

**Support de cours**

# Réglementation Technique Réseaux Distribution

# Table des matières

	<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	
<b>Partie 0</b>	<b>LE DISTRIBUTEUR</b>	
1	Raison d'être : Fournir de l'électricité .....	
2	Métier du Distributeur .....	
3	Situations et classement .....	
4	Evolution du distributeur.....	
5	Défauts et type de réseau.....	
6	Besoin d'informations.....	
7	Evolution des réseaux et matériels .....	
<b>Partie 1</b>	<b>LES TOPOLOGIES DES RESEAUX ELECTRIQUES</b>	
I	<b>Définitions et Terminologies .....</b>	
I-1	Les critères de choix d'une topologie .....	
I-2	Les éléments dépendant de la topologie choisie .....	
I-3	Les différents schémas de réseaux MT .....	
I-4	Le Schéma Radial .....	
I-5	Le Schéma boucle ouverte.....	
I-6	Le Schéma double dérivation .....	
II	<b>La Distribution Publique MT .....</b>	
II-1	Les postes sur les réseaux MT .....	
II-2	Les Postes HTB/HTA en distribution public .....	
II-3	Les Postes HTA/HTA en distribution public .....	
II-4	Les Postes HTA/BT en distribution public .....	
II-5	Les Postes de livraison à un abonné HTB ou HTA.....	
II-6	Autres Ouvrages HTA .....	
II-7	Appareillage HTA .....	
<b>Partie 2</b>	<b>STRUCTURE DES RESEAUX DE DISTRIBUTION .....</b>	
I	<b>RESEAU HTA .....</b>	
I-1	Réseau HTA Aérien .....	
I-1-1	Identification .....	
I-1-2	Balisage .....	

I-1-3	Protection contre les contacts directs .....	
I-1-4	Distances d'éloignement .....	
I-1-4-1	Distance minimales aux sols .....	
I-1-4-2	Distances minimales aux voies de circulations .....	
I-1-4-3	Distances minimales au-dessus des cours d'eau .....	
I-1-4-4	Distances minimales aux constructions .....	
I-1-4-5	Distances minimales aux dessus des traversées des lignes aériennes .....	
I-1-4-6	Distances entre câbles .....	
I-1-4-7	Distances aux obstacles .....	
I-1-4-8	Distances de travail .....	
II	<b>RESEAUX HTA SOUTERRAINS</b> .....	
II-1	Identification .....	
II-2	Protection .....	
II-3	Canalisation Electrique sans Tranchée .....	
II-4	Croisement des canalisations enterrées .....	
II-5	Canalisations enterrées parallèles .....	
II-6	Voisinages des canalisations enterrées .....	
II-7	Canalisations électriques placées dans un ouvrage .....	
III	<b>DIMENSIONNEMENT ELECTRIQUE DES LIGNES</b> .....	
III-1	Intensité maximale admissible en régime permanent .....	
III-2	Détermination de la température d'un conducteur .....	
III-3	Température maximale en régime permanent .....	
III-4	Choix de la température ambiante .....	
III-5	Qualité de service .....	
III-5-1	Défauts provoqués par la foudre .....	
III-5-2	Pollution des isolateurs .....	
III-6	Tenue des lignes aux courants de court-circuit .....	
III-7	Mise à la terre des supports .....	
III-7-1	Réalisation des prises de terre .....	
III-7-2	Protection des personnes .....	
III-8	Parallélisme avec les lignes de télécommunication .....	
III-9	Canalisation de transport des fluides inflammables .....	
IV	<b>DIMENSIONNEMENT MECANIQUE DES LIGNES</b> .....	
IV-1	Efforts occasionnels et hypothèses climatiques .....	
IV-2	Vent .....	
IV-2-1	Efforts occasionnés par le vent .....	
IV-2-2	Hypothèse climatique concernant le vent .....	

<b>IV-2-3</b>	Hypothèse climatique concernant le Givre .....	
<b>IV-2-4</b>	Hypothèses de rupture .....	
<b>IVI-2-5</b>	Hypothèses Complémentaires (pour le montage et l'entretien) .....	
<b>IV-3</b>	Vérification mécanique .....	
<b>IV-3-1</b>	Coefficient de sécurité .....	
<b>IV-3-2</b>	Calcul mécanique des câbles et supports .....	
<b>V</b>	<b>LIGNES AERIENNES BASSE TENSION</b> .....	
<b>V-1</b>	Identification .....	
<b>V-2</b>	Protection Contre les contacts indirects .....	
<b>V-3</b>	Distance d'éloignement .....	
<b>V-4</b>	Surplomb de terrains ordinaire ou agricole .....	
<b>V-5</b>	Surplomb des voies ouvertes à la circulation public .....	
<b>V-6</b>	Surplomb des pistes skiabiles .....	
<b>V-7</b>	Distances aux arbres et aux obstacles .....	
<b>V-8</b>	Cas particuliers des conducteurs nus .....	
<b>V-9</b>	Voisinage et traversée des voies de communication routières .....	
<b>V-10</b>	Voisinage et traversée des voies ferrées .....	
<b>V-11</b>	Voisinage des lignes de télécommunication .....	
<b>V-12</b>	Voisinage des lignes électriques aériennes placées sur supports indépendants .....	
<b>V-13</b>	Voisinage des lignes électriques aériennes placées sur les mêmes supports .....	
<b>V-14</b>	Protection contre les surtensions .....	
<b>V-15</b>	Résistance mécanique des ouvrages .....	
<b>V-16</b>	Résistance pour les hypothèses A et B .....	
<b>VI</b>	<b>CONCEPTION ET ETUDE DE TECHNIQUE DU RESEAU BT TORSADÉ</b> .....	
<b>VI-1</b>	Répartition des supports BT	
<b>VI-1-1</b>	Support béton armé .....	
<b>VI-2</b>	Câble torsadé BT .....	
<b>VI-3</b>	Accessoire de soutien des réseaux torsadés .....	
<b>VI-4</b>	Eclairage public .....	
<b>VI-5</b>	Hypothèses de calcul .....	
<b>VI-6</b>	Calcul électrique .....	
<b>VI-7</b>	Réseau BT tendu ou posé sur façade .....	
<b>VII</b>	<b>RESEAU BT SOUTERRAIN</b> .....	
<b>VIII</b>	<b>CANALISATION ELECTRIQUE EN BATIMENTS</b> .....	
<b>IX</b>	<b>POSTES HTA/BT</b> .....	
<b>IX-1</b>	Préambule .....	
<b>IX-2</b>	Identification .....	

<b>IX-3</b>	Soins aux électrisés .....	
<b>IX-4</b>	Accès aux postes .....	
<b>IX-5</b>	Dispositions de manœuvres .....	
<b>IX-6</b>	Protection contre les contacts directs .....	
<b>IX-7</b>	Protection contre les surtensions .....	
<b>IX-8</b>	Protection contre les contacts indirects .....	
<b>IX-9</b>	Environnement spécial .....	
<b>IX-10</b>	Types de postes de transformation .....	
<b>X</b>	<b>BRANCHEMENT BT</b> .....	
<b>IX-1</b>	Identification .....	
<b>X-2</b>	Isolation des conducteurs .....	
<b>X-3</b>	Protection contre les contacts directs .....	
<b>X-4</b>	Surplomb des terrains ordinaires ou agricoles .....	
<b>X-5</b>	Surplomb des voies ouvertes à la circulation public .....	
<b>X-6</b>	Voisinage des bâtiments .....	
<b>XI</b>	<b>PRISES DE TERRES</b> .....	
<b>Partie 3</b>	<b>DISPOSITIONS ET DOCUMENTS DE REFERENCES</b> .....	
<b>I</b>	<b>DISPOSITIONS REGLEMENTAIRES</b> .....	
<b>I-1</b>	Arrêté Technique .....	
<b>I-2</b>	Normes .....	
<b>II</b>	<b>DISPOSITIONS INTERNES</b> .....	
<b>II-1</b>	Cahier des Prescriptions Communes et Techniques .....	
<b>II-2</b>	Spécifications Techniques de matériels .....	
<b>II-3</b>	Directives .....	
<b>II-4</b>	Guides Projeteur et Guide Contrôleur .....	
<b>II-5</b>	Autres Dispositions .....	
<b>Partie 4</b>	<b>MATERIELS</b> .....	
<b>I</b>	<b>CABLES NUS</b> .....	
<b>II</b>	<b>CABLES ISOLES</b> .....	
<b>III</b>	<b>SUPPORTS MT</b> .....	
<b>IV</b>	<b>SUPPORTS BT</b> .....	
<b>V</b>	<b>FONDATION</b> .....	
<b>VI</b>	<b>ISOLATEURS</b> .....	
<b>VII</b>	<b>ARMEMENT</b> .....	
<b>Partie 5</b>	<b>NOTIONS DE CALCUL MECANIQUE ET ELECTRIQUE</b> .....	

## INTRODUCTION GENERALE

Le réseau de distribution d'électricité est confronté à différentes contraintes qui peuvent affecter l'acheminement de l'électricité. Les incidents et pannes sur les lignes électriques, sur les postes HT-MT ou sur les postes MT-BT peuvent être provoqués par divers événements: Surcharges, Foudres, Claquage d'un équipement, orages violents, tempête, glissement de terrains ou essentiellement par les manœuvres et intervention des équipes d'exploitation. L'impact produit par ces pannes est une composante de pertes d'autant plus grande que le choix et le respect de la réglementation technique est non adéquat aux conditions et exigences en vigueur.

La prise en compte de l'environnement climatique, malgré le perfectionnement des études météorologiques et des statistiques, est toujours la préoccupation majeure des constructeurs de réseaux distribution. Par suite de nombreux usages actuels de l'électricité, souvent incompatibles avec les interruptions longues d'alimentation, les lignes doivent, en effet, assurer la desserte électrique dans les conditions météorologiques les plus sévères. Dans ce domaine, les directives de construction ont fait l'objet de nombreuses études et constituent un ensemble cohérent confirmé par le retour d'expérience : le maître d'œuvre, en choisissant le degré de sévérité des conditions climatique (zone de vent, surcharge de givre ...), définit en fait le dimensionnement le plus approprié de l'ouvrage et peut en justifier le coût.

Une autre préoccupation, plus récente, est la qualité de service, la réduction du nombre de défauts fugitifs est possible. On sait que ceux-ci engendrent des perturbations plus gênantes pour les utilisateurs industriels. Pour pallier à la grande partie de ces incidents, il y a lieu de dimensionner d'une part électriquement les matériels mis en œuvre dans la construction des lignes et d'autre part géométriquement pour la sécurité de ces réseaux et des personnes.

Nous allons dans le présent document embrasser l'ensemble des explications sur les règles des dimensionnements, sur les matériels mis en œuvre pour la construction des réseaux électriques et sur les conditions techniques arrêtés par le donneur d'ordre.

Figure 1 : Schéma grossière d'acheminement de la puissance électrique

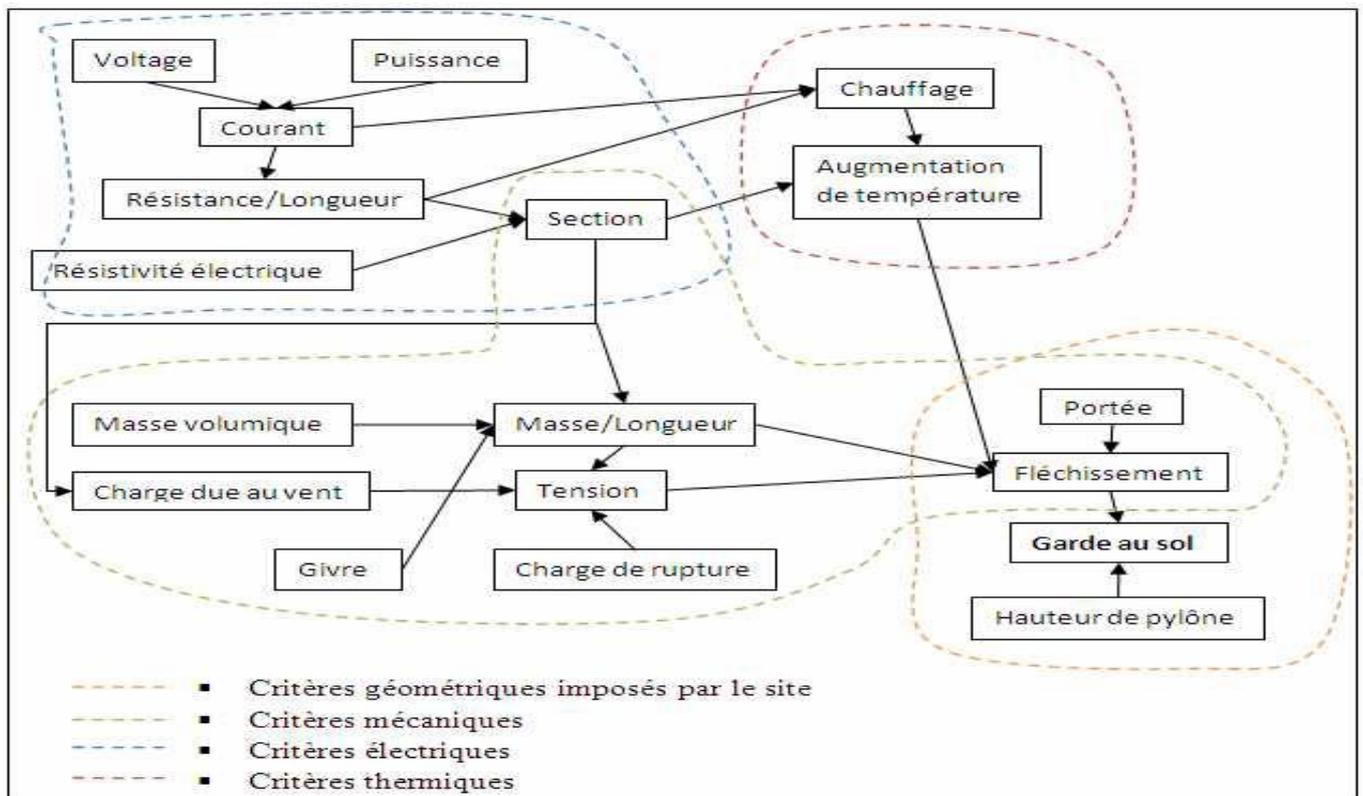
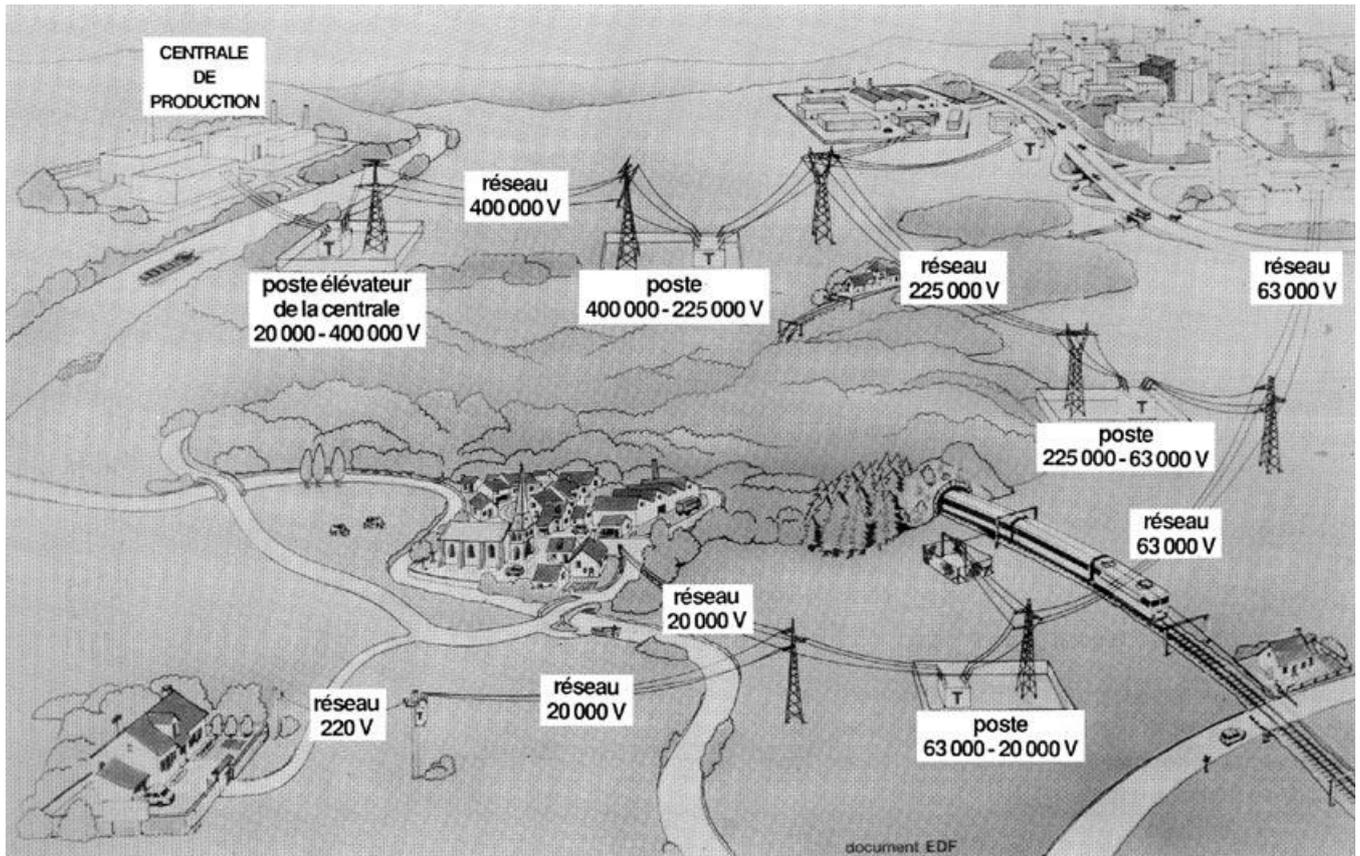


Figure 2 : Dimensionnement des lignes électrique aériennes

## Partie 0 : LE DISTRIBUTEUR

### 1- Sa raison d'être : fournir de l'électricité.

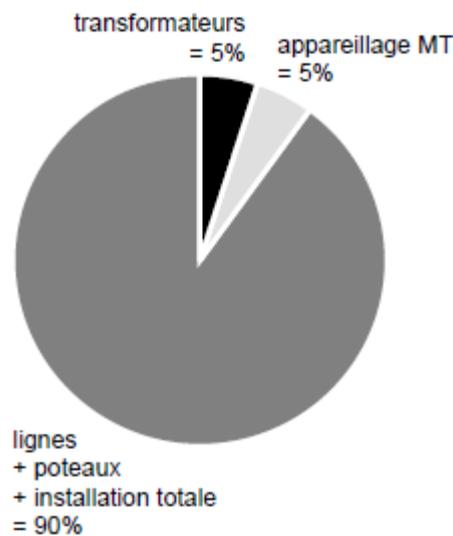
La raison d'être des distributeurs d'énergie électrique est de fournir de l'énergie électrique aux consommateurs en tenant compte de plusieurs objectifs tels que :

- La continuité et la qualité de service ;
- La sécurité des biens et des personnes ;
- La souplesse et le confort d'exploitation ;
- La compétitivité commerciale.

### 2- Le métier

Si la fourniture d'électricité est satisfaisante dans les pays industrialisés, le taux d'électrification demeure encore variable dans certains pays.

D'où des objectifs différents selon les niveaux d'électrification... Pour les pays non électrifiés à 100 %, l'objectif prioritaire reste l'amélioration de ce taux d'électrification. Pour cela, la majorité des investissements est consacrée à la construction de réseaux et d'ouvrages (production, transport et distribution)



Cependant les capacités de financement, quelques fois réduites, peuvent amener à des solutions axées sur la simplification de la structure des réseaux au détriment de la performance. De même, une disponibilité et une compétence du personnel quelques fois limitées peuvent conduire à une exploitation simplifiée.

### 3- Des situations variables dans les pays industrialisés :

Dans les pays électrifiés à 100 %, les utilisations de l'énergie électrique sont très dissemblables :

- Les consommations nationales d'énergie électrique sont très différenciées. Ces différences sont dues à la taille du pays, à sa croissance économique et au poids du secteur industriel ;
- Les consommations par habitant peuvent varier suivant la politique tarifaire des distributeurs, mais aussi aux conditions climatiques.

## 4- Son évolution : fournir une énergie de qualité

De plus en plus, le distributeur d'énergie est conduit à fournir un produit d'électricité de qualité. Pour cela il doit :

- Réduire les coupures d'alimentation en nombre et en durée vis-à-vis de ses abonnés ;
- En minimiser les conséquences ;
- Eviter les perturbations, telles que fluctuations de tension et de fréquence.

## 5- La nature du défaut dépend du type de réseau

Pour les abonnés, les conséquences de ces phénomènes dépendent avant tout de la nature du défaut, qui peut être :

- Selon sa durée, fugitif ou permanent;
- Selon la nature monophasé ou triphasé.

Un défaut fugitif se traduit souvent par une coupure brève de l'ordre de quelques 100 ms, essentiellement liée au temps de fonctionnement d'un réenclencheur.

Un défaut permanent implique une coupure longue de quelques minutes à quelques heures ; il nécessite une intervention humaine.

Les réseaux aériens naturellement beaucoup plus exposés que les réseaux souterrains nécessitent des solutions spécifiques aux problèmes rencontrés tels que :

- Branches d'arbre tombant sur une ligne aérienne ;
- Oiseaux se posant sur la ligne ou ses supports ;
- Défauts dus à la foudre, au vent, à la neige;
- Défauts dus aux actes de vandalisme ;

Par suite la nature des défauts est différente sur les réseaux aériens et souterrains :

- Sur les réseaux aériens, les défauts sont majoritairement fugitifs;
- Sur les réseaux souterrains, les défauts sont majoritairement permanents.

## 6- Un besoin d'informations

L'importance de la compréhension des incidents en réseau justifie de plus en plus un besoin d'informations que le Distributeurs satisfait par des études statistiques.

Ces travaux d'analyse ont pour but de :

- Classifier et codifier les incidents ;
- Déterminer leur origines et causes;
- Traiter statistiquement les fréquences d'occurrence ;
- Rechercher les corrélations ;
- Etudier comparativement la performance de différents topologies ;
- Analyser les résultats selon les matériels installés et les méthodes utilisées.

Ces statistiques sont un outil d'aide aux distributeurs pour la conception, l'exploitation et la maintenance des réseaux de distribution public.

De plus afin de pouvoir décider de meilleures solutions, la qualité de service doit pouvoir être quantifiée et mesurée, et non plus approchée de manière subjective. Pour cela de nouveaux outils (à base de modèles mathématiques) sont créés, avec en particulier la notion « d'énergie non distribuée ». L'ONEE-BE utilise notamment pour la mesure du coût de la non qualité en distribution par des formules tenant compte de paramètres suivants :

- Nombre de coupures permanentes par départ;
- Puissance moyenne par départ en KW (client coupés);
- Temps moyen d'interruption ;
- Coefficients de valorisation économique (prix du KW coupé).

Mais la mesure de la qualité de service peut de service peut nécessiter la prise en compte de paramètre plus nombreux. La complexité des formules de calcul et les simulations à effectuer, justifient alors le développement d'outils logiciels de plus en plus performants pour aider à la décision.

Pour la fiabilité de la fourniture d'énergie au client on préfère utiliser le critère de « degrés d'indisponibilité » : il s'agit du temps cumulé annuel durant lequel un client est privé d'électricité (DMS).

## 7- Les Réseaux, les Matériels et les Hommes évoluent:

Cependant il ne faut pas oublier que la performance d'un réseau dépend avant tout de sa topologie. Or les réseaux actuels résultent d'un empilement historique de structures au fur de la croissance des besoins. De plus un réseau vieillit et nécessite en permanence des efforts de maintenance comme de rénovation pour conserver ses performances et éviter des incidents sources « d'énergie non distribuée »

Bien entendu, tous ces développements nécessitent une rapide adaptation des personnels, a l'exemple du changement de travail actuel dans les centres de conduite :

- Il existe encore des centres de conduite dans lesquels :
  1. Les différents états de réseaux sont affichés par déplacement manuel de symboles sur des grands synoptiques
  2. Les instructions relatives aux manœuvres sont écrites sur des journaux;
- Dans les nouveaux centres tous ces travaux se font sur des consoles informatiques, avec :
  1. Toutes les informations disponibles en temps réel sur des écrans (schémas des réseaux, descriptif géographique;
  2. L'historique des évènements enregistré automatiquement (consignation des états).

## PARTIE 1 : LES TOPOLOGIES DES RESEAUX ELECTRIQUES

### I – DEFINITIONS ET TERMINOLOGIES:

Par topologie des réseaux électriques, il faut comprendre l'ensemble des principes (schémas, protection, mode d'exploitation) utilisés pour véhiculer l'énergie électrique en distribution public.

Dans la pratique, pour un distributeur, définir une topologie revient à fixer un certain nombre d'éléments physiques en tenant compte de critères liés à des objectifs visés et/ou à des contraintes techniques. Ces éléments physiques étant fortement corrélés entre eux, le choix d'une topologie est toujours le résultat de compromis technico-économiques.

## I-1- Les critères de choix d'une topologie :

Le choix d'une topologie répond à des objectifs :

- Assurer la sécurité des personnes et des biens ;
- Obtenir un niveau de qualité de service fixé ;
- Assurer le résultat économique souhaité.

Mais, il doit aussi se soumettre à des impératifs :

- Etre en adéquation avec la densité d'habitat et/ou de consommation, aussi appelé densité de charge qui joue un rôle de plus en plus prépondérant. Exprimé en MVA/Km<sup>2</sup> cette densité permet d'appréhender les différentes zones de concentration de charge. Une des segmentations utilisée par certains Distributeurs consiste à définir deux types de zones de consommation :
1. Zone à faible densité de charge : 1 MVA/Km<sup>2</sup> ;
  2. Zone à forte densité de charge : 5 MVA/Km<sup>2</sup>
- Tenir compte de l'étendue géographique, du relief et des difficultés de constructions ;
  - Satisfaire aux contraintes d'environnement, en particulier climatiques (températures maximale et minimale, fréquence d'orges, neige, etc.) et respect du milieu.

## I-2 Les éléments dépendant de la topologie choisie:

Le choix d'une topologie fixe les principaux éléments de conceptions d'une distribution, à savoir :

- Les puissances appelées et la valeur maximale du courant de défaut à la terre (300A en aérien et 1000 A en souterrain) ;
- La tension de service (au Japon 6.6 KV, en GB 11KV et 33 KV, au Maroc 22KV) ;
- La tenue aux surtensions et la coordination des isolements ainsi que la protection contre les surtensions atmosphériques ;
- Le schéma de liaison à la terre ainsi que le nombre de fils distribués ;
- La longueur maximale des départs ;
- Le type de distribution (aérien ou souterrain) ;
- Le type d'exploitation : manuel, automatique, télé conduite.

Il est important de remarquer que :

- Le choix du courant de court-circuit a des répercussions sur la tenue des matériels utilisés sur le réseau;
  - Le choix de la valeur de tension de service est toujours le résultat entre les coûts de réalisation et d'exploitation du réseau;
  - Le choix du niveau d'isolement des matériels obéit généralement à des normes internationales et/ou nationales ;
  - Le choix d'une distribution en aérien ou en souterrain influe beaucoup sur le coût d'installation et la qualité de service :
1. Milieu urbain à forte densité avec une distribution souterraine;
  2. Milieu suburbain à forte densité avec une distribution souterraine ou aéro-souterraine;
  3. Milieu rural à faible densité avec une distribution aérienne.

Cependant il est à noter qu'historiquement, pour des raisons de coût d'installation, de nombreux milieux urbains sont en distribution aérienne. C'est le cas du Japon et des États-Unis.

### I-3 Les différents schémas de réseaux MT:

Le choix des schémas est important pour une distribution : en particulier pour les réseaux MT car ils sont très longs. Ainsi l'ensemble de la structure MT au Maroc est d'environ 90 000 Km.

Plusieurs topologies existent :

- Topologie boucle fermée, de type maillé;
- Topologie boucle ouverte, de type maillé simplifié;
- Topologie boucle ouverte ;
- Topologie radiale.

Les Distributeurs généralement s'appuient deux topologies de base : Radiale et Boucle ouverte.

Chacune de ces deux topologies sera donc abordée plus en détail et définie par :

- Son principe de fonctionnement ;
- Son schéma unifilaire type;
- Son application type;
- Ses points forts et points faibles;

### I-4 Le Schéma Radial:

Ce schéma est aussi appelé en antenne. Son principe de fonctionnement est à une seule voie d'alimentation. Ceci signifie que tout point de consommation sur une telle structure ne peut être alimenté que par un seul chemin électrique. Il est de type arborescent (fig. 2)

Cette arborescence se découle à partir des points d'alimentation, qui sont constitués par les postes de distribution publique HT/MT ou MT/MT.

Ce schéma est particulièrement utilisé pour une distribution MT en milieu rural. En effet il permet facilement, et a un moindre coût, d'accéder à des points de consommation à faible densité de charge (10 KVA/Km<sup>2</sup>).

Très souvent un schéma radial est lié à une distribution de type aérien. Ses points forts et faibles sont résumés dans le tableau n°1.

### I-5 Le Schéma Boucle ouverte:

Il est aussi appelé coupure d'artère. Son principe de fonctionnement est à deux voies d'alimentation. Ceci signifie que tout point de consommation sur cette structure peut être alimenté par deux chemins électriques possibles, sachant qu'en permanence seul un des deux chemins est effectif, le secours étant réalisé par cette possibilité de bouclage. Dans un tel schéma, il y a toujours un point d'ouverture dans la boucle. Ce qui revient à un fonctionnement équivalent à deux antennes.

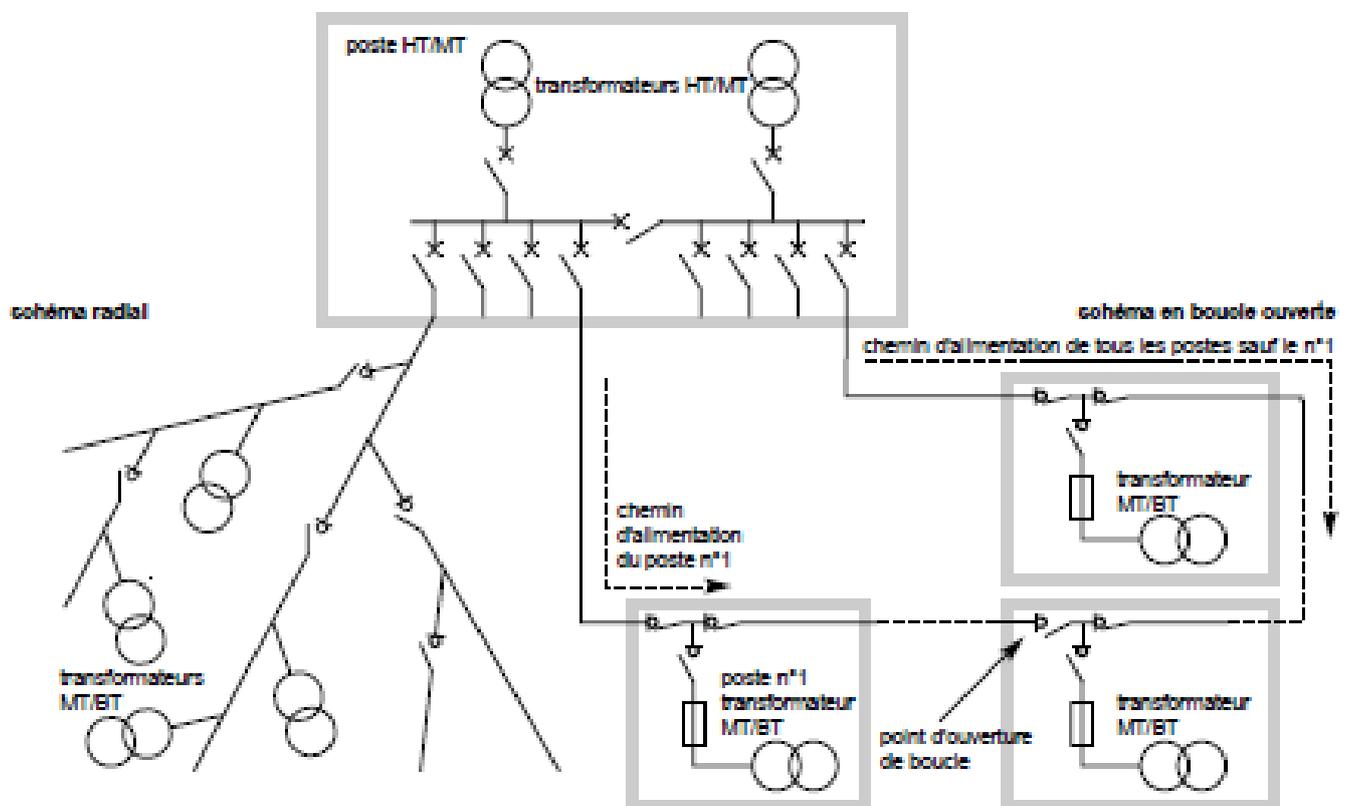
Le schéma équivalent-type est évidemment une boucle sur laquelle sont connectés les points de consommations (fig.2) qui peuvent être des postes de distribution publique et/ou des postes de livraison pour un abonné MT. Chaque point est raccordé sur la boucle par deux interrupteurs MT. Tous ces interrupteurs sont fermés excepté l'un d'eux qui constitue le point d'ouverture de la boucle et définit le chemin d'alimentation. Ce point d'ouverture peut être déplacé dans la boucle en particulier lors des manœuvres de reconfiguration de réseau faisant suite à un défaut.

Très souvent ce schéma est associé à une distribution de type souterraine.

technologie	points forts	points faibles
radiale	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ simplicité.</li> <li>■ exploitation.</li> <li>■ coûts d'installation.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ qualité de service.</li> </ul>
boucle ouverte	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ simplicité.</li> <li>■ qualité de service</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ exploitation avec les manœuvres plus nombreuses.</li> <li>■ coûts d'installation.</li> </ul>

**Tableau 1 : Points forts et points faibles des topologies radiale et boucle ouverte**

Il est typiquement utilisé en milieu urbain à forte densité, avec les points forts et faibles décrits dans le tableau 1.



**Schéma 3 : schémas de base d'un réseau distribution : radial et boucle ouverte**

### I-6 Le Schéma Double dérivation:

Ce schéma peu utilisé est essentiellement exploité dans des zones particulières et est représenté par la figure 3. Le principe mis en œuvre est le suivant :

- Le réseau MT est dédoublé. Il comporte deux circuit A et B normalement en permanence sous tension ;
- Tout poste MT/BT :
  1. Est raccordé sur les deux câbles MT, mais n'est effectivement connecté qu'à un seul câble;
  2. Est équipé d'un automate simple.

- En cas de défaut sur le câble « A » l'automatisme détecte l'absence de tension sur le câble « B » et donne alors des ordres de permutation automatique.

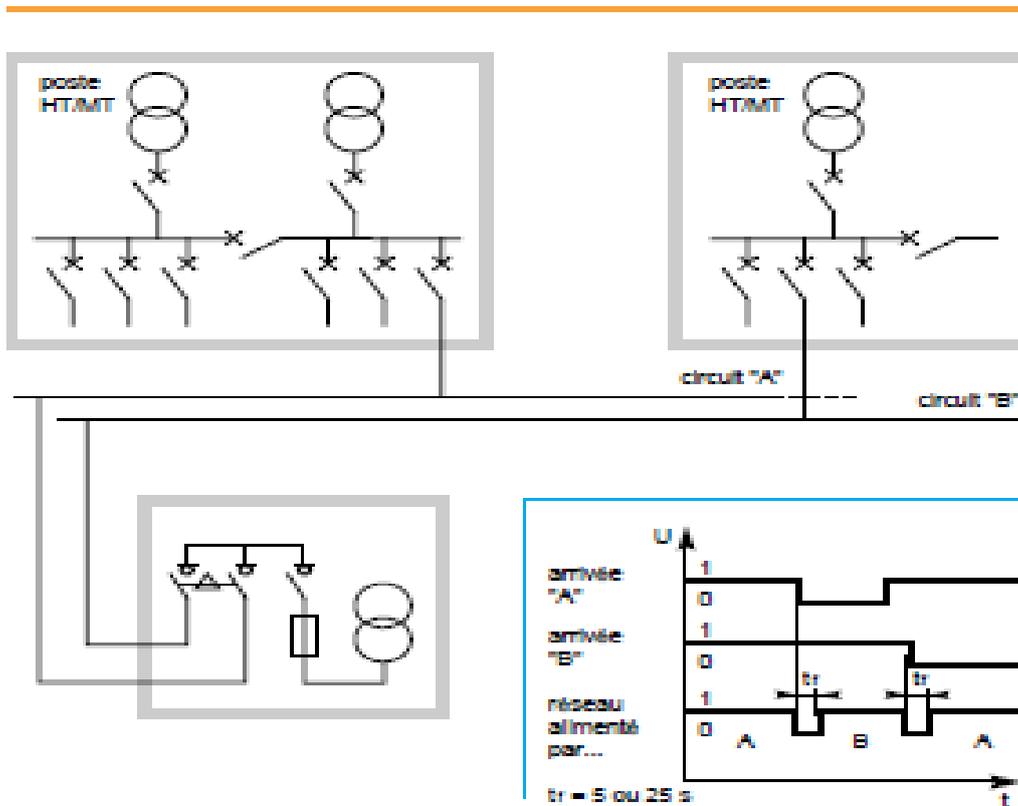


Schéma 4 : schéma d'une alimentation double dérivation

## II- LA DISTRIBUTION PUBLIC MT

Ce chapitre est un rappel des principaux postes installés sur les réseaux MT, et des principales technologies utilisées au niveau des matériels MT. Il se termine par deux schémas illustrant plus concrètement leurs applications.

### II -1 Les postes sur les réseaux MT:

Un poste ou ouvrage est une entité physique défini par sa localisation et ses fonctionnalités dans les réseaux électriques.

La vocation d'un poste est avant tout d'assurer la transition entre deux niveaux de tension et/ou d'alimenter l'utilisateur final.

### II – 2 Le poste HT/MT en distribution publique :

Cet ouvrage est présent dans toute structure électrique d'un pays : il est situé entre le réseau de répartition et le réseau de distribution MT.

Sa fonction est d'assurer le passage de la HT à la MT.

Son schéma type (fig.4) comporte deux arrivées HT, deux transformateurs HT/MT et un certain nombre de départs MT (selon le besoin).

Ces départs alimentent les lignes en aérien et/ou en souterrain.

## II – 3 Le poste MT/MT en distribution publique :

Cet ouvrage peut réaliser deux fonctions :

- Assurer la démultiplication des départs MT en aval des postes HT/MT (fig.3). Dans ce cas le poste ne comporte aucun transformateur. Il est constitué de deux arrivées MT et de plusieurs départs MT ;
- Assurer le passage entre deux niveaux MT. De tels postes MT-MT intègrent des transformateurs. Ils sont nécessaires dans certains pays qui utilisent deux niveaux successifs de tension sur leur réseaux MT, c'est le cas de la Grande Bretagne où le réseau MT est composé en deux niveaux 11 KV et 33 KV. Leur schéma type s'apparente à celui d'un poste HT/MT.

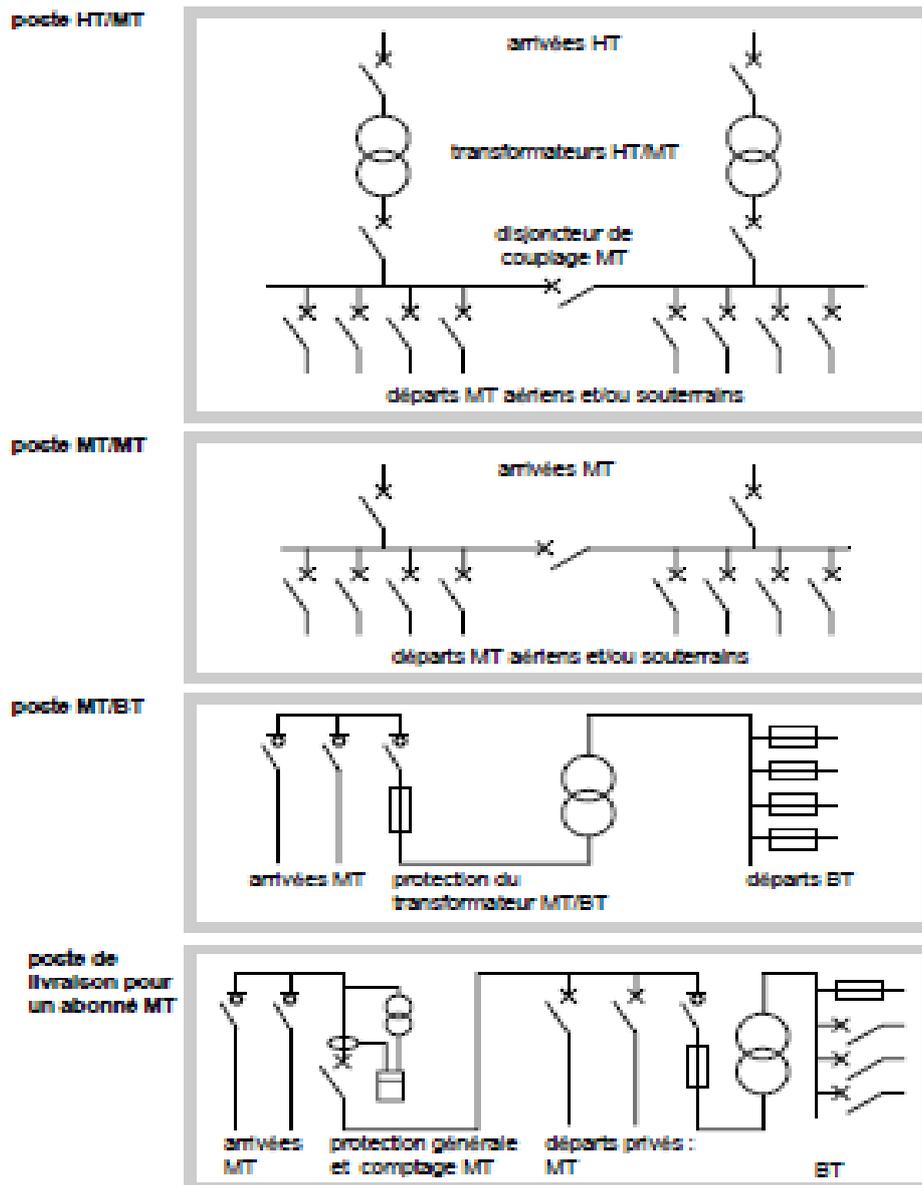


Schéma 5 : différents types de schémas de postes dans une distribution publique

## II – 4 Le poste MT/BT en distribution publique :

Localisé entre le réseau de distribution MT et le réseau de distribution BT, cet ouvrage assure le passage de la MT (22 KV au Maroc) à la BT (220/380 V). Le schéma type de ce poste est évidemment beaucoup plus simple que celui des ouvrages précédents. En particulier, l'appareil de base MT utilisé est l'interrupteur et non plus le disjoncteur.

Ces postes sont constitués de quatre parties :

- L'équipement MT pour le raccordement au réseau amont;
- Le transformateur de distribution MT/BT ;
- Le tableau des départs BT comme points de raccordement du réseau aval de distribution (BT) ;
- Le génie-civil (préfabriqué ou en béton pour la protection des équipements électrique.

## II – 5 Le poste de livraison à un abonné HT ou MT:

Ces ouvrages assurent le passage de la distribution public à la distribution privée. Ils permettent le raccordement:

- Le raccordement au réseau de répartition HT d'un abonné à grande consommation via un poste HT/MT;
- Le raccordement au réseau de distribution MT d'un abonné à moyenne consommation via un poste MT/BT;

## II – 6 Autres ouvrages MT:

En dehors des postes déjà cités, il existe d'autres ouvrages MT situés principalement sur les réseaux aériens souvent mono fonction, ils sont destinés :

- Soit à la protection, c'est le cas des fusibles;
- Soit à l'exploitation, c'est le cas des interrupteurs télécommandés. Cet équipement entre dans le cadre de la télé conduite des réseaux, il permet les opérations de reconfiguration rapides sans déplacement de l'exploitant.

## II- 7 L'appareillage MT:

L'appareillage MT permet de réaliser les trois fonctions de base suivantes :

- Le sectionnement qui consiste à isoler une partie d'un réseau pour y travailler en toute sécurité;
- La commande qui consiste à ouvrir ou fermer un circuit dans ses conditions normales d'exploitation ;
- La protection qui consiste à isoler une partie d'un réseau en situation anormale.

Il se présente essentiellement sous trois formes :

- Appareils en séparés (fixés directement sur un mur et protégés par une porte grillagée;
- Enveloppe métallique (ou cellule MT) contenant ces appareils ;
- Tableaux MT qui sont des associations de plusieurs cellules.

Parmi tous les appareils existants, deux sont plus particulièrement utilisés dans l'appareillage MT, il s'agit du disjoncteur et de l'interrupteur. Ils sont toujours complétés par d'autres appareils (unités de protection et contrôle-commande, capteurs de mesure, ...) qui composent leur équipement associé.

➡ Disjoncteur MT :

Cet appareil, dont la fonction principale est la protection, assure également la fonction commande, et suivant son type d'installation le sectionnement. Il est presque toujours installé dans une cellule MT.

➡ Interrupteur MT :

Cet appareil, dont la fonction principale est la commande, assure également la fonction sectionnement.

## **PARTIE 2 : STRUCTURE DES RESEAUX DISTRIBUTION**

### **I - RESEAUX MOYENNE TENSION (HTA):**

La finalité de ce réseau est d'acheminer l'électricité du réseau de répartition au point de moyenne consommation. Ces points de consommation sont : soit du domaine public, avec accès aux postes de distribution public MT/BT, soit du domaine privé, avec accès aux postes de livraison aux abonnés à moyenne consommation. Le nombre de ces abonnés (23 000 au Maroc) ne représente qu'un faible pourcentage du nombre total des consommateurs livrés directement en Basse Tension. Ils sont essentiellement du secteur tertiaire, tels les hôpitaux, les bâtiments administratifs, les petites industries ... etc.

La structure de ce type de réseau est en aérien ou en souterrain. Les tensions sur ces réseaux sont comprises entre 1KV et 50 KV.

En ce qui concerne l'exploitation de ces réseaux, elle peut être assurée manuellement ou de plus en plus, par télécommande à partir de centres de conduite fixes (DRD). Mais pour tenir compte des besoins spécifiques à la conduite des réseaux de distribution MT, ces centres de conduite sont différents de ceux utilisés sur les réseaux de transport et de répartition. La multiplicité et la dispersion géographique des points de télé conduite, la gestion de plusieurs centres de conduite simultanés, le nombre et la qualification des exploitants, nécessitent des solutions adaptées : ergonomie et convivialité des postes de travail, outils d'aide à la conduite, et gestion de plusieurs supports de transmission utilisés.

#### **I-1 RESEAUX MOYENNE TENSION AERIEN:**

L'arrêté technique prescrit pour ce type de ligne de nombreuses règles d'établissement.

Ces règles précisent notamment :

- Les mesures d'éloignement des conducteurs pour assurer la protection contre les contacts directs, en fixant les distances à respecter :
  - Par rapport aux sols, aux bâtiments, aux arbres et aux obstacles divers ;
  - Par rapport aux lignes de télécommunication et aux autres lignes électriques aériennes ;
  - Par rapport aux lignes de communication, cours d'eau, chemin de fer, téléphériques, etc.
- Les mesures à adopter pour prévenir et maîtriser les surtensions.
- Les valeurs minimales de résistance mécanique permettant aux ouvrages de faire face aux principales contraintes climatiques : vent, température, givre et neige.

Les mesures à prendre pour assurer la protection contre les contacts indirects sont regroupées dans la partie « prises de terre ».

#### **I – 1 – 1 IDENTIFICATION :**

Tous les supports doivent être numérotés.

Chaque support doit porter l'indication « défense absolue de toucher aux fils même tombés à terre. Danger de mort »

Il convient également d'éviter d'utiliser des poteaux en béton ayant des alvéoles à moins de 2.5 mètres du sol.

## I – 1 – 2 BALISAGE :

Dans les zones de fortes activités économiques les lignes aériennes doivent être balisées. Aussi dans les proximités des aéroports et des traversées des fleuves navigables.

## I – 1 – 3 PROTECTION CONTRE LES CONTACTS DIRECTS : GENERALITES:

La protection contre les contacts directs pour les lignes HTA est assurée par éloignement.

Sont pris en compte pour la définition des mesures d'éloignement :

- L'activité des personnes susceptibles de se trouver à proximité ;
- Les objets qu'elles manipulent ou transportent habituellement ;
- L'affectation des sols (terres agricoles, forêts, route, autoroute, etc.) ;
- La nature des installations au sol (bâtiments, dépôt d'hydrocarbures, etc.) ;
- Les installations aériennes voisines (lignes basse tension, autres lignes etc.)

## I – 1 – 4 DISTANCE D'ÉLOIGNEMENT:

Une ligne aérienne est caractérisée par sa **tension entre phases**. Cette tension définit l'isolement de la ligne qui obtenu en maintenant, en toutes circonstances, entre les conducteurs et les objets au potentiel de la terre et entre les conducteurs eux- mêmes des **intervalles d'air** de longueur suffisante.

Ces intervalles sont soumis en permanence à la tension de la ligne, mais ils subissent également des contraintes exceptionnelles, les plus gênantes étant les surtensions provoquées par la foudre. Ils peuvent de surcroît, varier en fonction des conditions climatiques (température ambiante, vitesse de vent, surcharge de givre ou de neige ou sous l'effet d'efforts électrodynamiques provoqués par un défaut.

La détermination de l'isolement d'une ligne est donc complexe : cela explique les divergences qui peuvent exister entre les réglementations ou directives utilisées dans les différents pays.

Au Maroc, l'Arrêté Technique précise les distances minimales à respecter pour assurer la sécurité des personnes au regard du risque électrique :

- **Distance verticales au-dessus du sol, des constructions et des voies de circulation ;**
- **Distances aux obstacles latéraux ;**
- **Distances aux autres lignes aériennes.**

Le maître d'œuvre (ONEE-BE) doit choisir d'autres distances intervenant dans le fonctionnement de la ligne ou dans sa qualité de service : par exemple les distances entre phases ou entre conducteurs et masse des supports. Certaines distances minimales sont, de surcroît, imposées par les travaux d'entretien.

Les distances minimales  $D$ , définies par l'arrêté technique pour les surplombs et les voisinages sont la somme d'une **distance de base  $b$**  et une **distance de tension  $t$** .  **$D = b + t$**

- **La distance de base  $b$**  est déterminée par des considérations d'encombrement à partir de l'affectation du sol et de la nature des installations qu'il comporte;
- **La distance de tension  $t$**  est fonction de la tension entre phases  $U$  de la ligne et de la probabilité qu'une personne ou un objet soit situé à la distance de base  $b$  du sol ou de l'installation considérée. Trois cas de probabilité sont prévus :

- 1- Probabilité de voisinage faible ..... $t_1 = 0.0025*U$
- 2- Probabilité de voisinage moyenne ..... $t_2 = 0.0050*U$
- 3- Probabilité de voisinage forte ..... $t_3 = 0.0075*U$

Avec U exprimée en kilovolts, D, b et t en mètres

Les valeurs usuelles des t1, t2 et t3 en fonction de U sont données comme suit :

Tableau 2 : distance de tension t1, t2 et t3 en mètres valeurs usuelles					
U	BT	20 kV	60 kV	225 kV	400 kV
t1	0	0	0.2	0.6	1
t2	0	0	0.3	1.1	2
t3	0	0.2	0.5	1.7	3

### I – 1- 4 -1 Distances minimales aux sols:

Les distances indiquées, comme dit dans l'introduction, sont celles utilisées au Maroc ; elles sont toujours égales ou supérieures à celles prescrites par l'arrêté technique en vigueur. La flèche f, lorsqu'elle intervient dans les distances, est la flèche médiane exprimée en mètre.

Pour ne pas alourdir le texte, toutes les distances prescrites par la réglementation en vigueur, qui évolue d'ailleurs avec les besoins, ne sont pas reprises dans ce paragraphe. On se borne à indiquer les distances usuelles et à démontrer leur cohérence.

Les distances minimales à respecter sont données dans les **tableaux 5 et 6** et doivent être vérifiés pour la température de répartition sans vent.

- Sont considérer comme **terrains ordinaires** les sols non susceptibles d'être cultivés, sur lesquels la présence des personnes est exceptionnelle, comme les zones montagneuses.
- Un champ non cultivé situé dans une zone de culture, doit être considéré comme un **terrain agricole**

Dans les terrains présentant des pentes importantes, la distance au sol doit être vérifiée sous balancement des conducteurs à **+ 25 °C** et sous le **vent réduit** de **260 Pa** dans le **cas normale** et **480 Pa** dans les zones à **vent fort**.

Tableau 3: Distances minimales (en mètres) aux sols						
Nature de surplomb	Arrêté technique	Portées Usuelles				Grande portée
		22 kV	60 kV	225 KV	400 kV	
Terrains ordinaires	b+t1 avec b = 6	6.00	6.00	7.00	7.50	3+0.6√f +t1
Terrains Agricoles	b+t2 avec b = 6	6.00	7.00	7.50	8.50	3+0.6√f +t2
Terrains Agricoles avec engins de hauteur h	h + 1 + t2	h + 1	h + 2	h + 2.5	h + 3.5	h -2 +0.6√f +t2

**Tableau 4: Distances minimales (en mètres) aux sols enneigés et remontées mécaniques**

Nature de surplomb	Arrêté technique	Portées Usuelles				Grande portée
		22 kV	60 kV	225 KV	400 kV	
Sol enneigé (+3m) (hauteur au-dessus de la neige)	b+t1 avec b = 3	3.50	3.50	4.00	4.50	$0.6\sqrt{f} + t1$
Sol enneigé (piste de ski) (hauteur au-dessus de la neige)	b+t3 avec b = 4.5	5.00	6.00	7.00	8.00	$1.5 + 0.6\sqrt{f} + t3$

#### I – 1- 4 -2 Distances minimales aux voies de circulation:

Les distances minimales à respecter pour les voies de circulation et pour les chemins de fer sont données dans le **tableau 7** et doivent être vérifiés pour la température de répartition sans vent.

Les traversées des chemins de fer et autres voies pour véhicules guidés équipés de lignes de contact sont également considérées comme des traversées des lignes aériennes et les distances ne doivent pas être inférieures à celles prescrites pour ce type de traversée

**Tableau 5: Distances minimales (en mètres) aux voies de circulation**

Nature de surplomb	Arrêté technique	Portées Usuelles				Grande portée
		22 kV	60 kV	225 KV	400 kV	
<b>VOIES DE CIRCULATION</b>						
Voies normales	b+t3 > 8 avec b = 6	8.00	8.50	8.50	9.50	$3+0.6\sqrt{f} + t3$
Itinéraire pour Véhicule de grande hauteur h	h + 1 + t2	h + 1.2	h + 2.00	h + 2.50	h + 3.50	$h - 2 + 0.6\sqrt{f} + t2$
<b>CHEMINS DE FER</b>						
Support des fils de contact aériens et des caténaires	b + t2 avec b = 3	3.00	4.00	4.50	5.50	
Gabarit cinématique du matériel	b + t2 avec b = 2.7	2.70	3.50	4.50	5.00	

#### I – 1 -4 -3 Distances minimales au-dessus des cours d'eau:

Les distances minimales, données dans le **tableau 8**, doivent être respectées, pour les températures de répartition, en l'absence de givre et de vent. Les hauteurs à respecter au-dessus des cours d'eau sont fonction du tirant d'air autorisé des bateaux de plaisance.

Les lignes électriques ne doivent pas être implantées dans les zones spécialement aménagées pour la mise à l'eau des voiliers. S'il n'est pas possible d'éviter le surplomb de ces zones, la hauteur minimale au-dessus du sol, dans ce cas, devra être égale à celle prévue au-dessus du plan d'eau, majorée de 1 m.

**Tableau 6: Distances minimales (en mètres) aux cours d'eau et au plans d'eau**

Nature de surplomb	Arrêté technique	Portées Usuelles				Grande portée
		22 kV	60 kV	225 KV	400 kV	
<b>COURS D'EAU NON NAVIGABLES</b>						
Hauteur au-dessus des plus hautes EAUX	b+t1 avec b = 3	3.00	3.50	4.00	4.50	$0.6\sqrt{f} + t1$
hauteur sur le niveau d'Etirage	b+t1 avec b = 6	6.00	6.50	7.00	7.50	$3 + 0.6\sqrt{f} + t1$
<b>COURS D'EAU NAVIGABLES AVEC NAVIGATION DE PLAISANCE</b>						
Hauteur au-dessus des plus hautes EAUX (h' hauteur des tirants d'air)	$h' + 1 + t2 > b + t2$ avec b = 9	$h' + 1 > 9.00$	$h' + 2 > 10.00$	$h' + 2.5 > 10.50$	$h' + 3.5 > 11.50$	$h' - 2 + 0.6\sqrt{f} + t2 > 6 + 0.6\sqrt{f} + t2$

#### I – 1 - 4 -4 Distances minimales aux constructions:

La vérification doit être faite dans les conditions suivantes :

- Température de répartition, en l'absence du vent et de givre ;
- Température de +25 °C et sous le vent réduit exerçant sur la surface diamétrale des câbles une pression de 260 Pa dans le cas normal et de 480 Pa dans les zones à vent fort.

Il y a lieu de noter que les valeurs de pression du vent sont différentes pour les zones urbanisées et les zones non urbanisées, car la vitesse du vent, au niveau du sol, est notablement diminuée par la densité des constructions. La vérification doit être faite dans les conditions suivantes :

Les distances minimales à respecter sont données dans le **tableau 9** :

**Tableau 7: Distances minimales (en mètres) aux maisons et immeubles**

Conditions de vérification	Arrêté technique	Portées Usuelles				Grande portée
		22 kV	60 kV	225 KV	400 kV	
<b>CAS GENERAL</b>						
Température de répartition	b+t3 avec b = 2	2.50	3.00	5.50	6.50	$1 + \frac{2x}{P} (0.6\sqrt{f}-1) + t3$
+ 25 °C et vent réduit	b+t2 avec b = 2	2.00	3.00	4.50	5.50	
<b>VERIFICATION COMPLEMENTAIRE PORTEE &gt; 400 m</b>						
+ 25 °C et vent extrême	b+t1 avec b = 1	1.00	1.20	1.60	2.00	
<b>P = longueur de la portée (m)</b>		<b>f = flèche (m)</b>		<b>x = distance du support le plus proche</b>		

#### I – 1 – 4 - 5 Distances minimales au-dessus des traversées des lignes aériennes:

Les lignes aériennes comprennent les lignes d'énergie électrique, les lignes de télécommunication et les caténaies. Les distances minimales doivent être respectées en l'absence du givre:

- Pour les températures que peuvent prendre simultanément les deux lignes, température comprise entre la température de répartition et la température la plus basse de la région;
- En tenant compte si nécessaire du balancement des câbles sous le vent réduit.

Les distances minimales D des conducteurs, par rapport aux éléments des lignes aériennes de toute nature établies sur supports, sont égales à :

$$D = b + t_3 \quad \text{avec la distance } b \text{ selon l'arrêté technique : } b = 1 + \frac{2x}{P} 0.5\sqrt{f} - 1$$

#### I – 1 – 4 - 6 Distances entre câbles:

La vérification de la distance entre phases doit être faite pour les conducteurs d'un même circuit ou pour deux conducteurs de deux circuits voisins portés par un même support.

Sous l'effet du vent, les câbles s'inclinent et oscillent autour d'une position moyenne d'équilibre. Ces oscillations ne sont pas complètement synchrones, du fait des irrégularités de la vitesse du vent. Il en résulte des **fluctuations de la distance** entre câbles, d'autant plus importantes que la flèche du conducteur et la longueur de la chaîne sont plus grandes. On admet cette fluctuation à :

$$\sqrt{f + l} \quad \text{Avec } f \text{ (m) flèche médiane de la portée à la température d'été}$$

$$l \text{ (m) longueur de la chaîne d'isolateurs}$$

#### I – 1 – 4 - 7 Distances aux Obstacles:

La distance h à l'obstacle doit être vérifiée à l'aide de la formule suivante avec un minimum égal à la distance indiqué dans le tableau ci-dessous :

$$h = 1 + \frac{2x}{a} 0.6(\sqrt{f} - 1) + t_3 \quad \text{avec}$$

**a** : longueur de la portée en mètre ;  
**f** : flèche de la portée en mètre ;  
**x** : distance au support le plus proche en mètre

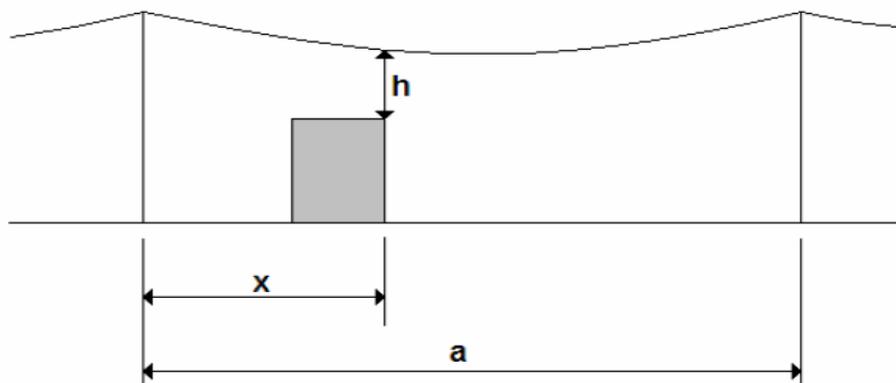


Figure 2 : distances aux obstacles

#### I – 1 – 4 - 8 Distances de travail:

Plusieurs possibilités peuvent être utilisées pour effectuer des **travaux d'entretien** sur les lignes aériennes.

- **Travail** sur ligne **hors tension**, après consignation.
- Sur les lignes à deux ternes : **travail sur une terna hors tension**, consigné, l'autre étant sous tension ;
- Travail sous tension : méthode à distance avec des outils isolants ou méthode au potentiel.

La possibilité d'intervenir sur un ouvrage totalement ou partiellement sous tension, introduit des conditions géométriques supplémentaires, qui peuvent se traduire par un accroissement des distances à la masse ou entre conducteurs.

Ces distances minimales de travail, qui sont, des distances de sécurité pour les monteurs sont imposées, pour les différents modes opératoires, par les réglementations en vigueur et doivent être indiquées par l'exploitant.

## **II- RESEAUX MOYENNE TENSION SOUTERRAIN:**

L'arrêté technique fixe peu de règles pour les réseaux souterrains comparativement aux réseaux aériens.

Notamment, les profondeurs de tranchée, les matériaux d'apport, les conditions de remblaiement et les revêtements de sol ne sont pas traités.

Les règles dans ces domaines sont généralement édictées par les gestionnaires des voiries concernées (collectivités locales, Directions de l'équipement, etc.).

En revanche, l'arrêté technique fixe un certain nombre de règles concernant :

- L'identification et le repérage des câbles sur plans ;
- La protection et la signalisation des câbles ;
- Le voisinage des canalisations électriques avec les autres canalisations, notamment celles de Maroc Telecom ;

La norme NF C11-201 donne aussi des prescriptions dans ce domaine.

Les mesures à prendre pour assurer la protection contre les contacts indirects sont regroupées dans la partie « Prises de terre ».

### **II – 1 IDENTIFICATION DES RESEAUX SOUTERRAINS :**

Le tracé des canalisations électriques souterraines doit être relevé sur un plan tenu à jour au fur et à mesure des opérations de pose.

### **II - PROTECTION**

Les canalisations électriques enterrées doivent être protégées contre les avaries que pourraient occasionner le tassement des terres, les contacts des corps durs, une protection mécanique complémentaire contre le choc des outils n'est requise que s'ils ne comportent pas une gaine ou un écran métallique mis à la terre.

Des câbles peuvent être immergés dans des marais, s'ils ne risquent pas d'être endommagés mécaniquement (cf. NFC 11-201).

### **II – 3 DISPOSITIF AVERTISSEUR :**

Tout câble ou ensemble de câbles enterré doit être signalé par un dispositif avertisseur conforme aux normes et placé, autant que possible, au moins à 0.20 mètre au-dessus de lui.

Lorsqu'il existe des câbles ou ensembles de câbles appartenant à des domaines de tension différents, un dispositif avertisseur doit être placé au-dessus de chacun d'eux.

### **II- 4 POSE DE CANALISATION ELECTRIQUES SANS TRANCHEE:**

Le dispositif avertisseur n'est pas exigé si le câble est placé dans un fourreau posé en sous œuvre. L'utilisation d'un fourreau est donc indispensable pour la pose de câbles lors de travaux sans tranchées. Ce fourreau peut être en matière plastique.

## II – 5 CROISEMENT DES CANALISATIONS ENTERREES:

Pour éviter d'endommager les câbles ou canalisations voisins lors d'interventions, une distance minimale de 0.2 mètre doit être respectée au croisement de deux canalisations électriques enterrées et au croisement de d'une canalisation électrique et d'un câble de télécommunication.

## II – 6 CANALISATIONS ENTERREES PARALLELES:

Au voisinage, sans croisement, d'une canalisation électrique enterrée doit être respectée une distance de :

- 0.5 mètre par rapport à un câble de télécommunications enterré directement dans le sol ;
- 0.2 mètre par rapport à un câble de télécommunications sous fourreau.

Ces distances peuvent être réduites à condition que les installations soient séparées par un dispositif donnant une protection suffisante contre le choc des outils métalliques à main.

## II – 7 VOISINAGE DES CANALISATIONS ENTERREE:

Au voisinage, avec ou sans croisement, d'une canalisation enterrée et d'une conduite d'eau, d'hydrocarbure, de gaz, d'air comprimé ou de vapeur, une distance minimale de 0.2 mètre doit être respectée.

## CANALISATIONS ELECTRIQUES PLACEES DANS UN OUVRAGE:

Les canalisations électriques souterraines ne peuvent être placées dans des surfaces que si elles sont du domaine BT.

Les canalisations électriques souterraines placées dans des caniveaux ou conduites non visitables doivent être protégées par des ouvrages contre les avaries que pourraient leur occasionner le tassement des terres, le contact des corps durs et le choc des outils métalliques à main.

## III - DIMENSIONNEMENT ELECTRIQUE DES LIGNES

### III – 1. Intensité maximale admissible en régime permanent

Une ligne aérienne est construite pour transporter une puissance électrique et est dimensionnée en fonction des intensités de courant admissibles dans ses conducteurs. Ces conducteurs s'échauffent principalement par effet joule et se refroidissent par convection. L'ensoleillement provoque également une élévation de la température des conducteurs, compensée, en partie, par une émission de rayonnement dans l'infrarouge. La **température** atteinte par les câbles, du fait de ces phénomènes, doit rester en toutes circonstances inférieures à des **valeurs limites** au-delà desquelles :

- La pérennité de l'ouvrage sera compromise par un vieillissement trop rapide des matériaux constituant les câbles et les manchons;
- La sécurité de fonctionnement serait insuffisante par suite de l'accroissement des flèches et de la probabilité importante d'amorçage. La température de répartition ne doit, en aucun cas, être dépassée.

Ces risques impliquent que, en dehors de toute considération économique ou de sécurité d'alimentation de la clientèle, l'intensité du courant transitant dans les conducteurs reste impérativement inférieur à des valeurs maximales, fonction des caractéristiques de la ligne et des conditions climatiques ;

Les règles d'exploitation conduisent à définir **deux valeurs du courant** :

- **Pour toutes les lignes** l'Intensité Maximale Admissible en Régime Permanent (**IMAP**) ; dans ce fonctionnement l'équilibre thermique est atteint, la température et l'intensité étant supposées constantes (figure 1) ;
- **Pour les lignes principales** l'Intensité maximale admissible pendant une surcharge temporaire (**IS**) ; celle-ci peut se produire alors que la ligne est déjà chargée à son maximum ; le régime de surcharge temporaire, limité à une courte durée (de l'ordre de 20 à 30 mn), permet au service conduite régional, en cas d'incident sur le réseau, d'obtenir la réduction de l'intensité du courant dans les ouvrages surchargés par des manœuvres appropriées (figure 2).

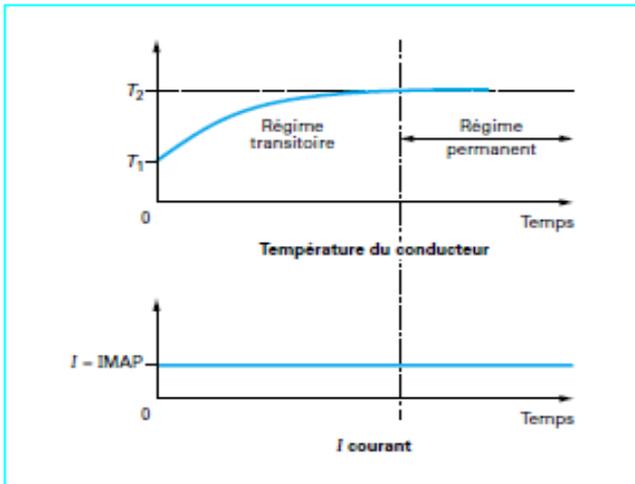


Figure 3 : Régime d'équilibre thermique d'un conducteur

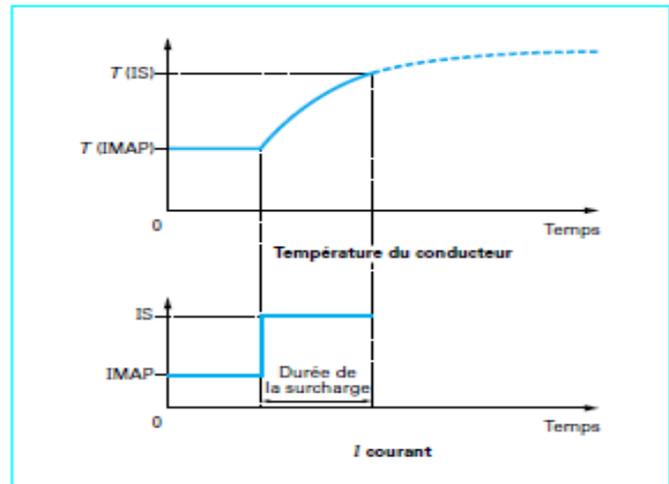


Figure 4 : Echauffement d'un conducteur en surcharge temporaire

### III – 2. Détermination de la température d'un conducteur, en régime permanent :

Le vent n'est jamais nul et influe, même à faible vitesse, sur le refroidissement du câble. On écrit que la puissance apportée par **effet joule (P1)** et Par **rayonnement solaire (P2) est égale** à la puissance dissipée par la convection forcée **provoquée par le vent (P3)** et le rayonnement du câble dans l'infrarouge (P4).

La formule déduite par expérience et vérifiée par plusieurs mesures, s'écrit :

$$I^2 \cdot R_{20} [1 + k(T_2 - 293)] + \alpha \cdot W_s \cdot \Phi = 8.55 \cdot (T_2 - T_1) \cdot (V * \Phi)^{0.448} + \sigma \cdot \epsilon \cdot \Phi \cdot (T_2^4 - T_1^4)$$



$T_2$ en °C :	Température du conducteur
$I$ en A :	Intensité du courant dans le conducteur
$R_{20}$ ( $\Omega/m$ ) :	Résistance linéique du conducteur à 20 °C
$k$ ( $K^{-1}$ ) :	Coefficient de température de la résistance par type conducteur (Almécic : $k = 0.0036$ )
$\Phi$ (m) :	Diamètre du conducteur
$W_s$ ( $W/m^2$ ) :	Energie de rayonnement solaire
$\alpha$ :	Coefficient d'absorption solaire
$V$ (m/s) :	Vitesse du vent transversal
$\epsilon$ :	Pouvoir émissif par rapport au corps noir $\sigma$
$\sigma$ :	Constante de Stefan = $5,7 \cdot (10)^{-8} W/(M^2 \cdot K^4)$

- Parmi les paramètres et les coefficients intervenant dans la formule, il n'y a que la **température ambiante** qui se mesure aisément et qui peut, éventuellement, être choisie en fonction de la saison et de la situation géographique;
- Les **autres paramètres** ou coefficients doivent être fixés à l'avance par des statistiques météorologiques. Cependant, il ne faut pas choisir systématiquement pour chaque paramètre la valeur la plus défavorable, car, en pratique, la probabilité pour que les valeurs extrêmes se produisent au même temps est très faible.

- La **vitesse du vent** est le paramètre le plus difficile à choisir, le vent influe beaucoup sur le résultat de calcul. Il paraît raisonnable de supposer que le vent le plus faible a une vitesse :

$$V = 1 \text{ m/s}$$

- L'énergie maximale retenue pour le **rayonnement solaire** correspond à une valeur moyenne, au Maroc de :

$$W_s = 1100 \text{ W/m}^2$$

- $\alpha$ , le **coefficient d'absorption solaire** étant pris égale à 0,5 ;
- Le **pouvoir émissif** par rapport au corps noir est compris entre la valeur de 0.3 correspondant aux câbles neufs et 1 correspondant au corps noir ; on choisit :

$$\varepsilon = 0.6$$

### III – 3. Température Maximale Admissible en Régime Permanent:

- Le choix de la température maximale est guidé par diverses considérations :
  - La tenue des conducteurs soumis à des températures élevées et des échauffements répétés ; pour l'Almélec, la diminution des propriétés mécaniques apparaît au voisinage de 120 °C ;
  - Les dispositions constructives à mettre en œuvre pour respecter les distances réglementaires au-dessus du sol et des constructions notamment les hauteurs des supports ;
  - La tenue des manchons de jonctions et d'ancrage et des pièces de raccordement ; cette condition est certainement la plus contraignante.
- Compte tenu des conditions précédentes, les températures maximales de fonctionnement sont, au Maroc, les suivantes :

**HTA (22 kV): 55 °C;**

**HTA (60 kV): 70 °C**

### III – 4. Choix de la température ambiante:

En règle générale, il n'est pas réaliste de déduire l'intensité de courant admissible en prenant en compte, pour chaque ouvrage du réseau la valeur exacte de la température ambiante, d'autant plus que la vitesse du vent qui intervient beaucoup dans la détermination de cette intensité est fixée forfaitairement.

L'exploitant du réseau doit, par ailleurs, connaître à l'avance les intensités admissibles du courant. Une température ambiante conventionnelle est donc fixée en fonction des saisons. Les règles actuelles retiennent les valeurs du **tableau 10** pour le calcul des intensités du courant.

<b>Tableau 8 : Valeurs de la température ambiante retenues pour le calcul des intensités de courant</b>	
Périodes saisonnières	Température ambiante maximale (°C)
Eté	30
Intersaison	20
Hivers 1	15
Hivers 2 (courtes périodes d'hiver déterminées en fonction des prévisions météorologiques)	5

Le **tableau 9** indique les intensités admissibles en 22 kV, dans quelques câbles usuels :

Almélec 34.4 mm <sup>2</sup>	145 A
Almélec 75.5 mm <sup>2</sup>	240 A
Almélec 148 mm <sup>2</sup>	365 A
Alu-acier 59.7 mm <sup>2</sup>	162 A
Alu acier 147 mm <sup>2</sup>	308 A

### III – 5. Qualité de service. Défaits affectant les lignes aériennes:

Parmi les défauts fugitifs produisant des coupures brèves et des creux de tension dans les réseaux, ceux provoqués par la foudre et la pollution sont directement liés au dimensionnement électrique des lignes.

#### III – 5 - 1. Défaits provoqués par la foudre:

Les défauts provoqués par la foudre sont de deux types :

- Les **coups directs**, frappant les conducteurs en raison d'un défaut d'écran des câbles de garde ; ce type d'amorçage est généralement **monophasé** ;
- Les **amorçages en retour**, pouvant se produire lorsque la foudre frappe les pylônes ou un câble ; dans ce cas, le potentiel du pylône d'élève d'une façon importante et peut dépasser la tenue à la foudre des chaînes d'isolateurs ; les amorçages en retour peuvent être **polyphasés**.

#### III – 5 - 2. Pollution des isolateurs:

Par suite de la pollution de l'air, les isolateurs peuvent se recouvrir :

- De poussière ou de pollens dans les zones rurales ;
- De dépôt salé en bordure de mer ;
- De dépôts minéraux ou chimiques dans les zones fortement urbanisées ou les zones industrielles

Les **poussières** et les **pollens** sont entraînés par la pluie et ne produisent généralement aucun gêne (sauf au terme d'une période très sèche).

Les **dépôts salins** et les **dépôts polluant**, par contre, adhèrent aux isolants et constituent une croûte plus ou moins dure. Ils sont le plus souvent une résistivité élevée, mais permettent cependant l'écoulement d'un courant très faible dit « **courant de fuite** » entre les pièces sous tension et la terre.

Le maître d'œuvre devra tenir compte de la pollution des zones traversées pour dimensionner les chaînes d'isolateurs. Les isolateurs sont caractérisés par leur ligne de fuite : longueur minimale des contours des parties extérieures isolantes.

La longueur minimale de la ligne de fuite à retenir pour une chaîne d'isolateurs ou une colonne isolante est le produit de la ligne de fuite spécifique par la tension du matériel exprimée entre phases.

Classe de pollution	Zones concernées	Ligne de fuite spécifique minimale entre phase (mm/KV)
Classe 1	Zones rurales ou faiblement urbanisées éloignées de la mer	16
Classe 2	Zones industrielles ou fortement urbanisées Zones situées à proximité de la mer	20
Classe 3	Présence simultanée de pollution marine et industrielle Zones en bordures de mer soumises directement à l'embrun salin	25
Classe 4	Pylônes implantés sous la fumée d'usines polluantes (Cimenterie, usines chimiques)	31

### III – 6. Tenue des lignes aux courants de court-circuit:

Les courants de court-circuit sont importants dans les réseaux et interviennent dans le dimensionnement des lignes. Les éléments suivants subissent des contraintes :

- Les chaînes d'isolateurs et les pièces d'équipement encas de contournement sont soumis à l'effet de l'arc électrique, d'autant plus destructeur que l'intensité du courant de court-circuit est plus élevé;
- Les conducteurs, les mises à la terre et tous les matériels de connexion sont parcourus, en cas de défaut, par les courants de court-circuit et subissent des échauffements ;
- Enfin, les conducteurs sont soumis à des efforts électrodynamiques.

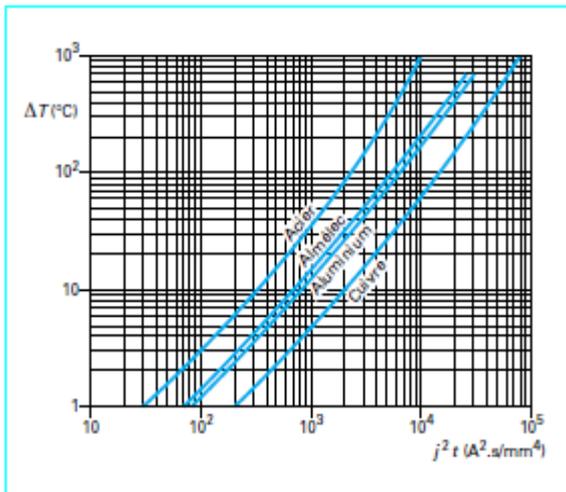


Figure 6 : Echauffement d'un fil métallique soumis pendant un temps  $t$  à un courant de densité  $J$

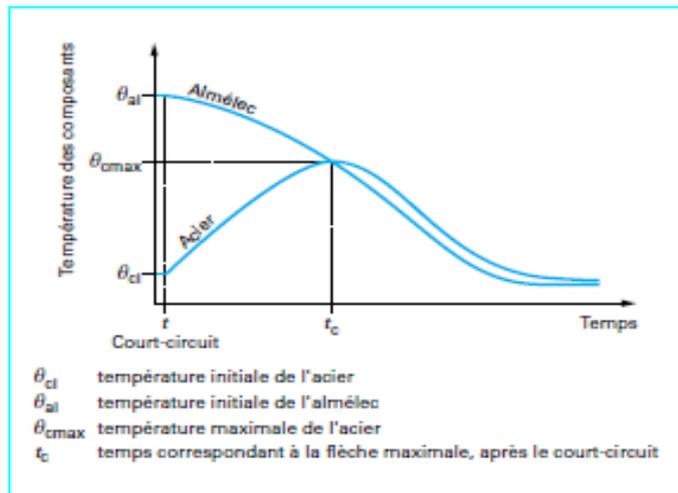


Figure 7 : Echauffement d'un conducteur en surcharge temporaire

### III – 7. Mise à la terre des supports:

#### III – 7 - 1. Réalisation des prises de terre:

Les pylônes métalliques des lignes sont obligatoirement mis à la terre. Cette disposition est réglementaire et figure dans l'arrêté technique.

Les prises de terre sont réalisées par des cadres ou des fils métalliques, placés au fond des fouilles et autour des cheminées des massifs, ou encore par des piquets métalliques enfoncés dans le sol. La section minimale de ces fils est de l'ordre de **50 mm<sup>2</sup> en acier doux ou cuivre**. Les valeurs des résistances de ces terres est de **7 à 10 Ω**.

#### III – 7 - 2. Protection des personnes:

Lors de l'écoulement d'un courant de défaut à la terre, des différences de potentiel apparaissent :

- Entre le pylône équipé de sa prise de terre et le sol environnant : **tension de toucher** ;
- Entre deux points du sol : **tension de pas**.
- Les pylônes métalliques des lignes sont obligatoirement mis à la terre. Cette disposition est réglementaire et figure dans l'arrêté technique.

Ces différences de potentiel, fonction du courant de défaut et de la résistance de la prise de terre, ne doivent pas conduire à des accidents de personnes.

### III – 8. Parallélisme avec les lignes de télécommunication:

#### III – 8 - 1. Perturbation engendrée par les lignes électriques:

Une ligne électrique en cas de parallélisme, peut entraîner des perturbations dans les lignes de télécommunication ou de transmission de signaux. Celles-ci sont le plus souvent des troubles d'exploitation ou de dégradation de matériels ; cependant, des tensions dangereuses pour les personnes peuvent apparaître dans les installations si les phénomènes électriques, de plusieurs types, liés à la proximité des ouvrages ne sont pas correctement évalués et maintenus dans des limites acceptables.

##### ■ Cas de défaut sur la ligne électrique :

- Des tensions longitudinales provoquées par l'induction électromagnétique apparaissent dans les circuits de télécommunication. Ce sont les **phénomènes de l'induction** ;
- L'écoulement du courant de défaut dans le sol par la prise de terre du support entraîne une élévation de potentiel du sol à proximité des équipements de télécommunication (câbles enterrés ou prise de terre des installations). Ce sont les **phénomènes de conduction**.

##### ■ Service Normal (Influence électrique) :

- La symétrie imparfaite des conducteurs de la ligne électrique provoquent une tension induite, assez faible, dans la ligne de télécommunication ;
- Un fort taux de courant harmoniques, de fréquences audibles, dans la ligne électrique peut également perturber la transmission.

Les méthodes de **calcul** et les **conditions à respecter** sont indiquées dans :

- Le CCITT : Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique ;
- Les recommandations de la CEI (Commission Electrotechnique Internationale).

Les valeurs maximales admises sur les lignes de télécommunication sont données dans le **tableau 13**

Tableau 11 : Valeurs maximales de tension admises sur les lignes de télécommunication		
Phénomène	Induction ou influence électrique (V)	Conduction (V)
Défaut sur la ligne électrique	Ligne à Grande sécurité : 650 Cas normal : 430	Cas général : 1500
Fonctionnement normal	60	

### III – 9. Canalisation de transport de fluide (hydrocarbures, gaz combustibles):

Comme pour les lignes de télécommunication, lorsqu'une ligne aérienne est parallèle sur une grande longueur à une canalisation de transport de fluide, des tensions peuvent être induites dans ces canalisations. En cas de défaut à la terre, l'arrêté technique impose que ces tensions ne doivent pas dépasser les tensions maximales de tenue des joints isolants assurant l'isolement électrique des canalisations à l'entrée des installations présentant des risques particuliers d'incendie ou d'explosion. Lorsque la canalisation passe à proximité d'un support, il est nécessaire de vérifier également que les tensions locales du sol, en cas d'écoulement d'un courant de défaut par le pied de ce support, reste inférieur aux tensions de claquage de revêtement protecteur de la canalisation, afin d'éviter la formation d'un arc risquant de percer la conduite. En pratique la tension maximale à laquelle peut être soumis le revêtement est d'environ 5000 V.

Les tensions longitudinales induites le long de la canalisation sont calculées en tenant compte :

- Du courant de défaut;
- la longueur du parallélisme et de la distance latérale entre la ligne électrique et la conduite ;
- des caractéristiques de la conduite (résistance linéique, revêtement isolant, influence des joints isolants).

## IX - DIMENSIONNEMENT MECANIQUE DES LIGNES AERIENNES

### IV – 1. Efforts Occasionnels et Hypothèses Climatiques:

Le dimensionnement mécanique des lignes aériennes consiste principalement à déterminer, en fonction de l'environnement climatique, **les efforts appliqués** aux différents éléments de l'ouvrage (câbles, supports, matériels d'armement, massif de fondation). Ceux-ci sont ensuite calculés avec les méthodes d'essais pour connaître leur résistance mécanique.

Les efforts sont de deux types :

- Les efforts appliqués en **permanence**, en l'absence de conditions météorologiques défavorables ; ils proviennent du **poids propre** des éléments de l'ouvrage et de la **tension mécanique des câbles** ;
- Les efforts « **occasionnels** » engendrés par un **vent violent**, par une **température très basse** tendant les câbles conducteurs ou par des **dépôts de givre** ou de neige sur les câbles et les pylônes.

Ces efforts occasionnels peuvent être très grands dans des situations extrêmes (tempête, chute de neige collante, grands froids) ; ils sont souvent prépondérants dans le dimensionnement mécanique des lignes ; ils conditionnent de façon importante le coût.

Le maître d'œuvre, avant d'établir un ouvrage, doit donc se renseigner sur les conditions climatiques des régions traversées. En ce qui concerne les formations de givre ou les précipitations de neiges, les seuls renseignements dans le passé s'appuyaient sur le comportement des lignes existantes. Actuellement, les études physiques réalisées sur le **givrage des conducteurs** et les études **météorologiques et statistiques** ont permis d'établir des **cartes de risques**, qui ne peuvent cependant prendre en compte les phénomènes locaux.

Les hypothèses climatiques les plus importantes sont fixées, tant au Maroc que dans les pays étrangers, par des règlements administratifs ou des normes et le maître d'œuvre intervient en choisissant des degrés de sévérité.

Les charges définies en grandeur et direction pour chaque hypothèse climatique sollicitent inégalement les différents éléments de la ligne (câbles, supports, fondation ...). De surcroît, la contrainte maximale dans un élément déterminé est provoquée par les charges d'une hypothèse, alors que se sont souvent celles d'une autre hypothèse qui provoquent la contrainte maximale dans un autre élément.

On doit donc veiller à ce que les hypothèses recouvrent bien toutes les situations climatiques pouvant affecter la région. Il est possible, évidemment d'introduire un **coefficient de sécurité supérieur à 1** pour les situations climatiques qui ont une probabilité d'apparition importante.

## IV – 2. VENT

### IV – 2 – 1 Efforts occasionné par le vent:

Le **VENT** exerce sur les obstacles une poussée proportionnelle à la surface apparente de l'obstacle (projection sur un plan perpendiculaire à la direction du vent), qui peut se calculer, **en newton**, par la relation :

$$F = C_x \cdot \rho_a \cdot s \cdot V^2 / 2 \quad \text{où}$$

**S** (m<sup>2</sup>) surface apparente de l'obstacle  
**V** (m/s) vitesse du vent  
**ρ<sub>a</sub>** (kg/m<sup>3</sup>) masse volumique de l'air  
**C<sub>x</sub>** coefficient de trainée

Le coefficient de trainée C<sub>x</sub> dépend de l'obstacle et varie avec la vitesse du vent. Les essais, qui ont été réalisés avec des conducteurs câblés, montrent que l'on peut retenir : **C<sub>x</sub> = 1.0** pour **V > 25 m/s** (90km/h)

### IV – 2 – 2 Hypothèses climatiques concernant le vent :

#### ■ Hypothèse de tempête (hypothèse A):

La température moyenne de la région est prise conventionnellement égale à 25°C. On distingue trois niveaux de sévérité :

- La zone à **vent normal** (ZVN) qui correspond à la plus grande partie du territoire du Royaume;
- La zone à **vent fort** (ZVF) correspond à la côte atlantique et dans certaines régions montagneuses particulièrement ventées;
- La zone à **haute pression du vent** (ZHV) utilisée : pour les portées de grandes hauteurs, notamment les traversées ; pour les ouvrages implantés sur certains sites très exposés, tel que les arêtes séparant deux vallées.

Tableau 12 : pression sur les câbles hypothèse A selon l'arrêté technique		
	ZONE 1	ZONE 2
État 0	État 1	État 2
T <sub>0</sub> = P.W	T <sub>1</sub> = f(a)	T <sub>2</sub> = f(a)
Θ <sub>0</sub> = 55° C	Θ <sub>1</sub> = +25 °C	Θ <sub>2</sub> = 20 °C
V <sub>0</sub> = 0 Pa	V <sub>1</sub> = 260 Pa	V <sub>2</sub> = 480 Pa

#### ■ Hypothèse de Vent faible associé à une température basse (hypothèse B):

La température minimale des conducteurs est prise conventionnellement égale à 5°C. Cette température est associée à un vent faible (tableau 15).

L'action d'une température basse est contraignante pour les portées courtes, alors que celle d'un grand vent est contraignante pour les portées longues.

Tableau 15 : pression sur les câbles hypothèse B selon l'arrêté technique		
	ZONE 1	ZONE 2
État 0	État 1	État 2
T <sub>0</sub> = P.W	T <sub>1</sub> = f(a)	T <sub>2</sub> = f(a)
Θ <sub>0</sub> = 55° C	Θ <sub>1</sub> = +5 °C	Θ <sub>2</sub> = - 5 °C
V <sub>0</sub> = 0 Pa	V <sub>1</sub> = 120 Pa	V <sub>2</sub> = 180 Pa

### IV – 2 - 3 Hypothèses climatiques concernant le GIVRE :

Le tableau 16 indique les surcharges correspondant aux différents degrés de sévérité et les surcharges minimales imposées par l'arrêté technique.

Tableau 16 : pression sur les câbles hypothèse de givre selon l'arrêté technique	
État 0	État 1
$T_0 = P.W$	$T_1 = f(a)$
$\Theta_0 = 55^\circ \text{ C}$	$\Theta_1 = +5^\circ \text{ C}$
$V_0 = 0 \text{ Pa}$	$V_1 = 120 \text{ Pa}$
$E_0 = 0$	$E_1 = 2 - 4 - 6 - 8 - 10 \text{ cm}$

#### Hypothèse de givre uniforme :

Tous les conducteurs sont entourés d'un manchon uniforme de givre caractérisé :

- La charge **linéaire**;
- La température de **-5 °C**;
- La pression du vent 180 Pa pour les manchons et 480 pour les câbles nus.

Ces pressions sont produites approximativement par un vent de 65 km/h (vent de l'hypothèse B).

### IV –2 - 4 Hypothèses de RUPTURE:

Elle est représentative de la rupture d'un câble. Dans le cas d'un faisceau, en envisage la rupture que d'un seul câble. Elle est représentative, également, de l'effort de torsion pouvant solliciter les supports, lorsque les charges de givre sont inégales sur les différents conducteurs.

### IV – 2 - 5 Hypothèses COMPLEMENTAIRES (pour le montage et l'entretien):

Ces hypothèses de calcul prennent en compte les surcharges pouvant s'appliquer aux ouvrages pendant leur construction et leur entretien. Au cours des travaux, les pylônes doivent supporter des efforts exceptionnels, variables suivant les modes opératoires utilisés. Il est nécessaire de définir, par des hypothèses appropriées, les efforts qui doivent être pris en compte au moment de l'étude d'un nouveau type de support.

### IV – 3 Vérification Mécanique:

#### IV – 3 – 1 Coefficient de sécurité :

L'effort dans chaque élément, pour la situation climatique considérée, ne doit pas dépasser l'effort « **ULTIME** » entraînant soit des déformations permanentes, soit la ruine de l'ouvrage. Par exemple :

- ➡ La tension des câbles ne doit pas dépasser la tension maximale admissible égale sensiblement à 2/3 de la charge de rupture ; au-delà, se produit un allongement inélastique ;
- ➡ L'effort dans les barres d'un pylône en treillis ne doit pas dépasser la limite élastique du métal ; tenant compte du phénomène de flambement ; le flambement d'une barre entraîne, en effet, rapidement la ruine de tout ou partie du support ;
- ➡ L'effort appliqué à un poteau bétonne doit pas dépasser l'effort entraînant des fissurations permanentes ; cet effort, prévu par les normes, est contrôlé au cours des essais de qualification ;
- ➡ Pour les massifs de fondation, les efforts d'arrachement, de renversement ou de compression ne doivent pas dépasser les efforts limites liés à la nature des terrains.

Le **coefficient de sécurité**, pour une hypothèse climatique, est le rapport entre cet effort ultime et l'effort conventionnellement exercé. Son principal rôle est de tenir compte des incertitudes de calcul, des dispersion dans les caractéristiques mécaniques des matériaux utilisés, des tolérances de fabrication et de la dispersion des valeurs des charges appliquées.

Ce coefficient est également influencé par les incertitudes des efforts conventionnels :

- Pour les hypothèses de givre, l'effort exercé dans chaque élément de l'ouvrage doit être au plus égal à l'effort ultime : **le coefficient de sécurité est = 1** ;
- Pour les hypothèses de vent et de température : l'arrêté technique impose un **coefficient de sécurité voisin de 2** par rapport à la ruine de l'ouvrage.

Les conditions de calcul et le coefficient de sécurité sont donnés dans le **tableau 17**

Tableau 15 : Conditions de calcul à respecter				
Cas de vérification		Conditions à respecter		
Nature des surcharges	Hypothèses climatiques	Câbles	Pylônes métalliques	Supports en béton
		Effort maximal	Contrainte Max	Contrainte Max
Vent	Hypothèse A	CRN / 3	$\sigma_{0min} / 1.8$	$\sigma / 2.1$
	Hypothèse B	CRN / 3	$\sigma_{0min} / 1.8$	$\sigma / 2.1$
Givre	Givre Uniforme	CMA	$\sigma_0$	$\sigma / 1.27$

$\sigma$ : effort de rupture,  $\sigma_0$ : effort limite élastique,  $\sigma_{0min}$ : effort min garanti  
 CRN: Charge de rupture minimale, CMA: Charge maximale admissible.

#### IV – 3 – 2 Calcule mécanique des câbles est supports:

- Le taux de travail maximal des câbles est obtenu le plus souvent, dans l'hypothèse de vent ou dans l'hypothèse de givre uniforme. Cependant, pour les portées courtes entre ancrages, il peut être obtenu par l'hypothèse de température basse (hypothèse B);
- Pour les supports :
  - Les efforts transversaux proviennent de la pression du vent et, éventuellement, des angles de tracé ; ils sont maximaux dans l'hypothèse de givre uniforme ;
  - Les efforts verticaux proviennent du poids propre des conducteurs et de la surcharge de givre ; ils sont maximaux dans l'hypothèse de givre uniforme ;
  - Les efforts longitudinaux proviennent de l'hypothèse de givre dissymétrique ; ceux-ci s'accroissent très rapidement avec la longueur de portées adjacentes ;
  - Les efforts de torsion sont fixés forfaitairement : ils représentent approximativement la rupture d'un câble.

Figure 7 : différentes configurations de contraintes d'efforts

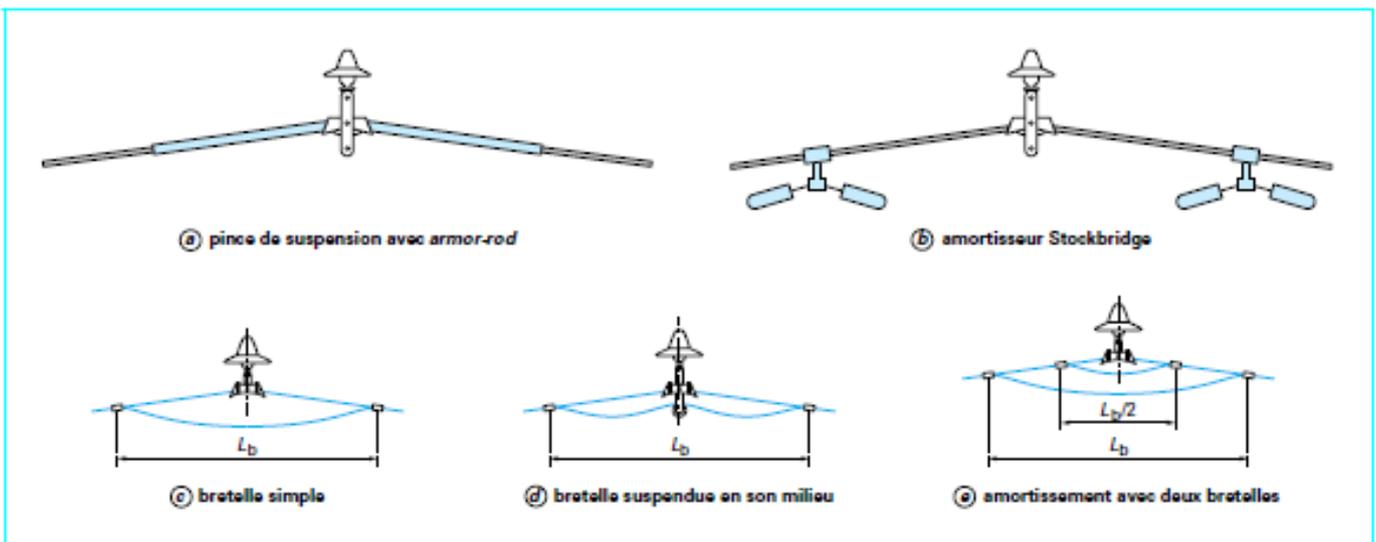
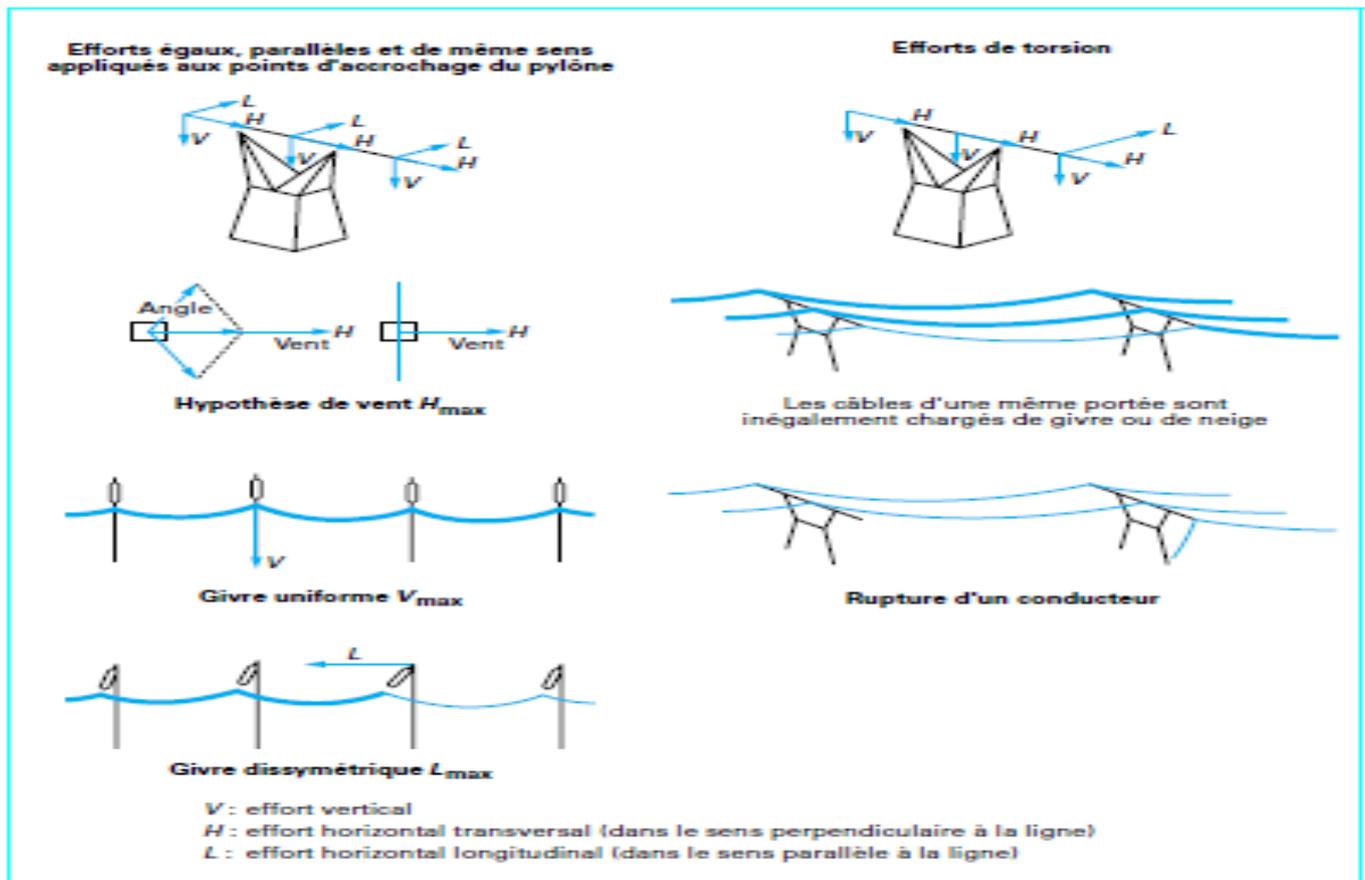


Figure 8 : Les techniques détaillées dans la figure ci-dessous permettent de combattre les vibrations

## V – LIGNES AERIENNES BASSE TENSION:

Les lignes aériennes BT font aussi l'objet de nombreuses règles de l'arrêté technique.

Ces règles précisent notamment :

- Les mesures d'éloignement des conducteurs pour assurer la protection contre les contacts directs, en fixant les distances à respecter :

1. Par rapport au sol, aux bâtiments, aux arbres et obstacles divers ;
2. Par rapport aux voies de communication, cours d'eau, chemins de fer, etc. ;
3. Au voisinage des lignes de télécommunication et autres lignes électrique.

- Les mesures à adopter pour prévenir et maîtriser les surtensions ;
- Les valeurs minimales de résistance mécanique permettant aux ouvrages de faire face aux principales contraintes climatiques : vent et température.

**NB : Les lignes aériennes BT sont établies en conducteurs isolés. Le cas des conducteurs nus n'est donc pas abordé, à une exception près, dans ce cours.**

#### **V- 1 IDENTIFICATION :**

Tous les supports sont numérotés

#### **V- 2 PROTECTION CONTRE LES CONTACTS DIRECTS:**

La protection contre les contacts directs pour les lignes aériennes BT en conducteurs isolés, est assurée par cette isolation et par éloignement.

Sont pris en compte pour la définition des mesures d'éloignement :

- L'activité des personnes susceptibles de se trouver à proximité ;
- Les objets qu'elles manipulent ou transportent habituellement ;
- L'affectation des sols (bâtiments, dépôts d'hydrocarbures, etc.) ;
- Les installations aériennes voisines (lignes HTA, Lignes télécommunication, etc.).

#### **V – 3 DISTANCE D'ÉLOIGNEMENT:**

La Distance d'éloignement D s'écrit :

$$D = b \text{ où } b \text{ est la distance de base (en mètre)}$$

Dans la suite de ce chapitre, on donnera toutes les distances minimales à respecter en prenant en compte les conditions de température et de vent les plus défavorables.

- Pour le surplomb ou le croisement supérieur, en prenant en compte une température des conducteurs de **50 °C** et un **vent nul** ;
- Pour les croisements inférieur, en prenant en compte une température des conducteur de **-5°C** et un **vent nul** ;
- Pour le voisinage latéral, en prenant en compte une température des conducteurs de **20 °C** une pression de vent fixé à 180 Pa en zone de vent normale et 480 Pa en zone de vent Fort.

Dans tous les cas, l'élément par rapport auquel doit être respectée la distance minimale est considéré à 20 °C sans vent.

#### **V – 4 SURPLOMB DES TERRAINS ORDINAIRES OU AGRICOL:**

La distance minimale à respecter au-dessus du sol est : **D = 5 mètres**

Lorsqu'un terrain agricole comporte des points de passage fréquenté par du matériel de grande hauteur (h en mètres), la distance minimale au-dessus du sol à respecter en ces points est : **D = h + 1 mètres**

La présence de ligne aérienne n'empêche pas l'arrosage des cultures à l'aide de jets canons.

#### V – 5 SURPLOMB DES VOIES OUVERTES A LA CIRCULATION PUBLIQUE:

La distance minimale à respecter au-dessus d'une voie ouverte à la circulation public est: **D = 6 mètres**

Sauf dans le cas d'autoroute où cette distance est portée à: **D = 8 mètres**

A La traversée ou au surplomb des itinéraires routiers désignés pour être adapter au transport de grande hauteur, la distance minimale à respecter est : **D = h + 1 mètre** où h est la hauteur maximale du chargement (en mètres) admise pour l'itinéraire.

#### V – 6 SURPLOMB DES PISTES SKIABLES:

Dans les zones où la couche de neige atteint habituellement des hauteurs supérieures à 03 mètre sans, pour autant rendre impossible la circulation des personnes et notamment des skieurs, La distance minimale à respecter est: **D = 3 mètres** comptée au-dessus de la couche de neige que l'on trouve dans les conditions climatiques habituelles de la zone considérée.

Sauf dans le cas d'autoroute où cette distance est portée à: **D = 8 mètres**

#### V – 7 DISTANCES AUX ARBRES ET OBSTACLES DIVERS. VOISINAGE DES BATIMENTS:

La distance minimale à respecter par rapport aux arbres, obstacles divers ou bâtiments est: **D = 0 mètres**

Se prémunir néanmoins contre les problèmes de détérioration mécanique de l'isolant par le respect d'une distance appropriée.

#### V – 8 CAS PARTICULIER DES CONDUCTEURS NUS:

La distance minimale des conducteurs nus par rapport aux bâtiments est: **D = 3 mètres**

La distance prise à l'horizontale des parois de bâtiments est: **D = 1 mètres**

NB : Le cas des réseaux sur façades sera traité dans le chapitre « Branchements »

#### V – 9 VOISINAGE ET TRAVERSEE DES VOIES DE COMMUNICATION ROUTIERES :

L'expression « voies de communication routières » englobe :

- Les autoroutes ;
- Les routes Nationales ;
- Les routes Régionales ;
- Les voies Provinciales de 06 m de largeur.

Sont exclues les voies déclassées.

La traversée des voies de communication routière doit se faire en respectant un angle minimal de **7°** par rapport à l'axe de la voie.

Le franchissement doit toujours se faire sur une seule portée.

Il y a un surplomb longitudinale d'une voie de communication routière lorsque l'un au moins des conducteurs passe au-dessus de la bande de circulation. Le surplomb longitudinal n'est normalement autorisé qu'à l'intérieur des agglomérations ou dans la section où le tracé en plan présente des rayons de moins de **100 mètres** ou en cas de force majeur rendant difficile les implantations des supports.

#### V – 10 VOISINAGE ET TRAVERSEE DES VOIES FERREES:

La traversée des voies ferrées doit se faire en respectant un angle minimum de **7°** par rapport à l'axe de la voie.

En cas de traversée ou de voisinage latéral de voie ferrée non électrifiée, la distance minimale à respecter par rapport au gabarit cinématique est : **D = 2.70 mètres**.

NB : En général pour les chemins de fer à voies normales le plan horizontal limitant le gabarit cinématique se trouve à **4.31 mètres** au-dessus du plan de roulement.

En cas de traversée ou de voisinage latéral de voie ferrée électrifiée, la distance minimale à respecter par rapport au gabarit cinématique est : **D = 3 mètres**.

#### V – 11 VOISINAGE DES LIGNES DE TELECOMMUNICATION:

En cas de croisement d'une ligne aérienne BT et d'une ligne de télécommunication, la ligne électrique doit être placée au-dessus de la ligne de télécommunication

La distance minimale à respecter est : **D = 1 mètres**.

Lorsque la ligne aérienne BT et la ligne de télécommunication sont établies sur les mêmes supports, la ligne électrique doit être placée au-dessus de la ligne de télécommunication

Au niveau des portées, la distance minimale à respecter est : **D = 0.25 mètres**.

Au niveau des supports, la distance minimale à respecter est : **D = 0.5 mètres**.

#### V – 12 VOISINAGE ENTRE LIGNES ELECTRIQUES AERIENNES PLACEES SUR SUPPORTS INDEPENDANTS:

En cas de croisement ou de voisinage latéral entre une nouvelle ligne BT en conducteurs isolés et une ligne existante isolée ou nue, les distances minimales à respecter sont nulles : **D = 0 mètres**.

Se prémunir néanmoins contre les problèmes de détérioration mécanique de l'isolant par le respect d'une distance appropriée.

En cas de croisement ou de voisinage latéral entre une nouvelle ligne BT en conducteurs isolés et une ligne existante HTA **en conducteurs nus**, les distances minimales à respecter sont nulles : **D = 2 mètres**.

#### V – 13 VOISINAGE ENTRE LIGNES ELECTRIQUES AERIENNES PLACEES SUR LES MEMES SUPPORTS:

Lorsque la ligne aérienne BT et la ligne aérienne HTA sont établies sur les mêmes supports, les distances minimales à respecter est : **D = 1 mètres**.

Par ailleurs les deux conditions suivantes doivent être remplies :

- Présence sur le support d'un dispositif avertisseur signalant la tension HTA ;
- Isolement des conducteur BT par rapport au support d'au moins 6000 V.

#### V – 14 PROTECTION CONTRE LES SURTENSIONS :

Le conducteur neutre doit être mis à la terre en plus d'un point dès que la longueur des lignes dépasse 100 mètres. Le nombre moyen des mises à la terre ne doit pas descendre de 1 par 200 mètres de longueur de ligne

#### V – 15 RESISTANCE MECANIQUE DES OUVRAGES:

La résistance mécanique d'un ouvrage, donc sa sécurité en service, est définie par le rapport entre les efforts entraînant la ruine, ou les efforts entraînant un endommagement irréversibles de cet ouvrage et les efforts

Correspondant à l'ensemble des charges permanentes associées à celles dues aux tensions des câbles, au vent, au givre dans certaines conditions de température.

#### V – 16 RESISTANCE MECANIQUE POUR LES HYPOTHESES A ET B :

$$K = \frac{\text{Charge de rupture ou de ruine de l'ouvrage}}{\text{Charges réellement exercées}}$$

- Pour toutes les pièces travaillant principalement à la traction (chaines d'isolateurs, conducteurs, etc.) on vérifie que :

$$K \geq 3$$

- Pour toutes les pièces travaillant principalement à la flexion (poteau béton, isolateur rigide, armement fixé, etc.) on vérifie que :

$$K \geq 2,1$$

- Pour les poteaux bois on vérifie que :

$$K \geq 3$$

- Pour les supports métalliques et leur armement, on vérifie que :

$$K \geq 1,8$$

#### VI - CONCEPTION ET ETUDE DE TECHNIQUE DU RESEAU BT TORSADE :

- La portée maximale admissible dans le réseau basse tension en câble torsadé est de 60m. La répartition des supports BT est conçue de telle sorte à éviter le problème de chute de tension et à toucher tous les foyers de la zone délimitée. On distingue les supports d'alignements et les supports d'angle.
- En milieu rural, la chute de tension maximale entre le point de sortie du poste de transformation et le point le plus éloigné du PT ne doit pas dépasser 10%.

##### VI – 1 Répartition des supports BT :

Angle de (gr) piquetage	$0 < \alpha < 25$	$25 < \alpha < 45$	$45 < \alpha < 70$	$70 < \alpha < 100$
Effort nominal (daN)	150	300	500	700

##### VI – 2 GARDE AU SOL MINIMAL

Garde au Sol minimale à + 55 °C Sans vent	Nature des terrains surplombés
6 m	- traversées de voies carrossables - Routes (véhicules)
5 m	- terres cultivables accessibles aux engins et véhicules
4 m	- Voies non accessibles aux véhicules - Terrains non cultivables

Dans certaines zones où la hauteur des logements est faible, on utilise des potelets galvanisés en tube rond de diamètre 70mm équipés des ferrures de scellement et de longueur 2 m ou 4 m. Ces potelets permettent de respecter la garde au sol minimale.

### VI – 3 CABLE TORSADÉ BASSE TENSION

Le câble torsadé basse tension utilisé est constitué de:

- 3 phases en aluminium de section 70, 50, 35, 25 ou 16 mm<sup>2</sup>
- 1 neutre porteur en Almelec de section 54,6 mm<sup>2</sup>
- 1 phase en aluminium de section 16mm<sup>2</sup> pour l'éclairage public.

Section (mm <sup>2</sup> )	Intensité admissible (A)
25	100
35	120
50	145
70	180

### VI – 4 ACCESSOIRES DE SOUTIEN

Le câble isolé torsadé basse tension est maintenu par l'intermédiaire d'accessoires de soutien. Ces accessoires sont fixés aux supports BT. On distingue :

- ensemble de suspension désigné par ES 1500 ou 2000 daN
- ensemble d'ancrage désigné par EA ou EAD 1500 ou 2000 daN ou EAT 1500 ou 2000 daN
- pince d'ancrage pour branchement désigné par PA 25mm<sup>2</sup> (section maximale du câble de branchement)

#### ENSEMBLE DE SUSPENSION

L'ensemble de suspension est composé de:

- une console de fixation assurant une avancée de 14 cm cette console est fixée en deux points distants de 7 cm par des boulons diamètre 14 ou 16mm, tige filetée, feuillards ou deux brides.
- une pince de suspension qui reçoit le neutre porteur de réseau
- une liaison mobile qui assure l'articulation entre la pince et la console

#### ENSEMBLE D'ANCRAGE

L'ensemble d'ancrage est composé de:

- une console assurant une avancée de 10 cm
- une, deux ou trois pinces d'ancrage suivant qu'il s'agisse d'ensemble d'ancrage simple, double ou triple.

#### PINCE D'ANCRAGE POUR BRANCHEMENT :

Elle est composée d'un corps, d'une attache incorporant ou non un crochet et un dispositif de serrage automatique de faisceaux.

Les accessoires de soutien et d'ancrage du réseau basse tension doivent porter un marquage indélébile permettant leur identification.

Le matériel de soutien doit être conforme aux normes NFC-33-040 / NFC-33-041 / NFC-33-042

## CONNECTEURS A PERFORATION D'ISOLANT 6 KV :

Les connecteurs à perforation d'isolant permettent la connexion de câbles isolés torsadés basse tension, la connexion est soit un branchement d'abonné soit un branchement d'éclairage public soit une dérivation de réseau.

Le connecteur "6KV" est constitué de parties métalliques et d'une enveloppe isolante assurant une étanchéité totale des parties actives, la tenue diélectrique dans l'eau est supérieure à 6KV. Cette valeur correspond aussi à la tension de tenue aux chocs de foudre.

Les vis ou écrous de serrage du conducteur principal et des conducteurs dérivés doivent être à tête hexagonale et imperdables.

Les connecteurs sont à serrage simultané ou indépendant.

Le serrage ne doit pas détériorer les brins des conducteurs.

La valeurs maximale du couple de serrage ne doit pas dépasser 20 N.m pour les sections <95 mm<sup>2</sup> et 30N.m pour 95<S<150mm<sup>2</sup>.

Les connecteurs "6KV" doivent répondre aux exigences de la norme NFC330 20.

Les types de connecteurs à perforation d'isolant 6 KV agréés par l'ONE sont de fabrication MICHAUD. Ces types sont:

- Connecteurs de branchement CBS/CT 70 dont la capacité du principal varie de 16 à 70 mm<sup>2</sup> (isolé Al-Cu) et la capacité du dérivé de 6 à 25 mm<sup>2</sup> le poids unitaire de ce connecteur est de 139 grammes.
- Connecteur de dérivation réseau CDR/CT 95-95 dont la capacité du principal varie de 25 à 95 mm<sup>2</sup> (isolé Al-Cu) et la capacité du dérivé varie de 25-95mm<sup>2</sup>. le poids unitaire de ce connecteur est de 200 grammes.

## VI – 4 ECLAIRAGE PUBLIC :

Dans le réseau basse tension en câbles isolé torsadé, le câble comporte une phase pour éclairage public de section 16mm<sup>2</sup>. Le réseau d'éclairage public est conçu en choisissant une répartition des foyers lumineux le long du réseau BT.

Cette répartition tient compte de la structure du lotissement ou du village à électrifier.

Le système d'éclairage public utilisé est constitué d'un appareil d'EP sur poteau ou sur façade équipé de tous les accessoires d'alimentation nécessaires pour la lampe à vapeur de sodium SHP 70 W ou 150 W.

Le réseau d'éclairage public est rassemblé dans un coffret métallique galvanisé d'éclairage public monté sur le premier support BT dans le cas d'un poste de transformation aérien, à l'extérieur et à côté du poste de transformation maçonné. le coffret d'EP doit comprendre un interrupteur horaire, un interrupteur manuel et un compteur actif.

Le raccordement du coffret d'EP est effectué par câbles U1000 R02 4X35mm<sup>2</sup> cuivre.

Les appareils d'éclairage public sont installés sur des supports BT leur protection doit être réalisée à l'aide de fusibles à cartouche.

## VI – 5 ETUDE TECHNIQUE DU RESEAU BT EN CABLE PREASSEMBLE

### Règles générales :

L'étude consiste à:

- déterminer la nature et la répartition des supports BT en tenant compte de la répartition géographique des foyers.
- respecter les portées maximales pouvant atteindre 60 m pour concevoir un réseau optimal
- respecter le garde au sol minimale
- respecter le seuil maximal en ce qui concerne la chute de tension. En rural, ce taux est fixé à 10%.

### VI – 5 – 1 Hypothèses de calcul mécaniques des lignes BT

	Hypo A (été)		Hyp B (hiver)	
	Zone 1	Zone 2	Zone 1	Zone 2
O (c)	25	20	5	-5
V (Pa)	195	360	90	135

### VI – 5 – 2 Calcul électrique de chute de tension en BT

- La chute e tension maximale dans les lignes aériennes BT en rural est de 10 %, cette valeur se limite à 7% en zone urbaine.
- En agglomération, la somme des puissances des branchements issus d'un départ BT peut être foisonnée en la multipliant par un coefficient de simultanéité des utilisateurs.

Nombre de client	1 à 4	5 à 9	10 à 14	15 à 19	20 à 24	>50
Coefficient de simultanéité	1	0,78	0,63	0,53	0,49	0,40

### Répartition des puissances:

Pour une charge située en bout de ligne, le moment électrique à transporter est égal au produit de la puissance et de la longueur :

$$M = P l$$

Pour une charge uniformément réparti le long d'une ligne, le moment électrique équivalent pour cette charge est pris égal, par convention, à :

$M = Pl$  - Puissance transitée : c'est la puissance transportée diminuée de celle répartie

- Puissance répartie; c'est la puissance appelée par les foyers

-  $\mu = \Delta \mu / \mu$  (%) = K. M avec coefficient qui dépend de la nature du câble et de ses caractéristiques électriques pour le câble préassemblé.

**K = 0,37 pour une section de 70 mm<sup>2</sup>**

**K = 0,53 pour une section de 50 mm<sup>2</sup>**

**K = 0,70 pour une section de 35 mm<sup>2</sup>**

### VI – 6 RESEAU BT EN CABLE TORSADE TENDU OU POSE SUR FAÇADES :

Dans les zones où le réseau BT allonge les façades des bâtiments, le câble isolé torsadé est maintenu sur les façades par des accessoires de soutien. Le câble BT est soit posé soit tendu

#### Câble BT torsadé posé sur façades

Le câble BT torsadé est maintenu par des berceaux de soutien. Un berceau de soutien est composé de:

- un corps dont les parties métalliques doivent être traitées contre la corrosion
- un collier en matière isolante
- une cheville en matière plastique et un tire-fond ou clou traité contre la corrosion. La fixation doit être au moins dans un trou de 60 mm de profondeur et de diamètre 12 mm

Les berceaux de soutien doivent assurer une avancée nominale de la torsade de 1 à 6 cm par rapport à la façade.

Les berceaux de soutien sont régis par la norme NFC 33040

### **Câble BT torsadé tendu sur façades**

Le câble BT torsadé tendu sur façades est maintenu par l'intermédiaire de Berceau de soutien dans le cas d'un alignement et par des pinces d'ancrages (1 ou 2 ou 3 pinces) fixés à des consoles bipodes ou tripodes selon qu'il s'agisse d'un ancrage simple, double ou triple.

Ces consoles sont fixées par 2 ou 3 tires fonds de diamètre 12 mm et assurent une avancée du point d'accrochage des pinces de 10 cm.

## **VII - RESEAU BT SOUTERRAIN :**

### **Introduction**

Le coût global du réseau basse tension souterrain est généralement supérieur à celui du réseau basse tension aérien. De ce fait, l'utilisation de la variante en souterrain doit être justifiée et soumise à l'accord de la direction générale, conformément à la directive n°4 du 2 Août 1995.

### **Consistance :**

Un réseau basse tension souterrain est constitué des éléments suivants:

- Le câble isolé unipolaire souterrain type U1000 R 02V en cuivre de section 35mm<sup>2</sup>, 50mm<sup>2</sup>, 70mm<sup>2</sup>, 95mm<sup>2</sup> ou 120 mm<sup>2</sup>. Le câble souterrain BT est soit armé soit non armé.
- Le câble isolé BT est posé dans une tranchée normale de profondeur variant entre 80-100 cm ou en tranchée en traversée. de profondeur variant entre 0,90-1,10m. si le câble BT souterrain est non armé, il sera protégé dans des buses diamètre 200mm, caniveaux ou dans des fourreaux en PVC.
- Pour les étoilements du réseau BT souterrain, il ya lieu d'utiliser des coffrets de distribution synthétiques conformément à la spécification technique ONE numéro D05-B52 en se référant à la norme CEI 439.
- Bornes de signalisation ONE/BT. Il ya lieu d'inclure dans l'estimation du projet de construction du réseau BT souterrain, le coût de la réfection de la chaussée et des trottoirs.

### **Raccordement aéro-souterrain BT**

Le raccordement aéro-souterrain BT entre un réseau aérien et un réseau souterrain s'effectue en câble unipolaire isolé U 1000 R02V, par l'intermédiaire de boîtes de dérivation aéro-souterrain DAS.

La protection du câble isolé fixé le long du support BT s'effectue mécaniquement par tube à gaz sur une hauteur de 3 m du pied du support BT.

## **VIII – CANALISATION ELECTRIQUE EN BATIMENT:**

Les canalisations électriques situées dans les bâtiments autres que ceux d'accès réservé aux électriciens doivent être mise hors de portée par interposition d'obstacles efficaces ou par isolation.

Elles doivent être protégées :

- Contre les risques mécaniques ;
- Contre le choc des outils métalliques à main, dans toute leur partie à moins de deux (02) mètres du sol.

La protection mécanique peut être constituée par l'armature en acier du câble.

Lorsque ces canalisations sont placées dans des gaines, celles-ci doivent être conçues de façon que les incendies ne puissent se propager par ces gaines.

Par ailleurs, les prescriptions relatives aux câbles en galeries techniques doivent être appliquées dans chacun des bâtiments traversés ou desservis.

## **IX – POSTES HTA/BT:**

### **IX – 1 PREAMBULE :**

On entend par « poste » l'ensemble de l'appareillage électrique et du bâtiment nécessaires à la transformation de l'énergie électrique.

Un poste est un local ou emplacement d'accès réservé aux électriciens.

Les postes HTA/BT comprennent :

- Les postes sur poteau (H61);
- Les postes en cabine (H59) en préfabriqué, maçonné ou en immeuble.

Les principales dispositions fixées par l'arrêté technique concernent :

Un poste est un local ou emplacement d'accès réservé aux électriciens.

- L'identification permettant de prévenir le public du danger de pénétrer dans un poste;
- L'accès au poste ;
- La protection contre les contacts directs par éloignement, interposition d'obstacles ou isolation;
- La protection contre les contacts indirects par mise à la terre des masses;
- La prévention des risques d'incendie ;
- La protection contre les surtensions des postes HTA/BT raccordés à un réseau HTA aérien, en conducteurs nus.

### **IX – 2 IDENTIFICATION:**

Des écriteaux très apparents doivent être apportés partout où il est nécessaire pour prévenir le public du danger de pénétrer dans les postes.

Dans le cas d'un poste de bas de poteau éloigné du support qui l'alimente, une inscription permettant d'identifier le support de la remontée aéro-souterraine doit également être fixée sur le poste.

A l'intérieur d'un poste, les circuits et les matériels électriques de l'installation doivent être identifiés.

### **IX – 3 SOINS AUX ELECTRISES:**

Le décret en vigueur impose la mise en place à l'intérieur des postes d'une affiche concernant les premiers soins aux électrisés.

#### IX – 4 ACCES AUX POSTES HTA/BT:

Les portes d'accès aux postes doivent pouvoir être fermées à clef.

Les portes d'accès s'ouvrant sur le domaine public (voie public) doivent pouvoir se rabattre à 180° vers l'extérieur et être immobilisées (arrêtoir de porte).

#### IX – 5 DISPOSITIF DE MANOEUVRE:

Les dispositifs de manœuvre commandant les interrupteurs et les sectionneurs doivent pouvoir être actionnés de l'extérieur des cellules.

Dans le cas des postes sur poteaux, chaque poste ou groupe de postes doit être séparés du réseau par un interrupteur manœuvrable du sol.

Si l'interrupteur ne se trouve pas au voisinage du transformateur, celui-ci doit porter une inscription désignant sans ambiguïté le ou les appareils dont l'ouverture est nécessaire pour le mettre hors tension.

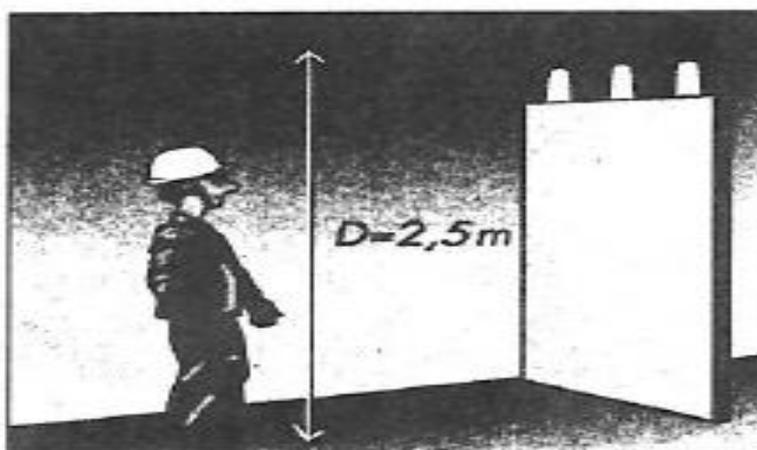
#### IX – 6 PROTECTION CONTRE LES CONTACTS DIRECTS:

Dans le cas :

- D'un poste sur poteau : les parties actives de tout l'appareillage doivent être mises hors portée par éloignement;
- D'un poste cabine: les parties actives de tout l'appareillage doivent être hors de portée par isolation ;
- D'un poste en bâtiment, la mise hors de portée peut être réalisée par éloignement, par interposition d'obstacles efficaces ou par isolation.

Lorsque la mise hors portée est réalisée par éloignement, la distance minimale à respecter entre les conducteurs ou pièces nus sous tension HTA et le sol est :

**D = 2.5 Mètres**



**NB :** La tension HTA est considérée égale à 22 KV.

Lorsque la mise hors portée est réalisée par interposition d'obstacles efficaces, ceux-ci doivent respecter les conditions suivantes :

- L'écran ou le grillage doit être fixé à demeure, c'est-à-dire ne pas être démontable sans l'aide d'un outil, ou pouvoir être fermé à clef ;
- Les écrans ou grillage verticaux doivent s'élever à plus de **02 mètre** du sol, à moins qu'ils ne se raccordent à d'autres grillage horizontaux ou à un plafond ;

- La distance minimale entre les conducteurs ou pièces nu sous tension HTA et les grillages ou écrans doit être :

**D = 0.30 Mètres**

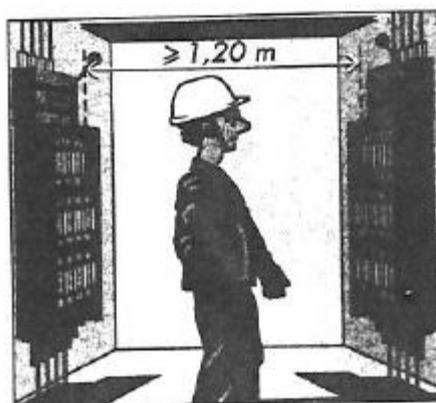
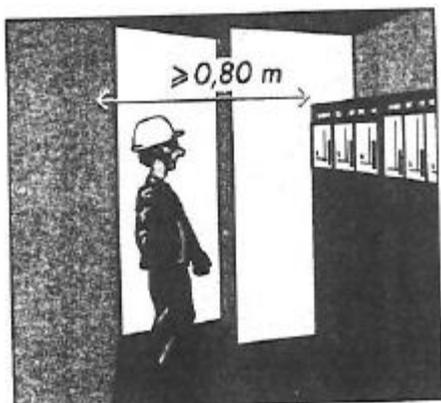
- Les écrans ou grillage horizontaux, s'ils ne se raccordent pas à un grillage vertical ou à un plafond, doivent déborder d'une distance minimale :

**D = 0.50 Mètres**

A l'aplomb des conducteurs nus surplombant un passage ;

- Si l'écran ou grillage est prévu pour être fermé à clef, l'une des trois conditions suivantes doit en outre être remplie :
  1. Un système de verrouillage interdit l'ouverture de la cellule tant que les conducteurs HTA sont sous tension ;
  2. Le schéma du poste est affiché ;
  3. Une inscription sur le grillage indique les appareils à manœuvrer dans le poste ou dans les postes voisins, et précise les pièces restant sous tension après manœuvre desdits appareils.

Les passages de service doivent enfin avoir une largeur minimale de **0.80 mètre, cette valeur étant portée à 1.2 mètre** lorsque ces passages sont bordés des deux côtés par des conducteurs ou pièces nus sous tension BT.



Les appareils protégés dits conformes aux normes de sécurité en vigueur sont réputés répondre à la mise hors portée par interposition d'obstacles.

#### **IX – 7 PROTECTION CONTRE LES SURTENSIONS:**

Les postes alimentés par un réseau HTA en conducteurs nus doivent être protégés contre les surtensions par des parafoudres conformes aux normes en vigueur.

#### **IX – 8 PROTECTION CONTRE LES CONTACTS INDIRECTS:**

Les masses doivent être individuellement reliées à un même circuit de mise à la terre.

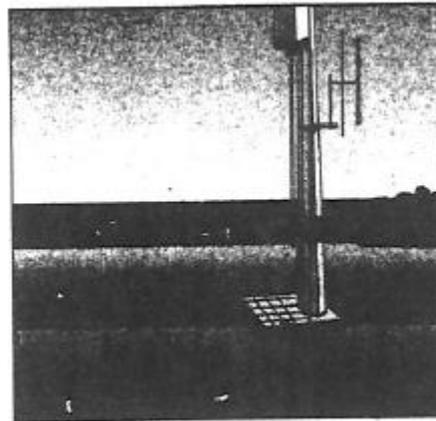
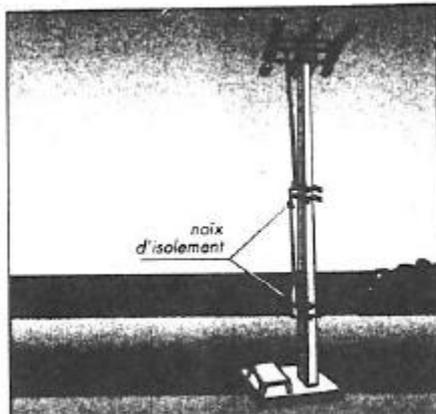
Si un enclos métallique entoure le poste, il ne doit pas être relié intentionnellement au circuit de mise à la terre des masses. Le câble HTA ne doit pas être accroché ou s'appuyer sur l'enclos.

Si le neutre du réseau basse tension n'est pas relié à la terre des masses, les parties actives basse tension doivent présenter, par rapport à l'enveloppe, si elle est conductrice, une tenue diélectrique au moins égale à celle qu'elles ont par rapport aux masses, avec un minimum de **4000 V** ; si le neutre du réseau basse tension est relié à la terre des masses, l'enveloppe, si elle est métallique, doit être reliée à cette même terre.

Une plate-forme destinée à recevoir le tabouret ou le tapis isolant du personnel doit être aménagée au droit du dispositif de manœuvre des interrupteurs aérien HTA.

La partie de leur mécanisme accessible à l'opérateur doit être :

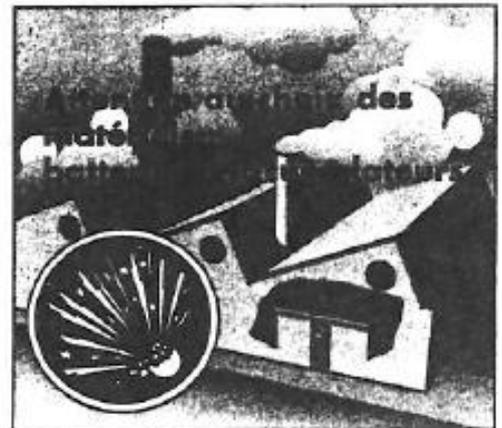
- Soit séparée des parties normalement sous tension par une double isolation, dont l'une est considérée par les isolateurs normaux de l'appareil. Les isolateurs employés pour réaliser l'isolation supplémentaire doivent avoir une tenue diélectrique d'au moins **6000 V** ;
- Soit reliée au conducteur principal de terre du support, la plate-forme de manœuvre étant muni d'un ceinturage équipotentiel raccordé à ce même conducteur.



## IX – 9 ENVIRONNEMENT SPECIAL:

Dans les locaux ou emplacements où la poussière, l'humidité, l'imprégnation par des liquides conducteurs, les contraintes mécaniques, le dégagement de vapeurs corrosives ou toute autre cause nuisible, exercent habituellement leurs effets, le matériel utilisé doit être conçu pour présenter et maintenir le niveau d'isolement compatible avec la sécurité des personnes.

Dans les locaux où se trouve des batteries d'accumulateurs, toutes mesures doivent être prises pour pallier les risques d'explosion.



## IX – 10 TYPES DE POSTES DE TRANSFORMATION MT/BT

### Introduction

Les postes de transformation d'énergie électrique doivent être conformes aux spécifications de l'arrêté du Ministère des travaux Publics n°566-70 du 2-10-1971.

Les types de postes de transformations utilisés dans le réseau de distribution MT/BT de l'ONE sont:

- Postes de transformation aériens: le transformateur de puissance est installé sur support en béton ou métallique ;
- Postes de transformation maçonnés: le transformateur de puissance est installé à l'intérieur d'un local construit spécialement pour abriter ce transformateur. Dans cette catégorie de P.T. On distingue les PT type haut dit aussi rural et les P.T type bas dit aussi urbain ;
- Postes de transformation préfabriqués.

Le choix de l'emplacement du P.T doit être de manière à le mettre à l'abri des inondations et tout autre aléas d'environnement et à permettre l'accès facile des agents d'exploitation ONEE-BE et des équipements.

Pour permettre une répartition équilibrée des charges dans le réseau BT il y a lieu de centrer le poste de transformation quand cela est possible.

### Puissance des P.T MT/BT Distribution

Les puissances normalisées dans les postes HTA-BT Distribution sont détaillées dans le tableau ci-après :

Type de P.T (MT/BT)	Puissance du transformateur de puissance (KVA)
Aérien	25-50-100-160
Maçonné	250-315-400-630

### Postes aériens

Ce type de poste comporte un transformateur de puissance monté sur **support** et un **disjoncteur BT** à commande manuelle constituée d'une tringlerie et une poignée de commande cadennassable.

Le support sur lequel le transformateur de puissance est monté doit posséder un effort nominal de 1000 daN pour les transformateurs de puissance 25-50 ou 100 KVA et un effort nominal de 1500 daN pour les transformateurs de puissance de 160 KVA. La hauteur du support est 12 m. Dans le cas habituel d'un P.T alimenté à l'extrémité d'une dérivation, le support du poste est placé en arrêt sur la ligne MT.

- Les conducteurs MT sont amarrées par une herse de 0,80 m ou 1,30 m au moyen de manchons d'ancrage et de chaînes d'ancrage. Ces chaînes sont généralement munies d'éclateurs ou parafoudres pour protection contre les surtensions atmosphériques et comportent une rallonge galvanisée de 30 cm au minimum.
- Le disjoncteur BT doit être d'un modèle agréé par l'ONEE-BE, pour les transformateurs triphasés, le disjoncteur est tétra polaire à 3 pôles protégés. La fermeture s'effectue à la main en moyen d'une commande directe. L'ouverture peut s'effectuer soit manuellement soit automatiquement au moyen de déclenchements à maximum de courant à action différée ;
- Pour les P.T aérien, il y a lieu de considérer des départs BT à la sortie du poste en section de 70mm<sup>2</sup>.
- La liaison transformateur-disjoncteur est effectuée par 4 câbles unipolaires de 95 mm<sup>2</sup> cuivre.
- Une plateforme de manœuvre du disjoncteur à BT est disposée au pied du poteau au droit de la poignée de commande, les dimensions de la plate-forme sont environ de 70X70X7 cm.
- Tout poste de transformation doit comporter une prise de terre des masses. Le conducteur principal de terre est de section minimale de 28mm<sup>2</sup> en cuivre nu.
- Le neutre du premier poteau BT doit être mis à la terre.

### Postes maçonnés

On distingue deux types de postes de transformation maçonnés:

- le type haut dit rural
- le type bas dit urbain.

Le poste de transformation type rural est un local maçonné dont les dimensions intérieures sont de l'ordre 2,60X2,60 et dont la hauteur sous plafond est de 7,70m, alors que pour le type bas la hauteur sous plafond est de l'ordre de 3,70m.

Le POSTE type bas peut contenir deux, trois ou quatre cellules réseaux en plus de la cellule du transformateur de puissance dans le cas de passage en coupure d'artère.

Postes de transformation MT/BT/ Maçonnés	Nbre de cellules transfo	Nbre de cellule réseaux	Dimension (m) intérieures a x b x h
Type urbain	1	1	2,50x2,50x3,70
	1	2	5,60x3,10x3,70
	1	3	6,60x3,20x3,70
	1	4	4,50x4,50x3,70
Type rural	1	1	2,60x2,60x7,70

- Le local est construit soit en maçonnerie de moellons soit en maçonnerie de briques pleines ou d'agglomérés. La construction du poste doit être conforme aux règles de l'art du bâtiment.
- La terrasse du poste de transformation doit porter une étanchéité garantie pendant 10 ans à partir de la date de la réception provisoire des travaux.
- La ventilation du P.T est assurée par deux ouvertures orientées dans une direction différente de celle des vents dominants afin d'éviter la pénétration de la pluie, la neige ou la poussière.
- La porte d'accès du P.T est métallique en tôles d'acier. Les dimensions de la porte sont 1,30mx2,20m. Sur les faces intérieure et extérieure de la porte, des affiches de sécurité sont fixées. la porte du P.T est cadénassable.

Un P.T maçonné comporte les équipements suivants:

- le transformateur de puissance
- la grille de protection de la cellule du transformateur sur une hauteur minimale de 2 m
- le tableau basse tension: la liaison du transformateur et du tableau BT est réalisée en câble cuivre unipolaire de section:
  1. 150mm<sup>2</sup> si la puissance ≤ 160 KVA
  2. 240mm<sup>2</sup> si 160KVA < la puissance ≤ 350KVA
  3. 2 x 240 mm<sup>2</sup> si 350 KVA < la puissance ≤ 500 KVA

Le tableau de Distribution doit être conforme à la directive de D.G numéro 9 (protection des départs par des fusibles BT au lieu des disjoncteurs BT).

- le système de jeux de barre
- l'interrupteur sectionneur MT à commande manuelle
- les fusibles MT, de protection du transformateur :

Puissance (KVA)	25-50-100	160-250-315	400
calibre fusible (A)	6,3	16	43

- le coffret d'éclairage public, ce coffret peut être installé à l'extérieur du poste, ce coffret comportera le compteur d'énergie, et la commande de l'éclairage public ;
- le matériel de sécurité: tabouret isolant 24 KV ou 36 KV, une perche à corps 36 KV, une paire de gants isolants et un extincteur ;
- une fosse à huile pour vidange de 1,70m x 0,95 m et de profondeur 0,80 m ;
- Les entrées de poste sont constituées par des entrées étanches en porcelaine placées sur des plaques fixées sur cadre vertical incliné de 45° ;
- La protection des entrées du poste, contre les surtensions atmosphériques est assurée par des éclateurs ou parafoudres ;
- La tension d'isolement du P.T est de 24 KV dans le cas normal (zone continentale) ;
- Pour les zones polluées (industrie, bord de mer, brouillard) ou d'altitude supérieure à 1500 m ou en zones sahariennes, il y a lieu de prévoir un surisolement au niveau du P.T (36 KV).

## X- BRANCHEMENTS BT:

### X - 1 IDENTIFICATION

Lorsqu'il y a risque de percement intempestif des murs ou cloisons derrière lesquels se trouve des câbles , il est recommandé de signaler leur présence.

### X - 2 ISOLATION DES CONDUCTEURS

Les branchements aériens doivent être réalisés par des conducteurs isolés.

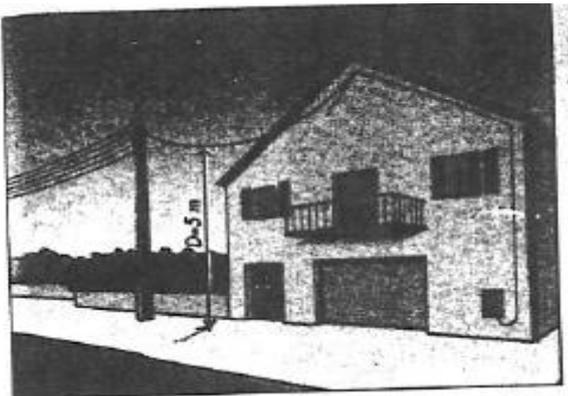
### X - 3 PROTECTION CONTRE LES CONTACTS DIRECTS

La protection contre les contacts directs pour les branchements BT en conducteurs isolés est assurée par cette isolation et par éloignement.

Sont pris en compte pour la définition des mesures d'éloignement :

- L'activité des personnes susceptibles de se trouver à proximité ;
- Les objets qu'elles manipulent ou transportent habituellement ;
- L'affectation des sols ;
- Le voisinage avec des lignes de télécommunications.

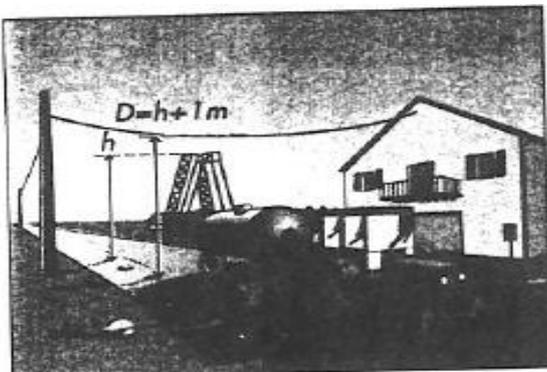
### X - 4 SURPLOMB DE TERRAINS ORDINAIRES OU AGRICOLES



La distance minimale à respecter au-dessus du sol est :

$$D = 5 \text{ mètres}$$

Cette distance peut être abaissée à **04 mètre** au-dessus des passages non publics entre façades, si ces passages ne sont pas empruntés par des véhicules de hauteurs supérieurs.



Lorsqu'un terrain agricole comporte des points de passage fréquentés par du matériel de grande hauteur (h, en mètre), la distance minimale au-dessus du sol à respecter en ces points est :

$$D = h + 1 \text{ mètre}$$

## X – 5 SURPLOMB DE VOIES OUVERTES A LA CIRCULATION PUBLIQUE :

La distance minimale à respecter au-dessus d'une voie ouverte à la circulation publique est :

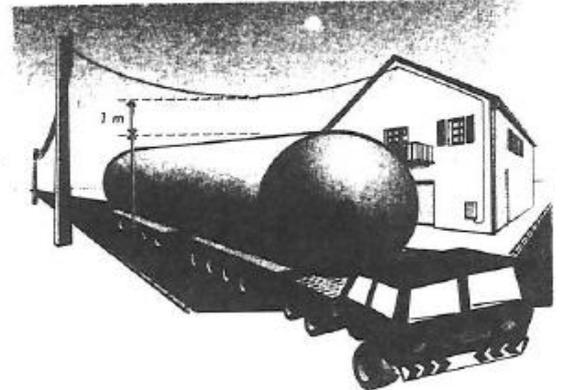
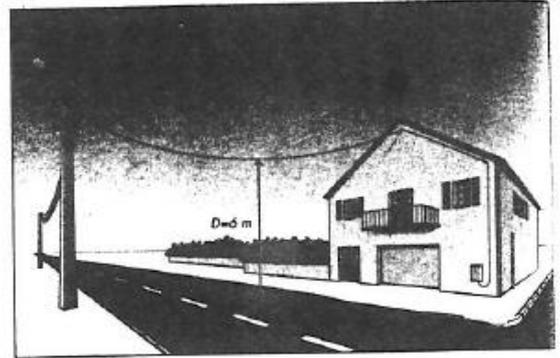
$$D = 6 \text{ mètres}$$

La traversée doit se faire en respectant un angle minimum de 7° par rapport à l'axe de la voie.

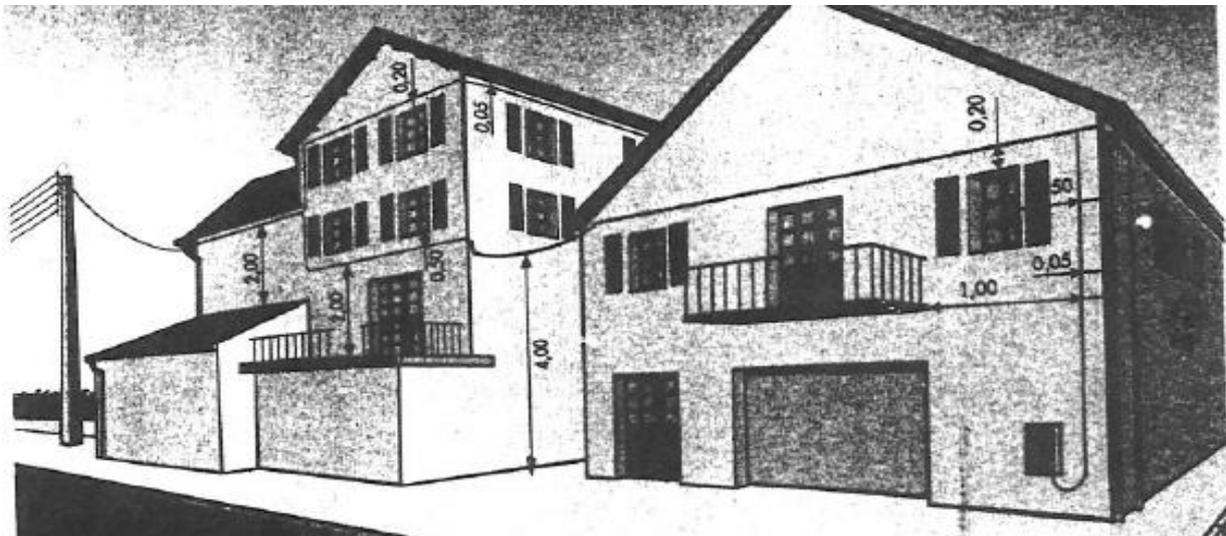
La traversée ou surplomb des itinéraires routiers désignés pour être adaptés aux transports de grandes hauteurs la distance minimale à respecter au-dessus du sol est :

$$D = h + 1 \text{ mètre}$$

Où h est la hauteur maximale du chargement (en mètres) admise pour l'itinéraire.



## X – 6 VOISINAGE DES BATIMENTS:

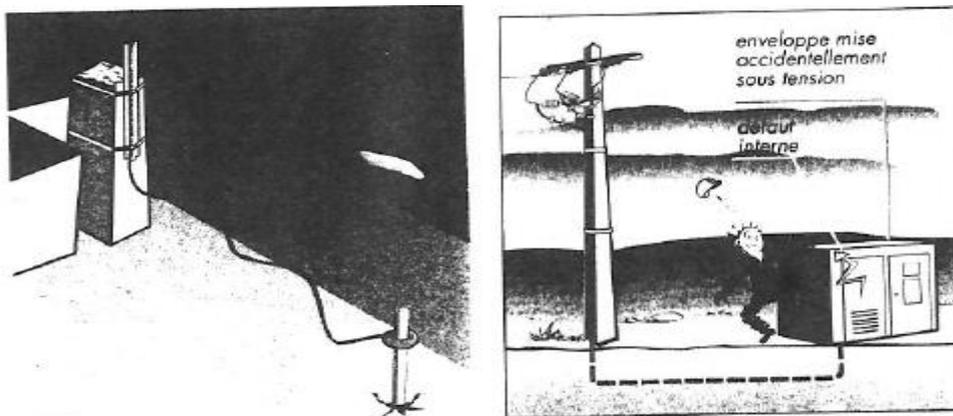


Lorsqu'un branchement en conducteurs réunis en faisceaux est posé sur la façade d'un bâtiment, il doit être placé conformément aux dispositions suivantes:

- A **2 mètres** au moins au-dessus du sol (sous réserve que cela ne gêne pas l'accès aux propriétés, notamment pour les véhicules);
- A **2 mètres** au moins au-dessus des terrasses ;
- A **0,2 mètres** au moins au-dessus des ouvertures, à **0,5 mètre** en dessous, à **0,5 mètre** au moins de la part et d'autre s'il n'y a pas de balcon et à **1 mètre** au moins de part et d'autre du balcon quand il y en a;
- A **0,05 mètre** au moins des parties métalliques extérieures des bâtiments (ossature, tuyaux de descente, canalisation apparentes de gaz, d'eau etc.).

## XI – PRISES DE TERRE:

Ce chapitre regroupe des dispositions communes aux différents ouvrages de distribution. Il traite de la réalisation des prises de terre et de la protection des personnes contre les contacts indirects.



### DEFINITION:

Conducteur ou ensemble de conducteurs enterrés et interconnectés assurant une liaison électrique avec la terre.

### MASSE:

Partie conductrice d'un matériel électrique, susceptible d'être touché par une personne, qui n'est pas normalement sous tension mais qui peut le devenir en cas de défaut d'isolement des parties actives de ce matériel.

### NEUTRE:

Point commun d'un système polyphasé. Physiquement, c'est le point commun des trois enroulements montés en étoile d'un système triphasé.

### ROLE DES PRISES DE TERRE :

Le rôle de la prise de terre d'une installation électrique est de permettre l'écoulement à l'intérieur du sol du courant de toute origines, par exemple de courant de choc dus à des coups de foudre ou bien de courants de défaut à 50 Hz.

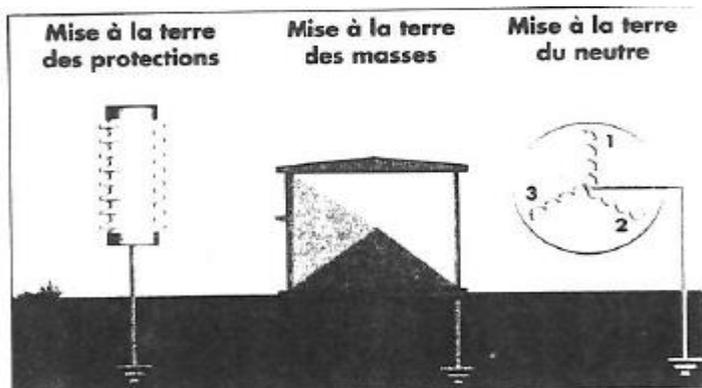
Lors de l'écoulement des courants dans des prises de terre, des différences de potentiels peuvent apparaitre entre certains points de l'installation ou entre la prise de terre et le sol qui l'entoure (**tension de contact Vc**) ou encore entre deux points du sol (**tension de pas**).

La prise de terre doit permettre dans ces conditions d'assurer le maintien :

- De la sécurité des personnes ;
- De la protection du matériel ;
- D'un potentiel de référence.

Une prise de terre peut être utilisée pour :

- La mise à la terre des dispositifs de protection (parafoudres);
- La mise à la terre du neutre;
- La mise à la terre des masses.



## **NB : Il est interdit d'utiliser la terre comme conducteur actif.**

D'une manière générale, on peut dire que quel que soit l'usage, la sécurité obtenue est d'autant plus grande que la résistance d'impédance, lorsqu'elle est destinée à écouler des courants à haute fréquence, de la prise de terre est plus faible et qu'elle se maintient dans le temps.

## **RESEAU BT SOUTERRAIN**

### **Introduction**

Le coût global du réseau basse tension souterrain est généralement supérieur à celui du réseau basse tension aérien. De ce fait, l'utilisation de la variante en souterrain doit être justifiée et soumise à l'accord de la direction générale, conformément à la directive n°4 du 2 Août 1995.

### **Consistance**

Un réseau basse tension souterrain est constitué des éléments suivants:

- Le câble isolé unipolaire souterrain type U1000 R 02V en cuivre de section 35mm<sup>2</sup>, 50mm<sup>2</sup>, 70mm<sup>2</sup>, 95mm<sup>2</sup> ou 120 mm<sup>2</sup>. Le câble souterrain BT est soit armé soit non armé.
- Le câble isolé BT est posé dans une tranchée normale de profondeur variant entre 80-100 cm ou en tranchée en traversée. de profondeur variant entre 0,90-1,10m. si le câble BT souterrain est non armé, il sera protégé dans des buses diamètre 200mm, caniveaux ou dans des fourreaux en PVC.
- Pour les étoilements du réseau BT souterrain, il ya lieu d'utiliser des coffrets de distribution synthétiques conformément à la spécification technique ONE numéro D05-B52 en se référant à la norme CEI 439.
- Bornes de signalisation ONE/BT. Il ya lieu d'inclure dans l'estimation du projet de construction du réseau BT souterrain, le coût de la réfection de la chaussée et des trottoirs.

### **Raccordement aéro-souterrain BT**

Le raccordement aéro-souterrain BT entre un réseau aérien et un réseau souterrain s'effectue en câble unipolaire isolé U 1000 R02V, par l'intermédiaire de boîtes de dérivation aéro-souterrain DAS.

La protection du câble isolé fixé le long du support BT s'effectue mécaniquement par tube à gaz sur une hauteur de 3 m du pied du support BT.

## Partie 3 – DISPOSITIONS ET DOCUMENTS DE REFERENCES:

### I – Dispositions Réglementaires

#### I – 1 Arrêté Technique : Conditions Générales

- **Article 04** : Respect des règles de l'art ;
- **Article 06** : Identification ;
- **Article 07** : Séparation des sources d'énergie;
- **Article 12** : Distances d'éloignement ;
- **Article 13** : Résistance mécanique des ouvrages :
  - Le coefficient de sécurité ;
  - Charges dues au vent et à la température ;
  - Conditions climatologiques ;
  - Le coefficient par rapport à la ruine;
  - Les charges verticales.
  
- **Article 09** : Mise à la terre et liaison équipotentiel;
- **Article 13** : Résistance mécanique des ouvrages ;
- **Article 14** : Isolateurs ;
- **Article 15** : Mise hors portée par obstacle;
- **Article 17** : Mesures pour protection des personnes;
- **Article 18** : Masses ;
- **Article 19** : Protection contre les effets de températures anormales (prévention d'explosion) ;
- **Article 23** : Température maximale des conducteurs ;
- **Article 24** : Distances au-dessus du sol ;
- **Article 25** : Voisinage des bâtiments ;
- **Article 26** : Distance aux arbres et obstacles divers ;
- **Article 27** : Haubanage des supports;
- **Article 28** : Voisinage des voies de télécommunication, téléphériques etc...
  - Voisinage autoroutes, routes nationales, voies ferrées ... ;
  - Surplomb et angle de traversée ;
  - Traversées autoroutes, routes nationales, voies ferrées ... ;
  
- **Article 29** : Voisinage des cours d'eau, plans d'eau et canaux de navigation;
- **Article 30** : Voisinage des chemins de fer ;
- **Article 31** : Voisinage des téléphériques ;
- **Article 32** : Voisinage des lignes aériennes ;
- **Article 33** : Câbles souterrains ;
- **Article 34** : Voisinage de lignes électriques aériennes placées sur support indépendant ;
- **Article 35** : Lignes aériennes de tension différente sur même support.

#### I – 2 Arrêté Technique : Dispositions Particulières MT :

- **Article 36** : Zones forestières ;
- **Article 37** : Canalisation électriques dans les bâtiments ;
- **Article 38** : Canalisation souterraine placée dans des caniveaux ;
- **Article 44** : Fermeture ou clôture des postes;
- **Article 46** : Isolation des conducteurs ;
- **Article 47** : Surplomb des voies de circulations publique ;
- **Article 48** : Surplomb d'établissement d'enseignement ou sportif ;

- **Article 49** : Voisinage de bâtiment ;
- **Article 52** : EP sur support ;
- **Article 53** : Canalisation électrique BT placée en caniveaux ;
- **Article 54** : Protection contacts indirects sur réseau MT
- **Article 56** : Voisinage des lignes télécom – induction - ;
- **Article 57** : Les supports métalliques doivent être mis à la terre ;
- **Article 58** : Chaque support MT doit comporter défense de toucher aux fils et danger de mort ;
- **Article 59** : Surplomb des voies ouvertes à la circulation ;
- **Article 61** : Voisinage des bâtiments ;
- **Article 63** : Distances verticale à respecter ;
- **Article 67** : Dispositif de manœuvre ;
- **Article 68** : Protection des postes contre les surtensions ;
- **Article 69** : Postes sur poteau (haut, bas);
- **Article 70** : Dispositions d'urgence ;

### **I - 3 NORMES :**

- **UTE** : Union Technique de l'Electricité ;
- **CEI** : Commission Electrotechnique Internationale ;
- **CENELEC** : Comité Européen de Normalisation Electrotechnique ;
- **ISO** : Internationale Organisation for Standardisation ;
- **CEN** : Comité Européen de Normalisation ;
- **IMANOR** : Institut Marocain de Normalisation ;
- **AFNOR** : Association Française de Normalisation
- **NM et NF** : Certifications

### **II – Dispositions Internes**

#### **II – 1 Cahier des Prescriptions Communes et Techniques (CPCT) :**

Le CPCT est le cahier des charges qui recense toutes les exigences techniques et réglementaires que doivent satisfaire les lignes aériennes du réseau public d'électricité.

Il constitue le document technique de référence pour la conception et la construction d'ouvrages neufs ainsi que pour les travaux de modification importante d'ouvrages existants au sens de l'arrêté technique.

La réglementation Nationale (Lois, Décrets, Arrêté technique, ...), les normes relatives à la ligne et à ses composantes, les spécifications techniques relatives aux matériels et équipements de lignes, constituent le référentiel du CPCT.

En outre, le CPCT spécifie également les dispositions supplémentaires exigées par l'ONEE et nécessaires au raccordement des lignes aux réseaux existant afin de satisfaire aux critères de :

- Sécurité des personnes et des biens ;
- Sûreté du système Electrique ;
- Respect de l'environnement ;
- Qualité de fourniture ;
- Facilité d'exploitation et de maintenance.

Ce document parcourt entre autres :

#### ■ **Les caractéristiques principales fixées pour l'étude et le dimensionnement des lignes aériennes sont:**

- la tension de construction de la ligne,
- la tension de service de la ligne,
- l'emplacement des points de coupure, des liaisons,
- une fourchette de paramètre à + 55°C (à titre indicatif),
- la nature, la section et le nombre des conducteurs,

- le type de supports (bois, béton, métallique),
- le type des armements,
- le type des isolateurs,
- les hypothèses de calcul à prendre en compte.

#### ■ Définition des éléments d'étude d'une ligne électrique aérienne

- Détermination du tracé schématique de principe de la ligne
- Prescriptions générales à respecter avant l'exécution des études sur le terrain par le personnel chargé des études.
- Etude détaillée du tracé projeté - Balisage préalable
- Documents de base de l'étude détaillée d'une ligne aérienne de distribution;
- Calcul mécanique des lignes
- Dossiers administratifs
- Principales hypothèses de calcul et distances réglementaires

## II – 2 Spécifications Techniques des Matériels

- **ST C49-L49** : Câbles BT armés isolés pour lignes et postes électriques ;
- **ST C60-P60** : Transformateurs de mesure MT;
- **ST C60-L60** : Isolateurs Composites ;
- **ST C61-P61** : Disjoncteurs moyenne tension type intérieur ;
- **ST C61-L61** : Pylônes et armements métalliques ;
- **ST C62-L62** : Manchons de jonction et d'ancrage ;
- **ST C62-P61** : Coupe circuit à poudre à fusible moyenne tension ;
- **ST C63-L63** : Pince de suspension et d'ancrage pour réseau ;
- **ST C63-P63** : Compteur numérique d'énergie électrique pour client MT, HT et THT ;
- **ST C64-L64** : Isolateur en verre ;
- **ST C65-L65** : Câbles HTA isolés ;
- **ST C66-L66** : Conducteurs nus pour réseaux MT, HT et THT ;
- **ST C67-L67** : Parafoudres MT à oxyde métallique sans éclateurs ;
- **ST C68-L68** : Accessoires pour isolateurs ;
- **ST D01-B11** : Connecteurs à perforation d'isolant 6KV pour réseau et branchement BT torsadé;
- **ST D02-B20** : Accessoires pour réseau et branchement BT torsadé;
- **ST D03-B30** : Candélabres pour éclairage public;
- **ST D04-B40** : Luminaires pour éclairage public;
- **ST D05-B53** : Disjoncteur Différentiel pour branchement BT
- **ST D05-B51** : Coffret de branchement pour compteur 2 et 4 fils ;
- **ST D05-B52** : Coffret de distribution BT en matière synthétique ;
- **ST D17-P17** : Poste préfabriqué de distribution ;
- **ST D18-P18** : Disjoncteurs tétra polaire basse tension ;
- **ST D19-P19** : Batterie de condensateurs BT ;
- **ST D20-P20** : Disjoncteur Réenclencheur en réseau ;
- **ST D21-P21** : Dispositifs communicant de détection de défaut pour réseau souterrain MT ;
- **ST D22-P22** : Interrupteur aérien MT télécommandé;
- **ST D24-P24** : Dispositifs normaux de détection de défaut pour réseau souterrain MT ;
- **ST D25-L25** : Protection numérique pour départ MT ;
- **ST D26-L26** : Protection numérique des arrivés MT ;
- **ST D27-L27** : Ensemble de détection des défauts sur lignes aériennes 22 KV accroché sur conducteur;
- **ST D28-L28** : Ensemble de détection des défauts sur lignes aériennes 22 KV montés sur poteau;
- **ST D27-P27** : Protection numérique pour transformateur HT/MT ;
- **ST D40-P40** : Interrupteur sectionneur basse tension;
- **ST D41-P41** : Disjoncteurs départ basse tension haut de poteau triphasé;
- **ST D42-P42** : Tableau de distribution basse tension;
- **ST D43-P43** : Coupe circuit à fusible basse tension;

- **ST D45-L45**: Câble isolé torsadé basse tension;
- **ST D45-P45**: Compteur numérique d'énergie électrique évolutif pour clients BT;
- **ST D46-L46**: Manchons de jonction pré isolé ou à isoler BT;
- **ST D47-L47**: Ferrures pour réseau et branchement BT;
- **ST D48-L48**: Boîtes de jonction et d'extrémité pour câble souterrain BT;
- **ST D50-L50**: Poteaux en bois pour ligne électrique aérienne;
- **ST D60-L60**: Interrupteur-sectionneur aérien à coupure en charge et à commande manuelle (IACM) ;
- **ST D60-P60**: Transformateur de puissance HTA-BT;
- **ST D61-P61**: Cellule préfabriquées MT;
- **ST D62-L62**: Boîtes de jonction et d'extrémité pour câble souterrain MT;
- **ST D62-P62**: Interrupteur-sectionneur MT intérieur à coupure en charge et à commande manuelle ;
- **ST D64-P64**: Batterie de condensateurs MT ;
- **ST D66-P66**: Coffret de comptage pour client MT ;
- **ST T61-P61**: Disjoncteur 72.5 kV ;

### **II – 3 Directives :**

C'est l'ensemble des amendements aux dérogations instaurées par l'office dans les conditions techniques et réglementaires tout en respectant la hiérarchie source de ces conditions.

En générale ces amendements sont instaurés soit pour optimiser le coût des ouvrages tenant compte d'étude préalable ou sur la base de statistiques pouvant conduire à la modification de quelques bases et définitions d'hypothèses.

Par exemple :

- La mise en fouille sans massif des poteaux béton basse tension en alignement ou angle souple,
- La diversification de zoning du niveau d'isolement sur des bases statistiques de problèmes en exploitation ;
- La définition de zones à forte pression de vent,
- La réduction de hauteur des poteaux MT et BT.

### **II – 4 Guide projeteur et guide contrôleur**

Ces deux documents ont été élaborés dans le but de synthétiser l'ensemble des exigences techniques et réglementaires spécifiées dans les documents de bas servant aux comment du dimensionnement géométrique, électrique et mécanique des lignes aériennes. Les deux guides portent sur les mêmes données : l'un est pour l'élaboration de la conception du projet, l'autre, est pour la vérification du respect conceptuel du projet.

### **II – 5 Autres Dispositions**

Ce sont les dispositions retenues par l'ONEE-BE dans le but de maintenir l'axe amélioration et bénéficier des marges de manœuvres. Aussi par retour d'expérience sur la base des statistiques de longues durées, les maitres d'œuvres peuvent modifier la localisation et les délimitations des zones par hypothèses climatiques.

## Partie 4 - MATERIELS:

### I- Les Câbles nus

Un conducteur électrique est un milieu dans lequel des charges électriques sont libres de se déplacer. Ces charges sont des électrons ou des ions. Les métaux, les électrolytes et les plasmas (gaz ionisés) sont des milieux conducteurs.

Pour la construction des lignes électriques à haute tension, on utilise généralement les conducteurs à base d'aluminium, à la fois pour des raisons d'économie et de plus grande exécution. Il s'agit pour la majeure partie de conducteurs en:

- Aluminium-Acier
- Almélec (Aluminium allié)
- Almélec-Acier.

Les conducteurs utilisés dans la construction des lignes aériennes sont en général des câbles et exceptionnellement des fils ronds uniques.

Les câbles conducteurs sont choisis en fonction de 3 critères:

- **Critère économique** : coût d'établissement augmenté du coût de perte à minimiser ;
- **Critères électriques** : capacité maximale de transit de courant de charge et d'éventuel report de charge ;
- **Critère mécanique** : tenue mécanique des câbles adaptée aux différentes hypothèses de calcul.

Pour les conducteurs aériens à grandes distance, on préfère souvent l'aluminium au cuivre malgré sa conductivité électrique inférieure. L'aluminium offre des avantages en termes de densité et de coût. Pour les câbles composés d'acier et d'aluminium, l'acier supporte en grande partie toute la charge mécanique et l'aluminium la transmission du courant électrique.

L'almélec est un alliage d'aluminium spécialement mis au point pour la fabrication des conducteurs électriques. Il contient de faibles additions (0.5% environ) de silicium et de magnésium et grâce à une combinaison de traitement thermique et mécanique, il acquiert une charge de rupture sensiblement double de celle de l'aluminium pur écroui, tout en conservant une conductibilité peut inférieure à celle du métal pur (-15%).

Les câbles aériens ont souvent des diamètres **entre 05 et 40mm**. Ils se présentent sous forme d'enroulements hélicoïdaux par couche, en alternant le sens de la torsion entre les couches.

## I – 1 Caractéristiques des câbles usuels

### II - Les Câbles isolés souterrains :

Lorsque la technique réseau MT souterrain s'impose, le câble MT souterrain utilisé est un câble isolé. On distingue les types de câble isolé MT suivants:

#### Les types de câble isolé MT:

- **T.C.N.R:** tripolaire à champ non radial non armé
- **T.C.R:** tripolaire à champs radial non armé
- **U:** unipolaire non armé ou armé

#### Les types d'isolants MT :

- **P.I.M.V:** papier imprégné de nature visqueuse
- **P.I.M.S:** papier imprégné de nature stabilisée
- **P.E:** Polyéthylène
- **P.C.V:** Polychlorure de vinyle
- **C.B:** Caoutchouc butyle
- **P.R.C:** Polyéthylène réticulé chimiquement

#### Exemple de câbles isolé MT

- Câble isolé MT au PRC-USP 15/25 KV à champ radial en cuivre unipolaire 1X35mm<sup>2</sup> ;
- Câble isolé MT unipolaire au PRC-USP 15/25 KV à champs radial en Aluminium 1X50 mm<sup>2</sup> ou 1X150 mm<sup>2</sup> ou 1X240mm<sup>2</sup> ;
- Câble isolé MT armé USP 12/20 (KV) régi par la NFC 33-223 c'est un câble armé dont les avantages peuvent être résumés comme suit:
  1. économie dans les fouilles
  2. ne nécessitant pas de protection par buses ou caniveaux.

#### Pose des câbles MT souterrain

- Le câble isolé MT souterrain est posé dans des tranchées. On distingue la tranchée normale et la tranchée en traversées de routes ou de voies ferrées.
- Le câble isolé MT souterrain est protégé par des caniveaux à gorges en béton ou par des buses en béton comprimé diamètre 100 ou dans des fourreaux en PVC. Un grillage avertisseur destiné à signaler la présence des câbles MT sera disposé à 0,50 m du niveau du sol.
- Lorsque le réseau MT souterrain traverse une voie goudronnée ou un trottoir, il y a lieu de prévoir les articles suivants au cours de la préparation de l'étude MT:
  1. réfection de la chaussée bitumée
  2. réfection du trottoir
  3. Regards de visite 1,20\*1,20\*1,20
  4. bornes de signalisation ONEE/MT

#### Raccordement aéro-souterrain MT

Lorsqu'on passe du réseau aérien MT nu au réseau MT souterrain, la connexion de ces deux types de structures sera assurée au niveau du support MT d'arrêt par des boîtes d'extrémité synthétiques. Le câble MT isolé est fixé au support par des attaches métallique et protégé par une tôle galvanisée sur une hauteur de 5 m du pied du support.

### III - Les Supports

On désigne sous le nom de poteaux les supports de faible hauteur, à fût vertical unique, tels que :

- les poteaux bois ;
- les poteaux béton armés ou précontraints ;
- les poteaux métalliques en gros profilés non assemblés aux lignes HTA.

On désigne sous le nom de pylônes, les supports métalliques en éléments assemblés destinés à la plupart des lignes de transport d'énergie à haute tension.

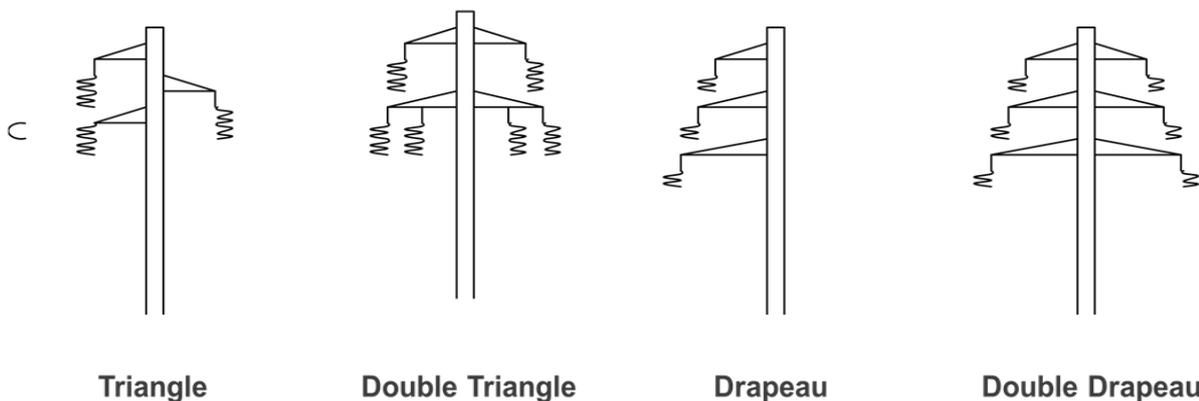
Les supports ont pour rôle de soutenir les câbles à une certaine distance du sol et des obstacles rencontrés afin de garantir la sécurité des personnes et des installations situées au voisinage des lignes électriques.

#### III – 1 Classification d'après la disposition de leur armement :

Parmi les types d'armement utilisés, on distingue deux grandes classes :

- L'une dans laquelle les conducteurs sont disposés à des étages différents. C'est le système à phases étagées. On trouve les pylônes triangle, drapeau, double drapeau et double triangle.

Figure 9 : système d'armement à phases étagées



l'autre dans laquelle les conducteurs sont disposés au même niveau ou à des niveaux peu différents :

- Pylônes ou portiques à nappe horizontale,
- Poteaux à armement nappe-voûte,
- Pylônes du type chat.

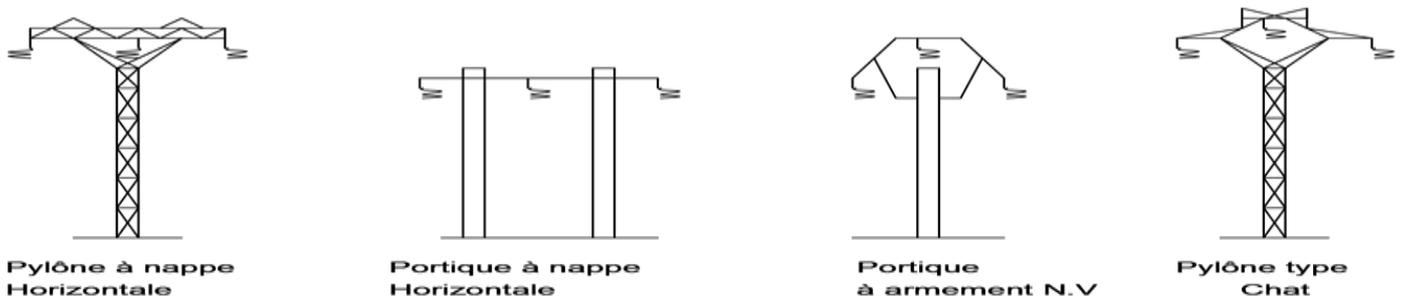


Figure 10 : système d'armement à phases horizontales

### III- 2 Classification d'après leur fondation utilisée :

#### ■ Les supports à fondation simple ou unique (fondation monopole ou monobloc)

Les supports à fondation simple, sont en général des poteaux (poteaux béton) ou des pylônes métalliques à base étroite.

#### ■ Les supports à fondation double (fondation bipodes)

Les supports à fondation double sont en général des pylônes à base rectangulaire de dimensions relativement faibles.

#### ■ Les supports à fondation séparée ou indépendante (fondation tétrapode)

### III – 3 Charges appliquées aux supports:

■ **Charges permanentes du support:** On désigne par ce terme les charges dues au poids de tous les éléments constitutifs du support une fois isolé du reste de l'ouvrage;

■ **Les charges dues aux conducteurs:** Qui dépendent du domaine d'utilisation du support et sont liées aux hypothèses météorologiques prises en compte;

■ **Charges météorologiques sur le support:** ce sont les effets induits par les hypothèses météorologiques sur le support;

■ **Charges apparaissant lors de la construction, l'entretien et l'exploitation de la ligne:** Elles correspondent notamment aux poids des monteurs, le levage du support (haubanage éventuel des consoles), rupture d'un câble.

### III – 4 Durabilité – Marquage – Identification – Aménagement relatif au montage et à la maintenance - Essais

■ La **durabilité** d'un support dans son environnement doit être telle qu'il reste opérationnel pendant la durée de vie de l'ouvrage moyennant un entretien adéquat;

■ Les différentes pièces à l'exception des boulons et rondelles, doivent comporter **un marquage** permettant leur identification et garantissant leur traçabilité;

■ Une exigence de l'arrêté technique est que les supports doivent être identifiés et numérotés durablement;

■ Les supports doivent être munis de **dispositifs d'ascension** permettant l'accès en sécurité du personnel autorisé. Aussi des dispositifs doivent être prévus sur le support afin de faciliter le **montage et le levage**, l'accès aux points d'accrochage, éventuel haubanage et permettre des reprises d'efforts.

■ Afin de valider la résistance mécanique calculée d'une famille de supports, une **vérification doit être réalisée en usine ou en laboratoire** par les moyens recommandés par les normes de référence.

### III - 5 Supports de réseau BT

Le réseau basse tension en câble torsadé tendu sur supports est une structure desservant les abonnés BT (ordinaires, commerces, petites industries, administrations,...) cette structure doit toucher tous les foyers situés dans la zone délimitée en commun accord avec les autorités locales et les représentants des collectivités communales ou provinciales.

On distingue les supports BT suivants :

- Poteaux en béton armé ou en béton précontraint ;
- Poteaux en bois.

### III – 6 Supports en bois

Les supports en bois utilisés dans le réseau basse tension sont de classe C (conformément à la NM 06-06-035) et de hauteur 8 ou 9 m. Ces poteaux bois sont traités à la créosote fluide. Les supports sont ancrés dans le sol et calés à la pierre sèche avec du béton maigre

Les poteaux bois utilisés dans le réseau Basse Tension peuvent être assemblés en jumelage ou en contre fichage.

## IV - Les Fondations :

### IV – 1 Fonction et définition:

Une Fondation est un ouvrage enterré dont le rôle est d'ancrer dans le sol la superstructure constituée par le support et les conducteurs, et d'en assurer la stabilité sous les sollicitations appliquées à l'ouvrage.

On trouve deux types de fondation :

- **Fondation superficielle**: Massif enterré en béton armé ou non, supportant un ouvrage;
- **Fondation Spéciale**: Appelée aussi fondation profonde, elle est constituée d'un ou plusieurs pieux reliés entre eux par un massif de liaison.

### IV – 2 Règles de conception:

- **Etude du sol**: l'étude du sol est nécessaire pour le choix et le dimensionnement des fondations;
- **Matériaux**: Les matériaux mis en œuvre dans la réalisation des fondations sont:
  1. Pour les fondations superficielles ou massives: le béton, les agrégats;
  2. Pour les fondations spéciales: le béton, le coulis d'injection, l'acier.
- **Dimensionnement des fondations**: Les fondations doivent être dimensionnées conformément à la résistance mécanique des ouvrages de l'arrêté technique et de la norme en vigueur (NF EN50341-1 et 3

## V - Les Isolateurs:

### V – 1 Fonction et définition:

Le rôle des isolateurs des lignes aériennes est de retenir **mécaniquement** les conducteurs aux structures qui les supportent et d'assurer **l'isolement électrique** entre ces deux éléments.

Ils doivent garder leurs qualités **électriques et mécaniques** pendant plusieurs dizaines d'années.

De plus, ils devront faciliter tout travail qui pourrait être effectué sur la ligne, même maintenue sous tension électrique.

Un isolateur est constitué en général de deux parties :\*

Une partie **isolante** et des **pièces métalliques de liaison**, scellées sur cette partie isolante.

#### ■ **Isolants :**

- Céramiques
- Verres
- **Matériaux synthétiques** : ces isolateurs dits composites, sont constitués d'une âme réalisée en fibre de verre imprégnée de résine, donnant à l'isolateur sa tenue mécanique, et d'une enveloppe en matériaux synthétiques isolants.

## V – 2 Dimensionnement des chaînes d'isolateurs vis-à-vis de la pollution

**Classe 1 :** Niveau de pollution nul ou faible, correspond aux zones rurales ou à faible densité d'habitations ou d'industries, éloignées de la mer. La ligne de fuite spécifique de cette classe est de 16 mm/kV.

**Classe 2 :** Pollution moyenne : ce sont les terrains de culture et montagnes avec usines peu polluantes  
La ligne de fuite spécifique de cette classe est de 20 mm/kV.

**Classe 3 :** Forte pollution : bord de mer sans vent fort chargé d'embruns. La ligne de fuite spécifique de cette classe est de 25 mm/kV.

**Classe 4 :** Très forte pollution : zones intérieurs avec usines très polluantes ou bord de mer avec usine polluantes et vent dominant chargé d'embruns marin. La ligne de fuite spécifique de cette classe est de 31 mm/kV.

## V – 3 Choix des isolateurs:

Les isolateurs sont choisis :

- En fonction de la **tension de service** de la ligne
- En fonction des **efforts mécaniques** auxquels ils sont soumis (poids des conducteurs et du givre, action du vent, tension mécanique des conducteurs éventuellement).
- En fonction de **la pollution du site**
- En fonction de **l'importance de la ligne.**

Les études effectuées à l'étranger, montrent que le facteur prédominant pour la tenue sous pollution est la ligne de fuite **L<sub>f</sub>** de l'isolateur.

Les isolateurs le plus couramment utilisés ont un rapport :

$$2 < L_f / P < 2,5 \quad \text{Avec } P = \text{le pas de l'isolateur exprimé en (mm)}$$