sont aussi utilisés en milieu domestique pour alimenter des appareils.

### II.2.1.4 Disjoncteur

Un disjoncteur est un dispositif électromécanique, voire électronique, de protection dont la fonction est d'interrompre le courant électrique en cas d'incident sur un circuit électrique. Il est capable d'interrompre un courant de surcharge ou un courant de court-circuit dans une installation. Suivant sa conception, il peut surveiller un ou plusieurs paramètres d'une ligne électrique. Sa principale caractéristique par rapport au fusible est qu'il est réarmable (il est prévu pour ne subir aucun dommage lors de son fonctionnement).

- **Schéma électrique de principe**

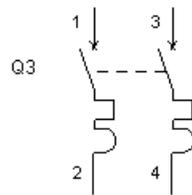


Fig II.9 Schéma électrique d'un disjoncteur magnétothermique bipolaire

Ces modèles sont destinés à remplacer les fusibles (notamment utilisés en domestique), en offrant l'avantage d'être réarmables (une manette à actionner, aucune cartouche à remplacer) et en cumulant dans un même boîtier une détection thermique contre les surcharges prolongées et magnétique contre les augmentations rapides de courant.

### **II.2.1.5 Disjoncteur différentiel**

Le disjoncteur différentiel outre son pouvoir de coupure contre les courts-circuits et les surcharges, assure la détection d'une différence d'intensité du courant entre la phase et le neutre, si un défaut d'isolation existe (courant de fuite par la prise de terre), ce défaut est aussi appelé courant résiduel.

## **II.3 Symboles normalisés**

Le schéma électrique est une représentation graphique de circuits électriques montrant comment les différents éléments de circuit sont connectés les uns aux autres. Les éléments de circuit sont représentés dans un schéma électrique par des **symboles** de circuits conventionnels, tandis que tous les symboles sont reliés par des lignes droites qui représentent des fils électriques.

Pour cela :

Chaque élément d'un circuit est représenté par son symbole normalisé.

On représente le circuit électrique par un schéma électrique.

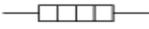
• **Symboles des composants de commande :**

Tableau II.1 Symboles des composants de commande

Noms	Symboles	Noms	Symboles
Contact à fermeture (NO, contact de travail)		Contact à ouverture, temporisé à la fermeture	
Contact à ouverture (NC, contact de repos)		Capteur générique : le symbole de la grandeur physique est dessiné dans le rectangle	
Boutons poussoirs		Contact à commande par capteur fonctionnant sous l'effet de la température	
Contact à deux positions		Contact à commande par niveau de liquide	
Interrupteur de position		Bobine d'un relais ou d'un contacteur	
Interrupteur de position à deux circuits distincts actionné mécaniquement dans les deux sens		Instrument de mesure ampèremètre (A), voltmètre (V), ohm (Ω)	
Contact à fermeture, temporisé à la fermeture		Capteur sensible à une proximité avec contact à fermeture	
Contact à ouverture, temporisé à l'ouverture		Contact à pression	
Contact à fermeture, temporisé à l'ouverture			

- **Symboles des composants de travail :**

Tableau II.2 Symboles des composants de travail

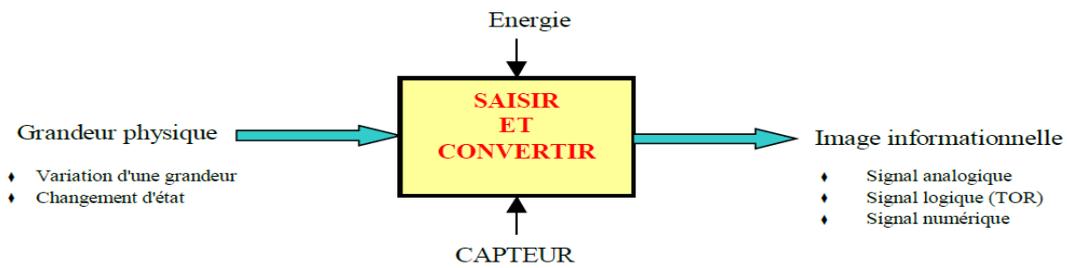
Noms	Symboles
Résistance (symbole général)	
Résistance variable	
Condensateur (symbole général)	
Bobine	
Transformateur à deux enroulements	Forme 1 
	Forme 2 
Diode à semi-conducteur	
Lampe témoin	
Alarme sonore - Klaxon	
Élément chauffant	
Moteur électrique asynchrone triphasé	
Conducteur	
	
	ou 
ou	

## II.4 Emploi des capteurs

- **Définition :**

Un capteur est un organe de prélèvement d'informations qui élabore, à partir d'une grandeur physique, une autre grandeur physique de nature différente (généralement électrique) représentative de la grandeur prélevée, et utilisable à des fins de mesure.

### II.4.1 Représentation fonctionnelle :



On peut classer les capteurs en 4 familles :

- Les interrupteurs de position électromécaniques actionnés par contact direct avec des objets ou des pièces
- Les détecteurs de proximité inductifs et magnétiques pour détecter sans contact physique et à faible distance du métal
- Les détecteurs de proximité capacitifs, pour détecter sans contact physique et à faible distance des objets de natures diverses
- Les détecteurs photoélectriques pour détecter des objets situés jusqu'à plusieurs dizaines de mètres.

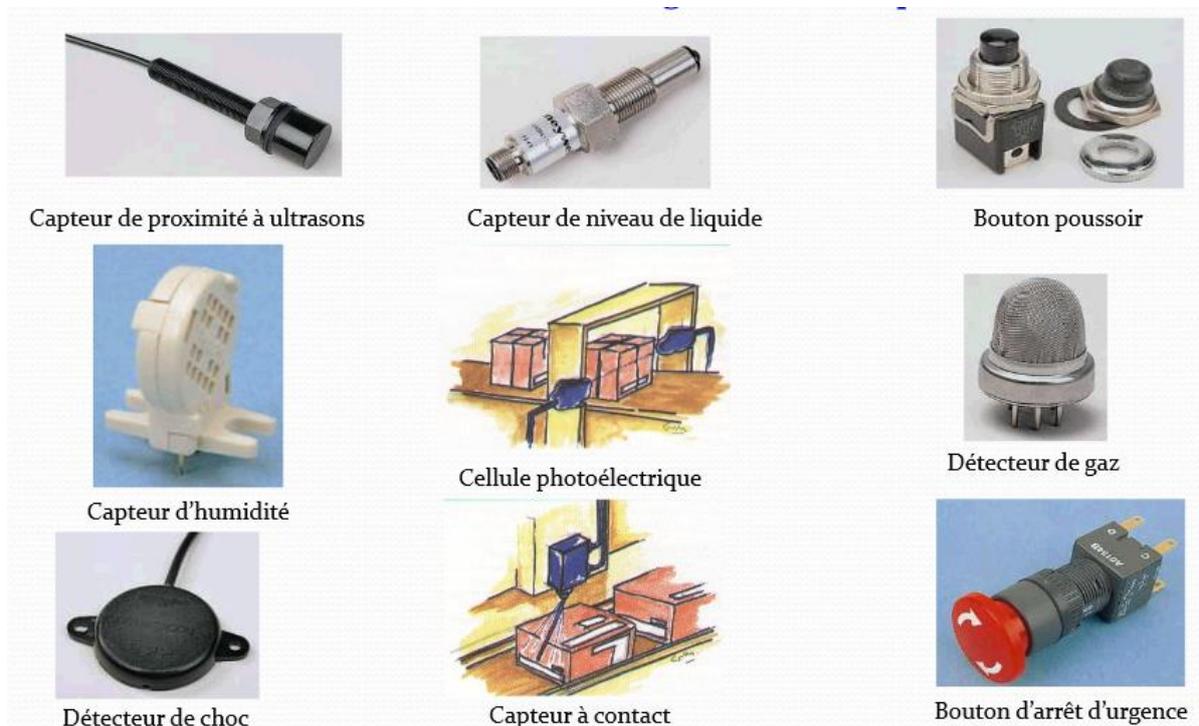


Fig II.10 les quatre familles du capteurs

## II.5 Raccordement électrique des automates aux actionneurs,

- Structure générale des API

Les automates programmables industrielle sont construis avec des différentes structure, il existe : Les compacts, les racks tables et les modulaires Les caractéristiques principales d'un automate programmable industriel (API) sont : coffret, rack, baie ou cartes.



Fig.II.11 Exemples des APIs compacts

### II.5.1 Démarrage -Arrêt automatique des moteurs CC

La figure II.11 montre le circuit de puissance d'un MCC commandé par deux relais électromagnétiques.

Avec cette structure (structure en pont), le moteur peut être alimenté par la source d'alimentation E ou E suivant l'état des relais KM1 (rotation droite) ou KM2 (rotation à gauche). Les demandes de démarrage de moteur en sens droite ou à gauche peuvent être réalisées soit à l'aide de boutons poussoirs, respectivement S1 et S2. L'arrêt du moteur peut être réalisé à l'aide d'un bouton poussoir S3.

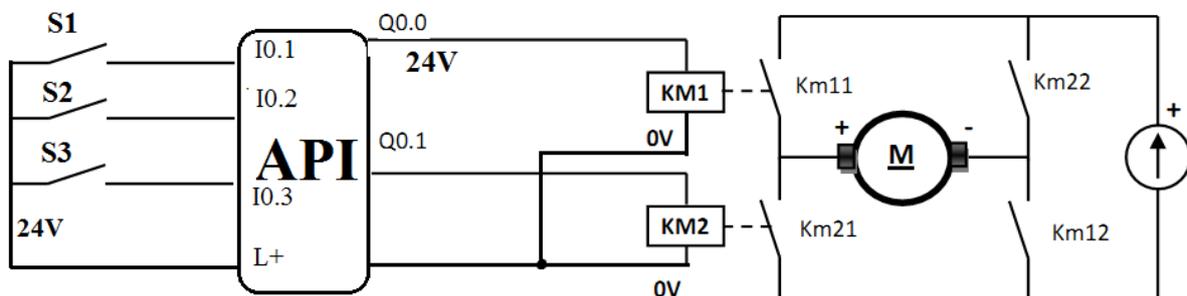


Fig.II.12 Schéma de puissance pour commander un MCC en deux sens de rotation par API.

### II.5.2 Commande d'un MCA en deux sens de rotation par API

Pour commander un moteur asynchrone triphasé en deux sens de rotations, le circuit de puissance nécessite deux contacteurs K1 et K2 (comme le montre la figure 4.3) nécessaires pour permuter les deux lignes de phases.

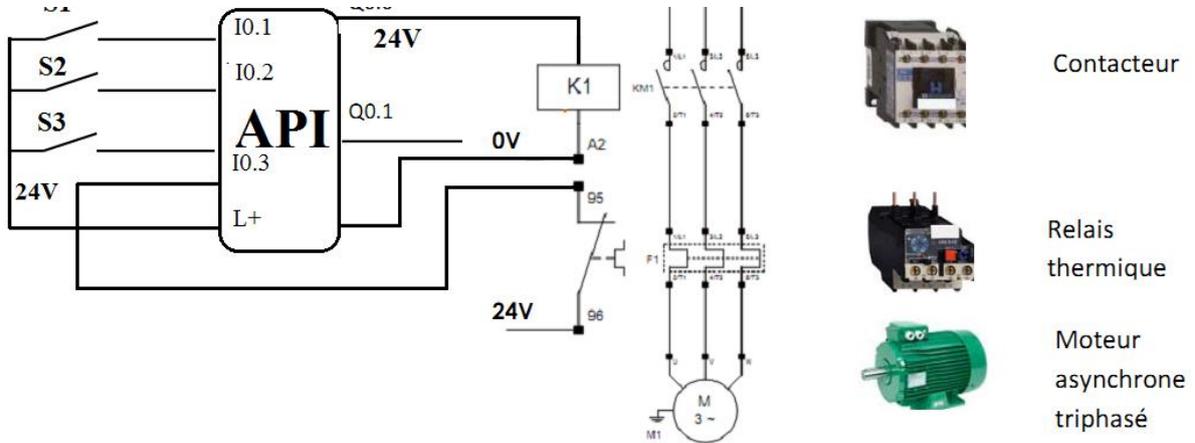


Fig.II.13 Schéma de puissance pour commander un MCA en deux sens de rotation par API.

## **Continu de Chapitre III. Câblage des instruments**

*Liaisons entre les différents éléments du système de contrôle commande, câbles normalisés, câbles d'instrumentation, câbles et câblage en sécurité.*

### **Table des matières**

III.1	Liaisons entre les différents éléments du système de contrôle commande -----	27
III.1.1	Types de câblage -----	27
III.1.2	Le précâblage : -----	28
III.2	Câbles normalisés-----	29
III.2.1	Conducteurs et câbles-----	29
III.2.1.1	Définitions-----	29
III.2.1.2	Constitution d'un câble.-----	30
III.2.1.3	Identification et repérage des conducteurs. -----	31
III.2.1.4	Designation et normes des conducteurs et des cables. -----	31
III.3	Câbles d'instrumentation -----	35
III.3.1	Mesure et incertitudes de mesure -----	35
III.3.2	Instrumentation : instruments de mesure, chaîne de mesure numérique -----	36
III.3.2.1	Capteur et principe physique associé.-----	36
III.3.2.2	Câbles d'instrumentation -----	37
III.3.2.3	Le câble coaxial-----	38
III.3.2.4	Câble de données IBM : -----	39
III.3.2.5	Le câble à paires torsadées -----	40
III.3.3	câbles et câblage en sécurité-----	41

### III.1 Liaisons entre les différents éléments du système de contrôle commande

Le câblage électrique est indispensable pour toute installation électrique. C'est un support (transportant le courant électrique ou l'information électronique) assurant la liaison et la connections entre les instruments de tout systèmes électriques. C'est un moyen électrotechnique qui a pour rôle de permettre la distribution du courant électrique sous plusieurs formes :

Forme d'énergie (alimentation en courant/puissance, moteur, éclairage, dispositifs )

Forme de signaux de commande (commande d'instruments: appareillages, )

Forme de signaux de signalisation (sécurité, vidéosurveillance, témoin, )

Forme de réseau Informatique de données (internet, serveur, fibre )

Forme de signaux de télécommunications (Téléphonie, télévision; fibre )

Forme signaux Audiovisuel (camera, haut parleur, fibre )

Tout le câblage électrique part d'une centrale tableau de gestion électrique et de répartition des différentes fonctions et va alimenter les prises électriques, les points d'éclairage, les différents systèmes et processus, appareils, machines etc...

#### III.1.1 Types de câblage

De nos jours il existe des techniques de câblages très innovantes, et conceptrice dans le domaine des installations électriques que ce soit industriel ou du bâtiment en général.

Le câblage se présente sous plusieurs aspects.

Il peut faire l'objet d'un circuit électrique imprimé en cuivre sur une plaque isolante en matière rigide de Bakélite. Encore, il peut être combiné entre circuit imprimé et câble électrique par soudure.

Il existe aussi un câblage sous forme de fibre optique, celui confine et achemine un signal optique modulé qui représente de l'information sous forme de données numérique mais pas pour autant l'utiliser pour le transport d'énergie.

Mise à part le câble, le circuit imprimé, la fibre optique, il existe le support sans fil qui est principalement la voix hertzienne (antennes de télécommunications).

Enfin les sans fil comme le Bluetooth l'infrarouge et d'autres similaires, entre dans l'arsenal technique des support et liaisons dans le domaine de la technologique d'aujourd'hui.

### III.1.2 Le précâblage :

#### Principe :

Le pré câblage est une opération qui consiste à pourvoir (équiper) un immeuble d'une installation de

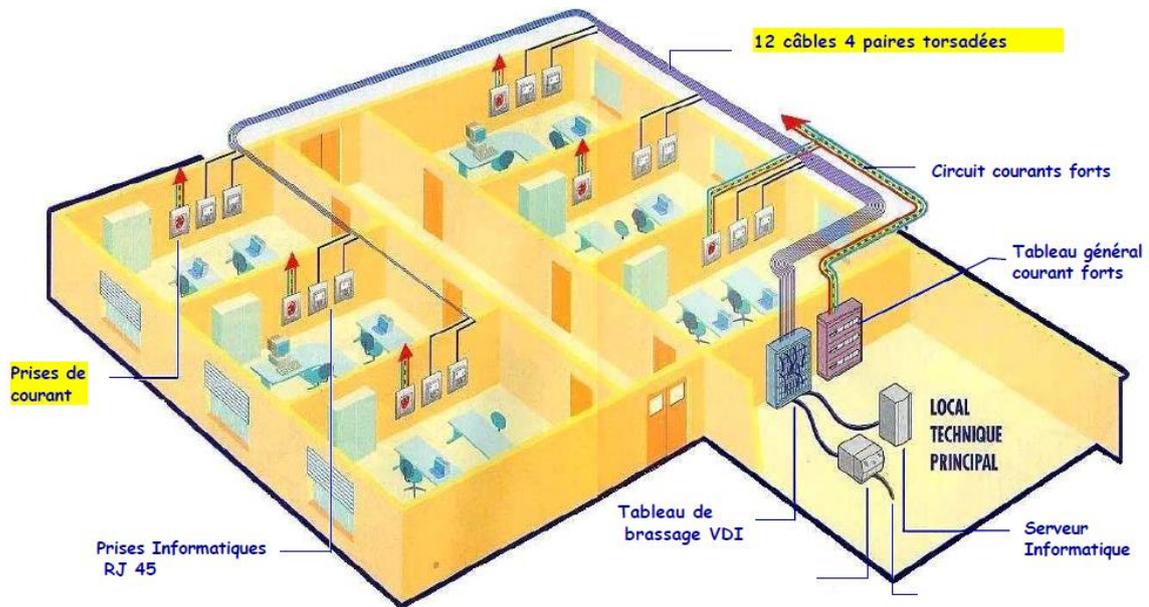


Fig III.1. Câblage électrique conventionnelle

câblage électrique conventionnelle qui est déjà planifiée et prédéfinie volontairement :

- de câbles informatiques, appelés courants faibles,
- et de câbles électriques appelés courants forts.

Le câblage courant faible permet actuellement de transporter :

De la voix (téléphonie),

- Des données (les réseaux locaux)
- De la vidéo (visioconférence, diffusion d'images).

On parle alors de câblage VDI : Voix Donnée Image.

- **Avantage :**

Le pré-câblage est un concept de câblage qui permet d'éviter les extensions au fur et à mesure des besoins .

Prises et câbles de distribution identiques pour tout type de réseaux. Disparition des câblages propriétaires.

Souplesse d'utilisation et Reconfigurable : modification topologique des réseaux sans modification structurelle du câblage.

## III.2 Câbles normalisés

### III.2.1 Conducteurs et câbles

Les conducteurs permettent de conduire l'électricité d'un point à un autre (support de l'électricité). Ils représentent les éléments actifs des liaisons électriques.

Les conducteurs doivent être très peu résistifs pour limiter les pertes par effets joule et les chutes de tension mais aussi être correctement isolés avec une matière isolante pour éviter les contacts directs ou bien les contacts entre conducteurs voisins (courts-circuits), avec la terre et les masses.

Il existe une très grande variété de conducteurs et de câbles électriques, en fonction des réalisations souhaitées.

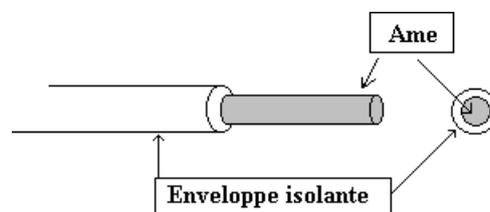
Il en existe une très grande variété pour satisfaire à toutes les utilisations de l'énergie électrique. Installations domestiques (maisons), industrielles, appareils semi-portatifs (machine à laver, sèche linge, appareils portatifs (radio, baladeur, chauffage électrique d'appoint, ...)

#### III.2.1.1 Définitions

On classe les canalisations suivant deux types : les conducteurs et les câbles.

- **Conducteur isolé.**

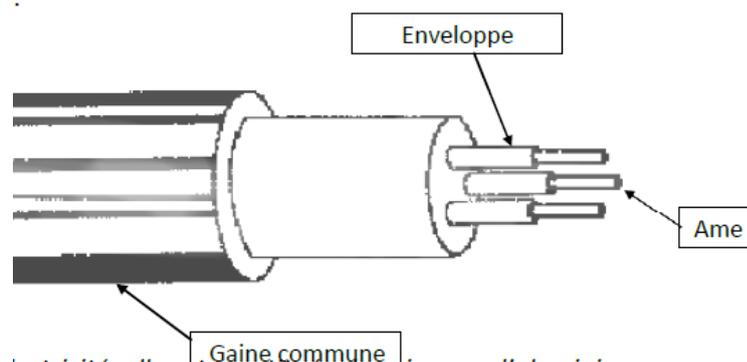
Un conducteur isolé est un ensemble formé d'une âme conductrice et son enveloppe isolante.



FigIII.1 Conducteur isolé

- **Câble.**

Un câble est un **ensemble** de conducteurs isolés, rassemblés sous une protection commune et avec une enveloppe pour chaque âme.



## FigIII.2 Câble

C'est la partie qui va conduire l'électricité, elle est constituée de cuivre ou d'aluminium.

On distingue les conducteurs ayant une :

L'âme conductrice d'un conducteur est caractérisée par :

Sa section (Surface ou aire)

$$S = \pi d^2 / 4 \text{ ou } S = \pi R^2$$

- **Section normalisée en mm<sup>2</sup> :**

0.5	0.75	1	1.5	2.5	4	6	10	25	35	50	70	95	...
-----	------	---	-----	-----	---	---	----	----	----	----	----	----	-----

On emploie du cuivre ou de l'aluminium (lignes aériennes) dont la résistivité est très faible.

$$\rho \text{ cuivre} = 1.6 \cdot 10^{-8} \text{ ohm mètre}$$

$$\rho \text{ aluminium} = 2.6 \cdot 10^{-8} \text{ ohm mètre}$$

La section de l'âme dépend de l'intensité du courant (0.5 mm<sup>2</sup> à 630 mm<sup>2</sup>)

- **L'isolant d'un conducteur :**

Il entoure l'âme conductrice et assure l'isolation électrique. Il doit avoir une résistivité et une rigidité électrique élevée. Il doit résister à :

Des contraintes mécaniques : Torsion, chocs

Des contraintes chimiques : Résistance à la combustion

Des contraintes physiques : Tenue à la corrosion par l'humidité.

Il doit protéger les conducteurs contre la présence d'eau, de poussières, les chocs mécaniques et la chaleur.

On utilise des matières synthétiques : P V C (polychlorure de vinyle), PR (polyéthylène réticulé), PRC (caoutchouc butyle vulcanisé)

Du fait de leur rigidité électrique, les isolants sont caractérisés par la tension nominale qu'ils doivent supporter.

### III.2.1.2 Constitution d'un câble.

Un câble électrique est constitué de plusieurs conducteurs électriquement distincts et mécaniquement solidaires. Un câble est au minimum constitué d'un conducteur, d'une gaine de bourrage et d'une enveloppe isolante.

On distingue des câbles unipolaires et multipolaires

- **L'âme**

En cuivre électrolytique (99,99 % de cuivre) , résistivité 0,017Ωmm<sup>2</sup>/m. ou en aluminium, résistivité 0,027Ωmm<sup>2</sup>/m.

C'est la partie centrale et métallique d'un conducteur.

Deux types d'âme :

L'âme est dite massive lorsqu'elle est constituée d'un conducteur (fil) unique.

- utilisé pour les installations fixes. (VOB, XVB, XFVB, ...)

L'âme est dite multibrins lorsqu'elle est formée de plusieurs brins assemblés torons.

utilisé pour les parties mobiles des installations fixe. (Machine à laver, radio, ...) (VOBSt, CTLB, VTLmb, ...)

### III.2.1.3 Identification et repérage des conducteurs.

L'identification ou le repérage des conducteurs permet de donner une indication sur la nature du conducteur. Le repérage est réalisé soit par coloration du conducteur soit par chiffres imprimés ou fixés sur le conducteur.

Les repérages par coloration respectent toujours 3 règles :

Règle n°1 :

Le conducteur bleu clair doit être utilisé pour raccorder le neutre.

Règle n°2 :

Le conducteur vert / jaune est réservé uniquement au conducteur de protection PE ( la terre).

Règle n°3 :

La phase peut être repérée par n'importe quelle couleur à l' exception du bleu clair et du vert / jaune.

ATTENTION : il est impératif de vérifier ce repérage sur une installation car la couleur du conducteur donne seulement une indication.

*Remarques importantes :*

Le repérage de conducteur doit être considéré comme une présomption (supposition) et il est toujours nécessaire de vérifier la polarité des conducteurs avant toute intervention.

Dans le cas où le conducteur neutre est également utilisé comme conducteur de protection (mise au neutre des masses), il doit être repéré comme conducteur de protection (PE) c'est-à-dire vert / jaune.

### III.2.1.4 Designation et normes des conducteurs et des câbles.

Il existe une diversité importante de conducteur et de câbles en fonction des applications auxquelles ils sont destinés. Il est donc nécessaire de les différencier, d'après leur constitution.

Il existe deux systèmes de normalisations pour les conducteurs et les câbles :

**La norme française UTE (Union technique de l'électricité).**

**La norme européenne CENELEC (Comité Européen de Normalisation pour l'électrotechnique**

**Désignation et normes des câbles électriques :**

<i>désignation HAR-Cenelec</i>			
	Symbole	Signification	Exemple
Type dans la série	H	Série harmonisée	
	A	Série nationale reconnue	
	FR-N	Série nationale autre	FR-N1X1G1
Tension nominale, $U_0/U$ $U_0$ = tension entre phase et terre $U$ = tension entre phases.	01	$U_0/U = 100/100$ Volts	H01N2-D
	03	$U_0/U = 300/300$ Volts	
	05	$U_0/U = 300/500$ Volts	
	07	$U_0/U = 450/750$ Volts	
	1	$U_0/U = 0,6/1$ kVolts	
Nature de l'isolant des conducteurs	B	Caoutchouc d'éthylène propylène (EPR)	
	G	Copolymère d'éthylène acétate de vinyle (EVA)	
	N	Polychloropène néoprène (PCP)	
	S	Caoutchouc de silicone	
	V	PVC	
	V2	PVC résistant à 90°C	H03V2V2H 2-F
	R	Caoutchouc vulcanisé	
	E	Polyéthylène (PE)	
	Z	Polyéthylène réticulé (PR)	
Protection des conducteurs	D	Ruban en acier ceinturant les conducteurs	
	Z4	Armure en feuillard d'acier	

Nature de la gaine extérieure	B	Caoutchouc d'éthylène propylène (EPR)	
	G	Copolymère d'éthylène acétate de vinyle (EVA)	
	N	Polychloropène néoprène (PCP)	H07RN-F
	N8	Polychloropène néoprène (PCP), étanche AD8	
	S	Caoutchouc de silicone	
	V	PVC	H05VV-F
	V2	PVC résistant à 90°C	
	R	Caoutchouc vulcanisé	
	T	Textile	
	E	Polyéthylène (PE)	
	Z	Polyéthylène réticulé (PR)	
Forme du câble	[rien]	Rond	
	H	Méplat 'scindable'	
	H2	Méplat non 'scindable' à 2 conducteurs	H03VVH2-F
	H6	Méplat non 'scindable' à n conducteurs	
	H8	Spiral	
Nature de l'âme	-	Cuivre	
	A	Aluminium	
Souplesse de l'âme	U	Massif (1 seul brin)	H07V-U
	R	Rigide (plusieurs brins)	H07V-R
	F	Souple (classe 5)	
	H	Extra souple (classe 6)	
	K	Souple pour installation fixe	H07V-K

	D	Souple pour soudure	
	E	Extra souple pour soudure	
Nombre de conducteurs	i	i conducteurs	
Mise à la terre	X	Sans conducteur vert/jaune	
	G	Avec conducteur vert/jaune	
Section des conducteurs	j	j mm <sup>2</sup> de section	

	Symbole	Signification	Exemple
Type dans la série	U	Câble faisant l'objet d'une norme UTE	
Tension nominale	250	250 Volts	
	500	500 Volts	
	1000	1000 Volts	
Souplesse de l'âme et nature du conducteur	-	âme rigide	
	S	âme souple	
	[rien]	Cuivre	
Nature de l'isolant des conducteurs	A	Aluminium	
	C	Caoutchouc vulcanisé	
	N	Polychloroprène ou équivalent	
	R	Polyéthylène réticulé	U1000-R2V
	V	Polychlorure de vinyle (PVC)	
Bourrage	P	Plomb	
	G	Gaine vulcanisée	
	0	Aucun bourrage	
	1	La gaine extérieure fait office de bourrage	
Nature de la gaine	2	Bourrage indépendant de la gaine	
		extérieure	
	C	Caoutchouc vulcanisé	
	N	Polychloroprène ou équivalent	
	R	Polyéthylène réticulé	
Armature métallique	V	Polychlorure de vinyle (PVC)	
	P	Plomb	
	[rien]	Cuivre	
	F	Feuillard en acier	U1000-RVfV
	Nature de la sur-gaine	C	Caoutchouc vulcanisé
N		Polychloroprène ou équivalent	
R		Polyéthylène réticulé	
V		Polychlorure de vinyle (PVC)	
P		Plomb	
Nombre de conducteurs	i	i conducteurs	
Mise à la terre	X	Sans conducteur vert/jaune	
	G	Avec conducteur vert/jaune	
Section des conducteurs	j	j mm <sup>2</sup> de section	

**Par exemple :**

la signification de R2V, dont le nom exact est U1000-R2V : U : câble faisant l'objet d'une norme UTE 1000 : Tension nominale - : âme rigide [rien] : âme en cuivre ; alors que le U1000-AR2V aura une âme rigide en aluminium R : isolant des conducteurs en polyéthylène réticulé 2 : bourrage indépendant de la gaine V : gaine extérieure en PVC

Autre exemple : HO7RNF 3G2,5

H(Serie harmonisée) / 07(Tension nominale, U0=450V/U=750V)

(Forme du câble=Rond) / (Nature de l'âme=Cuivre)

R(Nature de l'isolant des conducteurs=Caoutchouc Vulcanisé) / N(Nature de la gaine extérieure=Polychloropène néoprène (PCP) / F(Souplesse de l'âme=Souple, classe 5)

(Nombre de conducteurs) / G(Mise à la terre=avec conducteur vert/jaune) / 2,5(section en mm des conducteurs).

### III.3 Câbles d'instrumentation

L'instrumentation est l'art qui est dédié à la mesure des grandeurs physiques et électriques. Son domaine est très vaste, en électronique, en tout type d'industrie, il fournit les informations indispensables au contrôle d'une installation automatisée, par un système dit chaîne de mesure. Celle-ci est composée de capteur, de câblage d'instrumentation, de circuit conditionnaire, instruments de mesure et traitement de l'information (signal).

#### III.3.1 Mesure et incertitudes de mesure

**• Définitions.**

- Utiliser le vocabulaire de base de la métrologie.

**• Notions d'erreurs.**

- Identifier les limites du mesurage (étendue de mesure, seuil de détection, seuil de quantification, etc.).
- Identifier les différentes sources d'erreur lors d'une mesure (mesurage).

**• Notion d'incertitude.**

- Évaluer les incertitudes associées à chaque source d'erreur.
- Comparer le poids des différentes sources d'erreur.

- Évaluer l'incertitude d'une mesure :
  - à partir de la documentation du constructeur ;
  - à l'aide d'une formule d'évaluation (fournie) ;
  - donnée par un instrument analogique.
  - ▫ Évaluer la valeur moyenne et l'écart-type expérimental d'une série de mesures effectuées dans des conditions de répétabilité.
  - ▫ Évaluer l'incertitude de répétabilité à l'aide d'une formule d'évaluation (fournie).
    - **Expression et acceptabilité du résultat.**
  - ▫ Exprimer le résultat d'un mesurage par une valeur mesurée et une incertitude de mesure associée à un niveau de confiance.
- Définir les mesurages à conserver en fonction d'un critère donné.
- Faire des propositions pour améliorer la démarche.
- Vérifier un résultat de mesurage à l'aide d'un étalon.

### III.3.2 Instrumentation : instruments de mesure, chaîne de mesure numérique

#### III.3.2.1 Capteur et principe physique associé.

##### • Chaîne de traitement de l'information

- ▫ Associer la mesure d'une grandeur au principe physique d'un capteur.
- ▫ Mettre en oeuvre un instrument de mesure, une chaîne de mesure numérique.
- ▫ Identifier les sources d'erreur et évaluer les incertitudes associées à chaque étage de la chaîne.
- ▫ Étalonner un capteur, un transmetteur, une chaîne de mesure numérique.

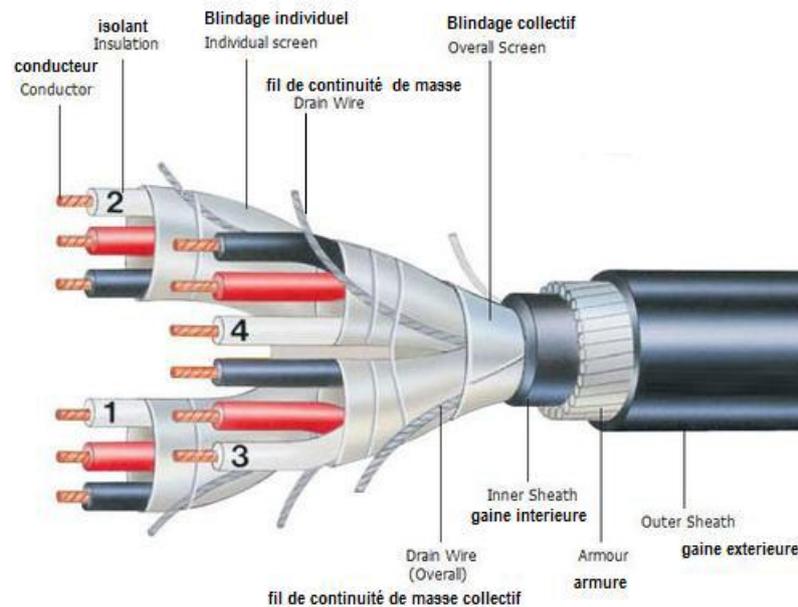
Utilisation des appareils de mesure Choix des appareils Étalonnage Dans le cadre d'une mesure, pour chaque appareil :

- ▫ Connaître la grandeur mesurée ;
- ▫ Choisir un instrument de mesure adapté en fonction de ses caractéristiques (sensibilité, temps de réponse, fidélité, justesse, étendue de mesure) ;
- ▫ Indiquer le capteur utilisé ;
- ▫ Identifier les éléments de la chaîne de mesure ;

- ▫ Utiliser l'appareil, à l'aide d'une documentation, dans le cadre d'un protocole de mesure ;
- ▫ Effectuer des mesures.

Réaliser, régler et/ou étalonner les dispositifs expérimentaux dans les conditions de précision correspondant au protocole.

### III.3.2.2 Câbles d'instrumentation



FigIII.3. Câbles d'instrumentation

Le câble d'instrumentation est un câble conducteur électrique de faible courant qui assure le cheminement du signal analogique ou numérique fidèlement sans pertes ou modification de sa valeur ou de sa forme.

Pour chaque mode de mesure il existe un type de câble adéquat. Par conséquent on trouve plusieurs configurations pour des usages comme :

Signaux analogiques, données numérique, sondes ou capteurs sensibles, hautes fréquences, etc...

Ces câbles d'instrumentation sont conçus selon des **critères** spécifiques pour chaque domaine d'utilisation.

Ces critères se résument comme suit :

La **nature du signal** (tension, courant, fréquence, analogique, numérique, communications,

La **distance du câble**

les **Interférences** (électromagnétiques, résistivité, intercouplage...

**L'environnement** autour du câble (contraintes physique ou mécanique, température, humidité, poussière

Certaines grandes normes de câbles d'instrumentation :

- Normes britanniques BS5308
- Normes britanniques / européennes BS EN 50288-7
- Normes françaises NF M82-202

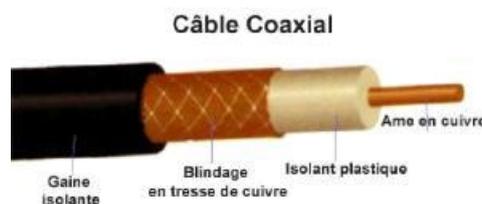
Les normes susmentionnées couvrent une multitude de variantes de câbles d'instrumentation, dont des câbles avec blindage collectif et individuel ou avec blindage collectif uniquement. Ces câbles peuvent être isolés avec du polyéthylène (PE), du polyéthylène réticulé (XLPE), du chlorure de polyvinyle (PVC) ou encore du silicone (Si). Ces câbles d'instrumentation sont également disponibles avec une armure avec fil en acier ou ruban en acier, pour une protection contre les contraintes mécaniques.

### III.3.2.3 Le câble coaxial

Le câble coaxial ou ligne coaxiale est une ligne de transmission ou liaison asymétrique, utilisée en hautes fréquences, composée d'un câble à deux conducteurs.

L'âme centrale, qui peut être mono-brin ou multi-brins (en cuivre ou en cuivre argenté, voire en acier cuivré), est entourée d'un matériau diélectrique (isolant). Le diélectrique est entouré d'une tresse conductrice (ou feuille d'aluminium enroulée), puis d'une gaine isolante et protectrice.

Sa forme particulière permet de ne produire (et de ne capter) aucun flux net extérieur. Ce type de câble est utilisé pour la transmission de signaux numériques ou analogiques à haute ou basse fréquence.



FigIII.4. Câbles coaxial

- **Avantages :**

Caractéristiques intéressantes et Immunité aux bruits électromagnétiques Transporte de données numériques (50 Ohms) et analogiques (75 Ohms)

- **Inconvénients:**

Difficulté d'installation et manque d'adaptation face aux modifications. Le coût reste plus élevé que celui de la paire torsadée pour des performances maintenant identiques.

- **Transport de l'information :**

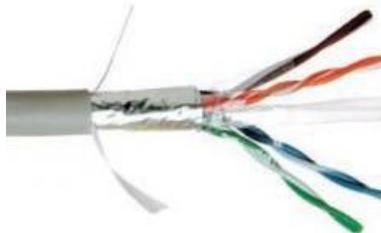
Largement utilisé depuis l'apparition d'Ethernet.

Les câbles 50 Ohms sont appelés câbles bande de base car ils véhiculent un seul signal numérique composé de « 0 » matérialisés par une absence de tension et de « 1 » matérialisés par une présence de tension. Les câbles 75 Ohms sont appelés large bande car ils peuvent véhiculer plusieurs signaux analogiques à des fréquences différentes (plusieurs chaînes de TV par ex). Pour ces câbles, chaque signal peut être multiplexé dans le temps pour transporter plusieurs informations.

- **Principaux types de câbles coaxiaux :**

Le câble standard Ethernet 10 base 5, en conformité IEEE 802.3. On l'appelle également le câble coaxial 'gros' (thick) d'impédance 50 Ohms. Le connecteur utilisé est de type 'N', Le câble coaxial fin Ethernet 10 base 2 appelé également le câble coaxial 'thin' RG 58 d'impédance 50 Ohms. Le connecteur est de type BNC, Le câble coaxial de type RG 62 d'impédance 93 Ohms. C'est le câble standard utilisé dans la gamme des systèmes 3270 d'IBM et également dans le réseau ARCNET . Le connecteur utilisé est de type BNC.

### III.3.2.4 Câble de données IBM :



*FigIII.5. Câble de données IBM*

- **Câble de type 1 :**

Il comporte des conducteurs mono brins de 0,6 mm (22 AWG) généralement en cuivre brut. Il est recommandé pour les longues distances.

- **Câble de type 6 :**

Il comprend des conducteurs en cuivre multibrins de 0,4 mm (26 AWG). Il est recommandé pour les environnements de bureau sur des courtes distances.

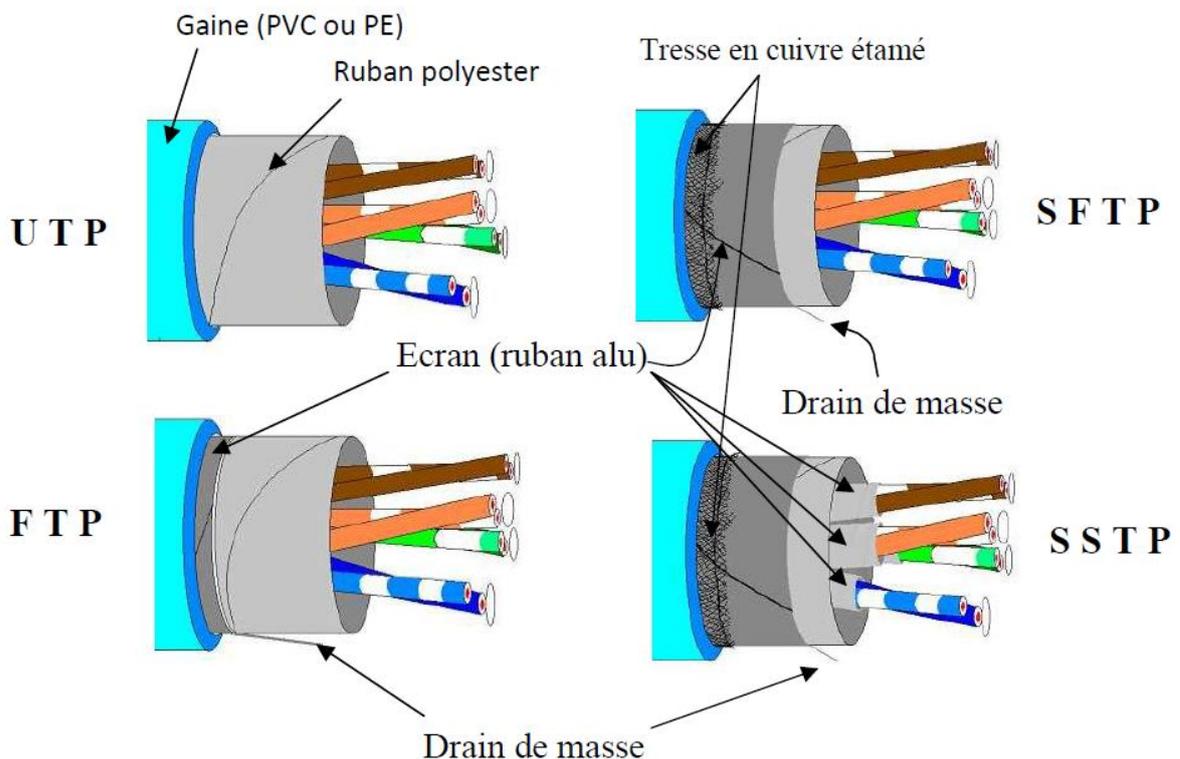
- **Câble TWINAX :**

Il existe aussi un câble particulier, que l'on peut classer, de par sa constitution, dans la catégorie des câbles coaxiaux. Il s'agit du câble TWINAX d'impédance 105 Ohms conçu spécialement pour les environnements IBM 3X et AS 400. Il est constitué de deux conducteurs centraux. Il utilise un connecteur spécifique appelé également le connecteur TWINAX.

### III.3.2.5 Le câble à paires torsadées

Une paire torsadée est une ligne symétrique formée de deux fils conducteurs enroulés en hélice l'un autour de l'autre. Cette configuration a pour but principal de limiter la sensibilité aux interférences et la diaphonie dans les câbles multipaires.

Les paires torsadées se trouvent en téléphonie, en électroacoustique, en instrumentation et en transmission de données informatiques. Cependant cette configuration réduit, lorsque deux paires symétriques courent parallèlement, des liaisons inductives et capacitives se forment entre elles. Le maintien de la distance entre fils de paire permet de maintenir l'impédance caractéristique de la ligne de transmission, afin de maintenir l'impédance autour de 100 ohms  
 100 ohms pour les réseaux ethernet en étoile  
 150 ou bien 105 ohms pour les réseaux token ring  
 100 ou bien 120 ohms pour les réseaux de téléphonie  
 90 ohms pour les câbles USB.



FigIII.5. Câble à paires torsadées

- **Présentation :**

Il supporte tous les réseaux V D I actuels haut débits et très haut débit.

Pour des contraintes de distance il est utilisé pour les liaisons horizontales en réseau de données, on l'appelle aussi câble capillaire.

Ils sont constitués de n câbles capillaires assemblés sous la même gaine, leur appellation est cependant dénommée en paires : 32, 64, 128 ou 256 paires....

- **Types de câble :**

UTP (Unshielded Twisted Pair): sans écran et sans drain,

FTP (Foilded Twisted Pair) : avec écran général (câble écranté) et drain de continuité (drain de masse).

SFTP (Shielded Foilded Twisted Pair) : avec blindage général par ruban, tresse drain de continuité,

SSTP (Shielded Shielded Twisted Pair) câble écranté paire par paire avec blindage general par tresse,STP (Shielded Twisted Pair)

### III.3.3 câbles et câblage en sécurité

Il existe deux modes de sécurité pour les câbles ou câblage :

#### **Sécurité intrinsèque :**

Cette sécurité naît de la technologie, de la conception, et du procédé de fabrication du câble. Ces critères de sécurité sont soumis à une réglementation en respectant les normes en vigueur, et qui doivent être certifiés par les organismes compétents. Cependant leur les utilisateurs de ces produits sont rassurés.

#### **Sécurité extrinsèque :**

Celle-ci est assurée par les dispositions de l'être humain, par des moyens juridiques et techniques. Ces techniques se présentent comme suit :

- **Fil de protection de la mise à la terre**

Le fil de protection, ou conducteur de protection (PE), souvent improprement appelé fil de terre, est le fil électrique assurant la liaison entre un équipement électrique, souvent métallique, et le tableau électrique celui-ci étant relié à la barrette de terre. Tableau central de mise à la terre.

- **Parafoudre**

La fonction du parafoudre (ou parasurtenseur) est de protéger les installations électriques et de télécommunications contre les surtensions en général qui peuvent avoir pour origine la foudre ou la manoeuvre d'appareils électriques (surtensions dites de manoeuvre).

- **Paratonnerre**

un paratonnerre a pour rôle de protéger une structure contre les coups directs de la foudre

- **Gestion des câbles**

Dans le domaine public, la gestion des **câbles** téléphoniques ou de la fibre optique est un gage de qualité des services, mais aussi de **sécurité** dans les infrastructures d'acheminement de l'électricité où des incendies peuvent survenir. L'objectif de gestion du **câble** est double : soutenir les **câbles** acheminés à travers la ...

*chemins de câbles* Les chemins de câbles sont des dispositifs permettant le passage des câbles (énergie généralement électrique, réseau informatique ou multimédia), mais ils sont couramment utilisés dans l'industrie pour faciliter la distribution des fluides (air, gaz, etc.) dans les locaux.

Les chemins de câbles courants peuvent être en acier galvanisé ou inoxydable, aluminium, fibre de verre ou plastique renforcé de fibres. Le matériau retenu dépend des qualités (et défauts) propres à chacun.

Métalliques, ils peuvent améliorer l'immunisation des câbles aux perturbations électromagnétiques à condition d'être reliés à la terre.

Lorsqu'un chemin de câble en acier galvanisé est coupé, les deux surfaces créées par la coupe doivent être peintes avec un composé riche en zinc pour protéger le métal contre la corrosion.

- **Contrôle d'accès physique**

Ceci type de sécurité se limite au degré d'importance du processus et ou aux conséquences désastreuses qui pourraient se produire lors d'une fausse manœuvre.

exemple : câble verrouillé par cadenas.

# Références

- [1] Support de cours, Schémas et Automates programmables, Dr Mesaoud Mohammedi, 2012
- [2] Support de cours, Schémas et Appareillage électrique, Dr Benaired Noredine, 2014
- [3] Schneider Electric, guide de l'installation électrique, chapitre J, la protection contre les surtensions, 2010
- [4] Serge Theoleyre, Groupe Schneider, Les techniques de coupure en MT, Cahier technique n°193, 1998
- [5] Henry Ney, Schémas d'électrotechnique, NATHAN Techniue, 2002
- [6] Henry Ney, Technologie et schémas d'électricité, niveau 1, nouvelle édition, 1985
- [7] Christophe Prévé-Hermès, Protection des réseaux électriques, Paris-1998.
- [8] L. Féchant, Appareillage électrique à BT, Appareils de distribution, Techniques de l'Ingénieur, traité Génie électrique, D 4 865.
- [9] S. H. Horowitz, A.G. Phadke, Power System Relaying, second edition, John Wiley & Sons 1995
- [10] Jaques Marie Broust, Appareillages et Installations Electrique Industriels « Conception-Coordination-Mise en œuvre-Maintenance », Dunod, Paris-2008
- [11] P. Heiny, A. Caplier, Technologie d'électricité : Applications de l'électricité et appareillage électrique, Tome 2, Foucher, Paris
- [12] Metalta Rachid, Normes et schémas électrique, Institut Algérien du Pétrole, Ecole de Skikda, Département Génie Electrique et Instrumentation
- [13] <https://fr.scribd.com/document/144859303/Appareillages-et-Schemas-electriques>
- [14] <https://fr.scribd.com/doc/292818286/Normes-Et-Schemas-Electriques>
- [15] Positron libre, Guide Schéma Electrotechnique et Electricité, Apprendre et Comprendre le Schéma en Electricité Industrielle et Electrotechnique, www.positron-libre.com