

CAHIER DES PRESCRIPTIONS COMMUNES TECHNIQUES

LIGNES AÉRIENNES

SOMMAIRE

1.	LIGNES AÉRIENNES	5
1.1	CARACTERISTIQUES GENERALES	5
1.2	DISPOSITIONS COMMUNES AUX LIGNES A MOYENNE TENSION ET A BASSE TENSION ...	6
1.2.1	Poteaux en béton	6
1.2.1.1	<i>Spécifications des poteaux</i>	<i>6</i>
1.2.1.2	<i>Délai de durcissement des poteaux</i>	<i>6</i>
1.2.1.3	<i>Perçage des poteaux</i>	<i>6</i>
1.2.1.4	<i>Manutention et transport des poteaux</i>	<i>6</i>
1.2.1.5	<i>Utilisation des poteaux</i>	<i>7</i>
1.2.1.6	<i>Implantation des poteaux</i>	<i>8</i>
1.2.2	Poteaux en bois	9
1.2.2.1	<i>Nature des poteaux</i>	<i>9</i>
1.2.2.2	<i>Implantation</i>	<i>9</i>
1.2.2.3	<i>Utilisation des supports</i>	<i>10</i>
1.2.3	Potelets	11
1.2.4	Pylônes et poutrelles métalliques	12
1.2.5	Hauteur des supports	15
1.2.6	Dispositions communes à la mise en œuvre des divers types de supports	16
1.2.7	Dépose des supports	17
1.2.8	Accessoires de supports	17
1.2.8.1	<i>Numérotage</i>	<i>17</i>
1.2.8.2	<i>Dispositif anti-escalade</i>	<i>17</i>
1.2.8.3	<i>Plaques « danger de mort »</i>	<i>17</i>
1.2.8.4	<i>Mise à la terre</i>	<i>18</i>
1.2.9	Conducteurs nus (nature, fixation et raccords)	19
1.2.9.1	<i>Lignes sur isolateurs suspendus</i>	<i>19</i>
1.2.9.2	<i>Lignes sur isolateurs rigides</i>	<i>19</i>
1.2.9.3	<i>Raccords de jonctions et de dérivation</i>	<i>20</i>
1.2.10	Elagages et abattages d'arbres	20
1.2.10.1	<i>Cas d'arbres élevés dont les branches sont susceptibles de tomber sur les lignes</i>	<i>21</i>
1.2.10.2	<i>Cas d'arbres de hauteur inférieure à celle des conducteurs (notamment arbres fruitiers)</i>	<i>21</i>
1.2.11	Distance minimale des conducteurs au-dessus du sol	21
1.3	LIGNES AERIENNES A MOYENNE TENSION	22
1.3.1	Conducteurs	22
1.3.2	Dispositions réglementaires aux angles et aux traversées	23

1.3.3	Isolateurs	23
1.3.4	Armements	25
1.3.5	Conditions d'établissement	26
1.3.5.1	<i>Lignes à isolateurs suspendus</i>	26
1.3.5.2	<i>Lignes à isolateurs rigides</i>	30
1.3.6	Interrupteurs aériens (I.A.C.M.) et interrupteurs à ouverture automatique dans le creux de tension (I.A.C.T.) (Annexes 9-10-11....)	32
1.4	LIGNES AERIENNES A BASSE TENSION	33
1.4.1	Dispositions générales	33
1.4.1.1	<i>Définition</i>	33
1.4.2	Lignes aériennes à basse tension en conducteurs isolés assemblés en faisceau (Annexe 3)	35
1.4.2.1	<i>Conducteurs</i>	35
1.4.2.2	<i>Ferrures et accessoires</i>	36
1.4.2.3	<i>Exécution des travaux</i>	36
1.4.2.3.1	<i>Faisceaux installés sur poteaux</i>	36
1.4.2.3.2	<i>Faisceaux posés sur façades</i>	37
1.4.2.3.3	<i>Faisceaux tendus sur façades</i>	37
1.4.2.3.4	<i>Faisceaux tendus en traversée de rue ou d'espace non bâti</i>	37
1.4.2.3.5	<i>Mises à la terre</i>	37
1.4.2.4	<i>Réalisation des travaux</i>	37
1.4.2.4.1	<i>Réseaux sur supports</i>	38
1.4.2.4.2	<i>Déroutage</i>	38
1.4.2.4.3	<i>Réglage</i>	38
1.4.2.4.4	<i>Mise sur pinces de suspension</i>	38
1.4.3	Lignes aériennes à basse tension en conducteurs nus	39
1.4.3.1	<i>Conducteurs</i>	39
1.4.3.2	<i>Isolateurs</i>	39
1.4.3.3	<i>Ferrures</i>	41
1.4.3.4	<i>Armements</i>	41
1.4.3.5	<i>Conditions d'établissement</i>	42
1.4.3.6	<i>Supports d'étoilement</i>	43
1.5	LIGNES AERIENNES MOYENNE TENSION EN CONDUCTEUR ISOLE ASSEMBLE EN FAISCEAU	44
1.5.1	Structure du réseau	44
1.5.2	Nature et section des conducteurs	45
1.5.3	Intensités maximales de court-circuit	45
1.5.4	Durées maximales de court-circuit admissibles en secondes	46
1.5.5	Dispositions constructives	46
1.5.5.1	<i>Distances au-dessus du sol</i>	46
1.5.5.2	<i>Voisinage des bâtiments et des arbres</i>	46
1.5.5.3	<i>Lignes mixtes MT/BT</i>	46
1.5.5.4	<i>Ligne mixte M.T. en conducteurs nus avec une ligne M.T. en conducteur isolé</i>	47
1.5.5.5	<i>Ligne mixte ne comportant que des conducteurs isolés</i>	47
1.5.6	Matériels utilisés	47

1.5.6.1	<i>Matériels de connexion</i>	47
1.5.6.2	<i>Extrémités de réseau</i>	47
1.5.6.3	<i>Jonctions des câbles</i>	47
1.5.6.4	<i>Ensembles de suspension ES-50-25</i>	47
1.5.6.5	<i>Ensembles d'ancrage E.A. 50-10</i>	48
1.5.6.6	<i>Ferrures diverses</i>	48
1.5.6.7	<i>Utilisation du câble aérien en souterrain</i>	48
1.5.7	Réalisation des travaux	48
1.6	CANALISATIONS AERIENNES COMPORTANT SUR LES MEMES SUPPORTS, DES CONDUCTEURS MT ET BT	49

1. LIGNES AÉRIENNES

1.1 CARACTERISTIQUES GENERALES

Les lignes électriques utilisées en électrification rurale sont généralement construites pour une distribution triphasée. Elles sont de deux sortes :

1. les lignes à moyenne tension établies, dans un but de normalisation, pour une tension de service de 22 kV (exceptionnellement 5,5 kV, 20 kV ou 30 kV)
2. les lignes à basse tension, établies pour une tension de 400 V entre deux conducteurs de phase et 230 V entre un conducteur de phase et le neutre (exceptionnellement en 220/127 V).

Elles sont établies :

- soit en conducteurs nus supportés par des poteaux en béton, armé ou précontraint, ou en poteaux bois. Dans certains cas, il peut être fait usage de pylônes.
- soit en conducteurs isolés assemblés en faisceau, installés sur des poteaux en béton, armé ou précontraint, ou en poteaux bois, ou fixés aux façades par des dispositifs appropriés.

Sur les lignes à basse tension, on pourra utiliser un potelet ou une console.

1.2 DISPOSITIONS COMMUNES AUX LIGNES A MOYENNE TENSION ET A BASSE TENSION

1.2.1 Poteaux en béton

1.2.1.1 Spécifications des poteaux

Le contrôle des chantiers de fabrication est assuré par l'O.N.E.E-Branche électricité Les essais de réception sont exécutés à son initiative.

Les supports devront être conformes à la norme NM 7 67 200.

1.2.1.2 Délai de durcissement des poteaux

Les poteaux ne doivent être sortis du chantier qu'après expiration du délai de durcissement nécessaire à l'obtention des qualités mécaniques prévues pour le béton. Ce délai est fixé d'après les indications résultant des essais, suivant la saison et le lieu de fabrication.

Il est au minimum de 28 jours, quels que soient le type et la nature des poteaux. Toutefois, dans le cas où la fabrication a recours à une prise accélérée du béton par un accélérateur chimique, ce délai de 28 jours pourra être réduit après accord de l'O.N.E.E-Branche électricité

Tout poteau ayant subi une manutention prématurée, dûment constatée, serait immédiatement détruit sur place et éloigné du chantier aux frais du fournisseur.

1.2.1.3 Perçage des poteaux

Sauf dérogation du Cahier des Prescriptions Spéciales ou du marché, le perçage des poteaux béton sera conforme au **schéma standard O.N.E.E-Branche électricité n° 2689**.

1.2.1.4 Manutention et transport des poteaux

Les opérations de transport, de manutention, de mise en dépôt et de levage des poteaux doivent être conduites de telle sorte qu'en aucun cas ces poteaux ne subissent en un point quelconque des contraintes supérieures à celles qu'ils peuvent supporter sans dommages. En particulier, au cours des opérations mettant en jeu le poids (chargement, transport, déchargement, stockage, amenée à pied d'œuvre, levage), le poteau doit être sollicité suivant son sens de plus grande inertie et en tenant compte de ses caractéristiques de masse. Dans le cas de poteaux de grande longueur, on devra prendre des précautions particulières.

Les opérations de manutention doivent être conduites de façon à ne pas faire subir au poteau de choc ou d'effort brusque. Les dispositifs d'élingage doivent être conçus pour éviter tout risque d'épaufrure du poteau.

Lorsqu'il n'est pas possible d'accéder par route directement à pied d'œuvre, on utilisera des véhicules et engins de longueur appropriée à celle des poteaux, portant le poteau en deux ou trois points.

Un triqueballe doit être tracté à l'aide de sa flèche. En aucun cas, le poteau ne doit faire office de timon. Sauf cas exceptionnel, le traînage au sol est interdit.

Les opérations de transport, de manutention, de mise en dépôt et de levage des supports doivent être conduites de telle sorte qu'en aucun cas les supports ne subissent en un point quelconque, des efforts supérieurs à ceux pour lesquels ils ont été prévus. Toute détérioration sera à la charge de l'entrepreneur.

1.2.1.5 Utilisation des poteaux

Les poteaux utilisés sur les lignes seront de la classe A et B. Ils seront choisis dans la gamme suivante :

TABLEAU 1

Efforts nominaux - hauteur totale - classe et utilisation des poteaux en béton.

EFFORTS NOMINAUX (daN)	HAUTEUR TOTALE (mètres)				
	Supports BT		Supports MT		
	8m.	9m.	12m.	13m.	14m.
150	A	A			
200			A		
300		A	A	A	A
500		A	A	A	A
700		A			
800			A	A	A
1000			B	B	B
1250			B	B	B
1500			B	B	B

Dans certains cas exceptionnels, il pourra être fait usage de poteaux de hauteur totale supérieure à la valeur maximale indiquée au tableau 1.

Un support est caractérisé par un effort nominal F ou effort disponible au coefficient de sécurité δ appliqué conventionnellement à 0,25 m au dessous du sommet, dans l'axe de grande inertie. Pour comparer la résultante des efforts appliqués par les conducteurs à cet effort nominal, cette valeur est ramenée à 0,25 m du sommet en la divisant par le coefficient η suivant la formule :

$$\eta = \frac{h - 0,25}{h + a - 0,25}$$

h = hauteur hors sol du support

a = distance entre le centre de gravité des efforts exercés par les conducteurs et le point situé à 0,25 m sous le sommet du support.

Valeurs pour un calcul approché.

Surclassement : $\eta = 1,1$ pour une traverse de dérivation

Déclassement : En cas d'utilisation d'une nappe voûte dont le centre de gravité des efforts est rapporté à 1,25 mètre de la tête du support, ce dernier sera déclassé avec $\eta = 0,75$ pour limiter le moment des efforts au niveau de la section conventionnelle de l'effort nominal.

1.2.1.6 Implantation des poteaux

Les poteaux doivent être encastrés dans les massifs bétonnés à pleine fouille. Les dimensions des hauteurs d'implantations sont données pour les cas les plus courants par le tableau 2.

Les supports BT de 8 et 9 mètres classe A de 150 et 300 daN doivent être calés à la pierre sèche (sauf terrain sablonneux, marécageux ou inondable).

TABLEAU 2

Hauteurs d'implantation des massifs de fondation pour poteaux en béton armé.

SUPPORT		Coefficient de stabilité de la fondation	
		Ks = 1,2	Ks = 1,75
Fonction du support		Double ancrage simple, alignement, BT en général	Semi arrêt Arrêt simple Arrêt double et cas particuliers
Bois ou assemblage en bois			
Béton	F < 500 daN	$\frac{H}{10} + 0.50$ (m)	$\frac{H}{10} + 0.70$
métal	F ≥ 500 daN	$\frac{H}{20} + 1.30$ (m)	$\frac{H}{20} + 1.50$ (m)

Un tableau figurant en annexe indique les différentes dimensions des fondations en fonction de la nature du terrain.

Elle peut, dans certains cas particuliers (par exemple terrains rocheux, tablier de pont, présence de canalisations souterraines, etc.), être réduite sous réserve de la vérification des facteurs de sécurité de l'ouvrage et plus particulièrement de l'effort tranchant développé dans le pied des poteaux. Les massifs de fondation peuvent, dans les mêmes cas, être de volume réduit, sous réserve des mêmes vérifications après accord de l'O.N.E.E-Branche électricité.

Dans le cas de terrains particulièrement meubles (sable fluent, marécages), il peut être nécessaire de prévoir des massifs appropriés conformément aux tableaux des plans **standards O.N.E.E-Branche électricité 5760 et 5984 AR.**

Le béton constituant les massifs de fondation est préparé sur une aire propre et dosé à raison de 200 kg de ciment portland CPA 250/315 ou de 250 kg de ciment laitier de qualité correspondante par mètre cube mis en œuvre.

L'entrepreneur emploiera pour ces travaux de bétonnage un sable de mer, de carrière ou de broyage de bonne qualité et du gravier tout-venant lavé et calibré (ϕ de 0,03 mètre maxi) de rivière ou de carrière de bonne réputation. Ces matériaux devront être soumis à l'acceptation de l'O.N.E.E-Branche électricité avant emploi.

Les pierres utilisées doivent être propres et mises en œuvre de façon à former un conglomérat compact. La qualité du béton doit être approuvée par un laboratoire agréé.

Après mise en place, le béton sera pervibré.

Les massifs sont arasés un peu au-dessus du niveau du sol par lissage de la surface, en ménageant une pente d'écoulement des eaux.

Dans le cas d'implantation en terrain de culture ou d'herbages, les massifs doivent dépasser la surface du sol de 0,10 m, non compris la pointe du diamant. Ils doivent être coulés sans aucune reprise de béton.

La partie extérieure au sol doit être soigneusement talochée après enrichissement en ciment de la couche superficielle.

1.2.2 Poteaux en bois

1.2.2.1 Nature des poteaux

Les poteaux en bois doivent satisfaire aux règles en vigueur les concernant et être au minimum de la classe C en BT et D en MT.

Le mode de traitement sera conforme aux prescriptions de l'O.N.E.E-Branche électricité.

Les poteaux peuvent être simples, jumelés, contrefichés, assemblés en chevron "A", assemblés en portiques, ou haubanés suivant les dispositions des plans **n° 3945 bis - 5836 AR et 7372 AR standard O.N.E.E-Branche électricité**.

1.2.2.2 Implantation

En terrain normal, les poteaux sont implantés sans socle et calés à la pierre sèche sans béton.

Exceptionnellement, il peut être fait usage de fondations en béton. Dans ce cas, les hauteurs des fondations seront identiques à celles des supports béton.

Les dimensions de ces fouilles et des clefs de fondation sont augmentées si la nature du terrain l'exige. En terrain rocheux, elles peuvent être de dimensions réduites, avec l'accord de l'O.N.E.E-Branche électricité.

1.2.2.3 Utilisation des supports

Un poteau en bois doit satisfaire simultanément à deux conditions :

1. avoir un "effort nominal" F au moins égal à l'effort temporaire maximal, reporté à 25 cm au-dessous du sommet, susceptible de lui être appliqué.
2. avoir un "effort de déformation permanente" P au moins égal à la résultante, reportée à 25 cm au-dessus du sommet, des efforts de traction horizontaux des conducteurs à -5°C et sans vent, cette résultante étant considérée comme l'effort permanent maximal que le poteau peut avoir à subir.

Cette dernière condition évite au poteau en bois, toute question de sécurité mise à part, de prendre une flèche excessive. Elle n'est à vérifier que lorsque le poteau subit, de la part des conducteurs, des efforts de traction dissymétriques par rapport à l'axe du support.

Le tableau 3 indique les efforts F et P des poteaux en bois simples et assemblés. En entretien BT, les supports de 10 mètres classe C seront utilisés.

Tout comme les supports béton en fonction de l'armement mis en place, on tiendra compte du coefficient η .

TABLEAU 3

Efforts disponibles (en daN) des poteaux en bois

Poteaux simples (S)	Désignation	S/C (BT 9 mètres)	S/D(MT 12 mètres)
		F (daN)	115
	P (daN)	45	75
Poteaux jumelés (J)	Désignation	J/C	J/D
	F (daN)	345	575
	P (daN)	135	225
Poteaux contrefichés (X, Y ou Z)	Désignation	X/C	Y/C
	F (daN)	300	560
	P (daN)	300	560

Désignation des supports

Indicatif composé de lettres en deux groupes par une barre inclinée, indiquant :

- le premier : le type de support (S : simple - J : jumelé - X, Y ou Z : contrefiché - H : haubané)
- le second : la classe du poteau (deux poteaux constituant un support jumelé ou contrefiché sont nécessairement de la même classe).

Abréviations

F : effort nominal reporté à 25 cm au-dessous du sommet, avec un facteur de sécurité égal à 3.

P : effort de déformation permanente reporté à 25 cm au-dessous du sommet.

Les supports assemblés en chevrons "A", en portique ou haubané, feront l'objet de calculs particuliers approuvés par l'O.N.E.E-Branche électricité.

1.2.3 Potelets

Sous cette appellation, on désigne les ferrures murales comportant une hampe. Leur emploi n'est autorisé que sur les lignes à basse tension.

Les potelets ne peuvent être prévus que sur les parties d'immeubles qui le permettent par leur nature, leur stabilité, leur solidité, leur épaisseur,...

Les hampes des potelets sont constituées par des tubes ronds galvanisés TP 53-3, 25, TP 70-3, 25 et TP 70-5 conformes aux règles en vigueur. Ils sont fixés au mur à l'aide de bras à scellement conformes aux règles en vigueur.

Les efforts disponibles en tête des hampes sont donnés par le tableau 4 établi pour un écartement de 0,90 m des deux bras de scellement.

TABLEAU 4

Efforts disponibles (en daN) en tête des hampes de potelets

HAUTEUR TOTALE (en mètres)	Tube utilisé		
	TP 55-3, 25	TP 70-3, 25	TP 70-5
2	206	338	510
4	73,5	120	181

Lorsque l'on a besoin d'efforts plus importants, le potelet est muni de ferrures de renforcement de bras FS, de jambes de force JF ou JA ou de haubans fixés par des crochets CR conformes aux règles en vigueur.

L'entrepreneur doit laisser au-dessus du scellement supérieur une hauteur de construction au moins égale à 0,50 m. Si le scellement est effectué à proximité d'un angle ou de l'extrémité d'un mur, il devra en être distant d'au moins 0,25 m.

Les bras de scellement doivent être légèrement inclinés afin d'éviter les coulées d'eau sur les murs.

Les scellements doivent être exécutés avec le plus grand soin, en recherchant le maximum de solidité et le minimum de dégradations aux murs de soutien. Les trous de scellement doivent être aussi réduits que possible et les raccords exécutés en harmonie avec la nature de la construction.

L'emploi de tout autre type de potelet sera défini par l'O.N.E.E-Branche électricité.

1.2.4 Pylônes et poutrelles métalliques

Les pylônes de dimensions et efforts courants seront conformes aux plans n° 130 AR - 131 AR - 132 AR - 133 AR 1 et 133 AR 2 standard O.N.E.E-Branche électricité.

a) *Qualité des aciers*

Les aciers employés dans la construction des pylônes et poutrelles métalliques, y compris les boulons, doivent être en principe de la nuance E 24 ou E 26.

b) *Constitution des pylônes*

La constitution des pylônes métalliques est réalisée suivant les règles de l'art. Avant la construction, l'entrepreneur soumet pour accord à l'O.N.E.E-Branche électricité les dessins d'exécution avec les notes de calcul des pylônes non prévus sur les plans types O.N.E.E-Branche électricité.

Les opérations de traçage et perçage sont exécutées d'une manière précise. Les bavures des trous sont enlevées. Sauf dérogation accordée par l'O.N.E.E-Branche électricité, les treillis sont assemblés aux montants par boulons. Le brochage est interdit.

Les assemblages des différents tronçons s'effectuent au choix de l'entrepreneur avec l'accord de l'O.N.E.E-Branche électricité, soit par emboîtement (l'angle des cornières intérieures étant arrondi) soit par couvre-joints (dans ce cas la cornière à assembler peut être avantageusement placée entre une cornière plus petite et un fer plat, les boulons d'assemblage travaillant à double section).

Chaque montant est alors fixé par un nombre minimal de quatre boulons, conformes aux règles en vigueur, soit deux par face de cornière. La distance entre les axes des boulons de chaque face doit être au moins égale à quatre fois le diamètre du perçage. La distance entre l'axe des derniers trous et l'extrémité de la barre étant comprise entre 1,5 fois et 2,5 fois le diamètre du trou.

Les trous doivent avoir un diamètre au plus égal à celui des boulons, augmenté de :

- 1 mm pour les boulons d'un diamètre d inférieur ou égal à 11 mm
- 2 mm pour les boulons d'un diamètre d compris entre 11 mm et (inférieur ou égal à) 22 mm
- 3 mm pour les boulons d'un diamètre d supérieur à 22 mm

Les diamètres des boulons à employer, correspondant à la plus petite des cornières à assembler, sont donnés par le tableau 5.

TABLEAU 5

Diamètres des boulons pour assemblage des cornières de pylône

DIMENSIONS DES CORNIERES (millimètres)	DIAMETRE DES BOULONS AU CHOIX (*) (millimètres)		
	40 et 45	10	12
50	12	14	16
60	14	16	18
70	16	18	20
80 et 90	18	20	22
100 et 120	20	22	24

(*) les valeurs figurant dans l'avant-dernière colonne sont toutefois à préférer.

c) Calculs justificatifs des supports métalliques

Les calculs justificatifs comportent la vérification des différents éléments constitutifs des pylônes métalliques par les procédés ordinaires de calcul de la résistance des matériaux.

Dans le calcul des pièces, on tient compte :

- pour les éléments travaillant à l'extension, de la section nette des fers, déduction faite des trous de boulons.
- pour les éléments travaillant à la compression, du flambement calculé par la formule suivante :

$$R = \frac{F}{S} \left(1 + 0.00011 \frac{\lambda^2}{m} \right)$$

$$\text{avec } \lambda = \frac{l}{r}$$

R = contrainte de la pièce, en hectobars

F = effort auquel est soumis l'élément, en décanewtons

S = section brute de l'élément, en millimètres carrés

L = longueur libre (distance entre deux points d'attache des croisillons d'une même face), en millimètres

m = facteur dont les valeurs sont définies comme suit :

- | | |
|---|-------|
| - treillis ou diagonales fixés par un seul boulon | m = 1 |
| - treillis ou diagonales fixés par deux boulons ou soudés | m = 2 |
| - membrures des poutres et consoles | m = 2 |
| - membrures de fût : si λ inférieur à 110 | m = 4 |
| si λ compris entre 110 et 130 | m = 3 |
| si λ compris entre 130 et 160 | m = 2 |

Les dispositions constructives ne devront pas entraîner une valeur de λ supérieure à 160.

λ = élancement, c'est-à-dire rapport de la longueur L de la barre à son rayon de giration pris suivant l'axe perpendiculaire au plan dans lequel peut se produire le flambement

r = rayon de giration, en millimètres, donné dans les tables ou calculé par la formule :
 $r = I / S$

L = moment quadratique de la section exprimé en millimètres puissance quatre, par rapport à une droite de son plan passant par son centre de gravité ; le choix de cette droite est déterminé d'après les conditions de travail de la barre considérée.

Les efforts à prendre en considération dans ces calculs sont :

- l'effort horizontal correspondant à la traction maximale des conducteurs
- l'effort dû au vent sur les conducteurs et éventuellement sur le manchon de givre les entourant
- l'effort dû au vent sur les isolateurs et l'armement
- l'effort vertical dû à la masse des isolateurs et des ferrures
- l'effort vertical dû à la masse de la partie du support située au-dessus de la section soumise à la vérification.

Indépendamment des charges mécaniques calculées, toute ferrure susceptible d'être utilisée pour l'ascension du pylône doit pouvoir supporter sans déformation permanente une charge de 100 daN en son milieu, dans l'hypothèse "+ 25°C, sans vent".

En l'absence de tout autre effort appliqué, les pylônes d'alignement doivent pouvoir supporter, dans le sens perpendiculaire à la direction de l'effort de service, un effort au moins égal à 0,35 fois l'effort de service.

Les calculs doivent permettre de vérifier qu'aucun élément ne dépasse les taux réglementaires de fatigue lorsque l'ouvrage est soumis aux efforts maximaux qu'il est susceptible d'avoir à supporter. Quels que soient les résultats des calculs, on ne doit adopter aucune dimension inférieure aux dimensions minimales fixées plus haut.

Note : *Il est bien entendu que les pylônes ne doivent être acheminés sur le chantier qu'après pesée contradictoire en atelier en présence d'un représentant de l'O.N.E.E-Branche électricité.*

d) Implantation

Tous les pylônes et poutrelles métalliques sont encastrés dans un massif de fondation en béton sur toute la hauteur de la fouille.

Le béton servant à la confection des massifs de fondation a la même constitution que celui des massifs des poteaux en béton.

La partie inférieure des pylônes est enrobée dans un dé de béton formant pointe de diamant et les angles des cornières ou profilés sont garnis de mortier pour éviter toute stagnation d'eau ; ce dé s'élève à 0,20 m au moins au-dessus de la surface du sol. Les fers sont recouverts par une épaisseur minimale de 0,05 m de béton.

Le massif de fondation de chaque pylône se compose soit d'un seul massif enrobant toute la base du pylône, soit éventuellement de massifs séparés.

Les dimensions des massifs de fondation des pylônes, pour les cas les plus courants, sont données par les tableaux des plans n° **6431 AR** et **5449 standard O.N.E.E-Branche électricité**.

Les cas particuliers feront l'objet d'un calcul spécial qui sera approuvé par l'O.N.E.E-Branche électricité.

e) Protection contre l'oxydation

Toutes les pièces en acier sont soit galvanisées à chaud conformément aux règles en vigueur, soit peintes, suivant la zone géographique où elles sont installées (voir la figure n°1), à savoir :

- **en zone continentale :**

soit en atelier : une couche de peinture glycérophtalique au minimum de plomb à 80% (avec deux couches aux joints).

Après le levage : une couche de peinture bitumineuse aluminium et une couche de peinture bitumineuse noire (ou inversement, si l'O.N.E.E-Branche électricité le demande).

soit en atelier : galvanisation à chaud.

- **en zone maritime, polluée ou en altitude supérieure ou égale à 1 500 m :**

En atelier : galvanisation à chaud.

Après le levage : une couche de peinture bitumineuse noire et une couche de peinture bitumineuse aluminium.

Chaque couche de peinture n'est appliquée qu'après séchage parfait de la couche précédente. Les parties enterrées des pylônes ne seront pas peintes.

Dans tous les cas, les marques, compositions, teintes et conditions d'applications de la peinture seront soumises à l'accord de l'O.N.E.E-Branche électricité.

1.2.5 Hauteur des supports

a) Dispositions communes

La hauteur hors sol des supports est déterminée de telle sorte que dans l'hypothèse de température maximale de la région (admise égale à + 55°C) et sans vent, le conducteur nu le plus bas se trouve à une distance du sol égale ou supérieure à 6 m (hors cas particulier "traversées de voies par exemple"), compte tenu d'un écartement minimal entre conducteurs établi en fonction de la flèche médiane à + 55°C sans vent.

Dans la détermination de la hauteur hors sol des supports, on tiendra compte du paramètre de réglage à + 55°C sans vent et du type d'armement utilisé.

L'écartement minimal entre conducteurs sera calculé à l'aide de la formule suivante :

$$e = \frac{Kc}{150} [\frac{U}{150} + Kz * (f + L)^{1/2}] \quad \text{où :}$$

e = écartement minimal entre conducteurs, en mètres

f = flèche à + 55°C sans vent, en mètres

L = longueur libre de la chaîne, en mètres

U = tension entre phases en kV

Kz = coefficient tenant compte de la zone

= **0,90** dans les zones à vent de la zone 1

= **1** dans les zones à vent fort et les dans la zone 2

Kc = coefficient prenant en compte la disposition des conducteurs
en rigide

= **0,8** pour les armements alternés ou en drapeaux

= **0,7** pour les armements nappe horizontale ou triangle

en suspendu

= **1** pour les armements alternés ou en drapeaux

= **0,8** pour les armements en nappe horizontale, nappe voûte ou en triangle

b) Lignes sur isolateurs rigides

Dans la détermination de la hauteur hors sol des supports, on tiendra compte, d'une part de la flèche de + 55°C sans vent, déterminée à partir de la tension de réglage à + 25°C, fixée par le tableau 10 ou par les tableaux 14 et 15 et d'autre part, du type d'armement utilisé.

1.2.6 Dispositions communes à la mise en œuvre des divers types de supports

L'entrepreneur doit se rendre compte par lui-même de la nature des terrains traversés et, en particulier, des difficultés qui peuvent se rencontrer dans l'exécution des fouilles et des massifs.

Les supports définitivement dressés doivent respecter l'implantation fixée dans l'étude de la ligne et se trouver dans une position correcte par rapport à la résultante des efforts (en principe, en angle, le support doit être orienté suivant la bissectrice).

Les terres doivent être soigneusement damées autour des massifs après achèvement afin d'éviter des tassements ultérieurs. Les terres sont régalingées sur place chaque fois que la nature du terrain le permet. Sinon, les déblais sont évacués par les soins de l'entrepreneur.

Si cela est nécessaire, des murs de soutènement maintiendront la terre autour des massifs, en particulier dans les terrains à forte pente.

1.2.7 Dépose des supports

Les supports déposés seront cassés et les déblais évacués par l'entreprise dans une décharge autorisée.

- terrains cultivés : le support sera déposé en totalité, le massif démoli à une profondeur de 0,50 mètre au dessous du sol
- terrains non cultivés : le support sera coupé à 0,20 mètre au-dessous du sol.

1.2.8 Accessoires de supports

Les supports, quelle que soit leur nature, doivent être munis des accessoires et dispositifs suivants :

1.2.8.1 Numérotage

Tous les supports doivent être numérotés conformément aux prescriptions des dispositions réglementaires en vigueur.

Pour les supports MT, la numérotation sera effectuée conformément au plan **n° 4513 AR standard O.N.E.E-Branche électricité**.

Pour les supports BT, on emploiera :

- pour les poteaux en bois, des plaques en zinc ou en aluminium
- pour les poteaux béton et pylônes métalliques, de la peinture spéciale noire ou rouge (au pochoir)

Dans les zones où des confusions de pylônes ou de lignes sont possibles, les supports doivent être munis d'une plaque identifiant les pylônes et les lignes qu'ils supportent par un dispositif fixé à demeure permettant la mise en place de signaux qui désigneront sans ambiguïté les supports sur lesquels l'ascension est permise en cas de travaux.

1.2.8.2 Dispositif anti-escalade

Lorsque la présence d'alvéoles dans le support permet une ascension par des tiers jusqu'à une distance trop proche des conducteurs nus, un dispositif additionnel empêchant cette escalade devra être mis en place. Ce dispositif situé à une hauteur d'au moins 4 mètres au-dessus du sol, pourra être un feuillard à picot peint en rouge. Les pylônes à treillis doivent être en outre munis d'un dispositif empêchant l'ascension par l'intérieur.

1.2.8.3 Plaques « danger de mort »

Plaque comportant l'indication « Défense absolue de toucher les fils même tombés à terre », suivie en gros caractères des mots DANGER DE MORT.

1.2.8.4 Mise à la terre

Des mises à la terre doivent être établies sur certains supports de ligne dans les cas suivants :

- **pour les lignes à basse tension** : pour le conducteur neutre en un certain nombre de points du réseau (voir article 1.4.1.1.),
- **pour les lignes à moyenne tension** :
 - sur les supports en bois ou en béton équipés d'un appareil d'interruption (interrupteur aérien ou disjoncteur) ou d'un transformateur, la terre des masses ne devra pas excéder 30Ω
 - sur les supports en bois encadrant soit un support d'angle soit les supports d'une traversée si ce ou ces supports encadrés sont métalliques ou en béton
 - sur les supports bois munis de dispositif d'éloignement ou d'accrochage de l'arc
 - sur tous les supports métalliques

La mise à la terre est réalisée normalement.

- **sur les supports en bois ou en béton**
 - soit par un piquet en cuivre (ou en acier cuivré représentant la même résistance à la corrosion) de 3 m de longueur enfoncé verticalement, le sommet du piquet se trouvant à 0,50 m au moins au-dessous du niveau du sol, conformément au plan n° **4815 12.P1 standard O.N.E.E-Branche électricité**.
 - soit par toute autre solution ayant reçu l'accord O.N.E.E-Branche électricité.

Le conducteur de descente est constitué par un conducteur en cuivre nu à minima de 25 mm² de section qui doit être protégé contre les détérioration mécaniques sur une hauteur d'au moins 2,00 m au-dessus du sol et 0,50 m au-dessous. La fixation du conducteur de descente et du dispositif de protection doit être assurée à l'aide de colliers, à l'exclusion de tout autre moyen tel que le tamponnage, clous,...

Toutefois, sur les supports en bois encadrant soit un support d'angle, métallique ou en béton, soit les supports métalliques ou en béton d'une traversée, la mise à la terre de l'armement peut être réalisée à l'aide d'un feuillard d'acier galvanisé de 50 mm² de section minimale, descendant le long du poteau jusqu'à fond de fouille et fixé par des clous galvanisés sans protection mécanique.

- **sur les supports métalliques**
 - par un rond en fer ARM 88 de 50 mm² de section minimale disposé à fond de fouille suivant le contour extérieur du bétonnage.

Ce conducteur traverse librement le massif à sa partie supérieure pour être connecté, par boulonnage, à un montant du support à 0,15 m au-dessus du niveau supérieur du massif.

Pour les supports métalliques, la résistance des terres ne devra pas être inférieure à 100 ohms. Pour les supports sur lesquels sont montés des éclateurs à cornes, les résistances des terres devront être inférieures à 20 ohms. Dans le cas de terrains présentant une résistivité élevée et si les résistances de terre obtenues sont jugées trop élevées par les services de l'O.N.E.E-Branche électricité, (notamment pour les terres des supports équipés d'un appareil d'interruption ou d'un transformateur), il pourra être prescrit d'améliorer la terre en ajoutant des électrodes (piquets ou conducteurs enfouis) au système de terre précédemment décrit.

Quelle que soit la nature du support, le conducteur de descente ne doit comporter aucun dispositif de sectionnement.

1.2.9 Conducteurs nus (nature, fixation et raccords)

Les conducteurs à utiliser sont en cuivre, en alliage d'aluminium ou en almélec-acier. Ils doivent répondre aux règles les concernant respectivement.

1.2.9.1 Lignes sur isolateurs suspendus

a) *En alignement ou angles souples inférieur ou égal à 10 Gr en armement nappe voûte et 30 Gr en drapeau ou quinconce (à condition de vérifier les distances à la masse).*

Les conducteurs sont fixés aux chaînes d'isolateurs et aux isolateurs suspendus par des pinces d'un modèle agréé par l'O.N.E.E-Branche électricité. Ces pinces, à l'exclusion de tout autre modèle (pinces à crochet, auto-verrouilleur ou à suspension par bride à crochet) seront à axe de manille.

Les œillets à rotule et les ball-socket à œillet seront du type allongé de façon à faciliter le travail sous tension et permettre la mise en place éventuelle de cornes d'accrochage d'arc en traversée de voies carrossables, de lignes MT ou BT, de voies ferrées, voies navigables ou lignes PTT.

Seules seront autorisées les articulations par ball-socket verrouillées au moyen d'une goupille dont la mise en place peut facilement être réalisée à distance. L'emploi de ball-socket verrouillées par la manille de la pince d'alignement est interdit.

b) *En ancrage normal*

Les conducteurs seront fixés aux chaînes d'isolateurs ou aux isolateurs :

- pour les câbles en cuivre, au moyen de pinces à serrage mécanique
- pour les conducteurs en alliage d'aluminium, par des pinces à serrage mécanique pour les sections S inférieures ou égales à 54,6 mm² et par des manchons d'ancrage à plage de dérivation à restreindre, comprimée ou étirée, pour les sections supérieures à 54,6 mm²
- pour les câbles hétérogènes (almélec acier), par manchon d'ancrage à restreindre, comprimer, à plage de dérivation pour toutes les sections.

c) *En ancrage sur chaînes ou isolateurs à éclateurs*

Les conducteurs seront fixés par manchons d'ancrage à restreindre, comprimer ou étirer à plage de dérivation.

1.2.9.2 Lignes sur isolateurs rigides

Chaque conducteur est placé sur la gorge latérale de l'isolateur, du côté du support, dans le cas d'un alignement et, dans le cas d'un support d'angles (inférieur ou égal à 20 Gr), de façon que la force de traction du conducteur tende à appliquer celui-ci sur l'isolateur.

On doit utiliser les attaches définies par le tableau 6 en fonction de la nature des conducteurs. L'emploi d'attaches à "archet" est interdit.

TABLEAU 6

Attaches des conducteurs (plan n° 3957 AR standard ONE)

Nature des conducteurs	Cuivre	Alliage aluminium - Almélec - acier
Constitution du fil d'attache, conforme aux spécifications en vigueur	Fil de cuivre recuit de 2,5 mm de diamètre	Fil d'aluminium demi-dur de 3,15 mm de diamètre
Support d'alignement et d'angle	Attache croisée simple	Attache croisée - renforcée bande d'aluminium
Support de traversée où les dispositions réglementaires en vigueur imposent un arrêt des conducteurs	Attache croisée bifilaire	Attache croisée renforcée - bande d'alu ou pince (isolateur à pince)

1.2.9.3 Raccords de jonctions et de dérivation

On doit faire exclusivement usage de raccords répondant aux prescriptions des règles en vigueur les concernant et d'un modèle agréé par l'O.N.E.E-Branche électricité.

Les seuls raccords autorisés sont, quelle que soit la nature du conducteur, par ordre de préférence :

- le manchon rétreint,
- le manchon comprimé.

Les manchons à fils en hélice préformée sont limités aux réparations des conducteurs dont quelques brins sont endommagés ou rompus.

1.2.10 Elagages et abattages d'arbres

Les élagages et abattages (avec dessouchage) sont effectués, après obtention des autorisations nécessaires, en observant les règles de l'art et après entente avec le concessionnaire si des lignes électriques en exploitation se trouvent à proximité des arbres.

Le tracé des lignes doit éviter les arbres ou bouquets d'arbres isolés ayant une valeur esthétique, typique ou signalétique. A la traversée des alignements (haies, allées, routes) et à celle des peuplements massifs (bois, forêts), il convient d'effectuer des abattages ou élagages nécessaires pour que soient respectées les distances prescrites ci-après.

L'ONE prescrira, s'il y a lieu, l'emploi de conducteurs isolés, lequel constitue un des moyens pour limiter l'importance des abattages et élagages à effectuer.

Dans tous les cas, on doit abattre les arbres morts ou en voie de dépérissement susceptibles de tomber sur les lignes.

1.2.10.1 Cas d'arbres élevés dont les branches sont susceptibles de tomber sur les lignes

En l'absence de vent, aucune de ces branches ne doit se trouver entre 2 plans verticaux situés, de part et d'autre de la ligne, à une distance des conducteurs extrêmes de :

- 2 m pour les lignes à basse tension en agglomération
- 3 m pour les lignes à basse tension d'écartés
- 4 m pour les lignes moyennes tension sur isolateurs rigides.
- 5 m pour les lignes moyennes tension sur isolateurs suspendus. A la traversée des peuplements massifs, lorsque la présence d'arbres diminue la pression du vent sur les conducteurs, cette distance peut être réduite à 4,5m.

Pour les lignes établies en conducteurs isolés assemblés en faisceaux, en l'absence de vent, la distance entre les conducteurs et les branches, dans toutes les directions, ne doit pas être inférieure à 2 m pour les lignes basse tension ou à 3 m pour les lignes moyenne tension. Ces distances sont des distances minimales d'exploitation.

Lors de la réalisation de lignes moyenne tension, une distance 7,5 m est à observer pour les lignes à moyenne tension (cette distance devant être largement augmentée dans le cas d'arbres susceptibles d'un grand balancement au vent et pouvant être réduite, sans être inférieure à 4 mètres pour certaines essences à faible balancement). Compte tenu des cas exceptionnels, ces distances pourront être réduites en accord avec le représentant de l'O.N.E.

1.2.10.2 Cas d'arbres de hauteur inférieure à celle des conducteurs (notamment arbres fruitiers)

La distance entre les conducteurs et les branches, dans toutes les directions, ne doit pas être inférieure à 5 m pour la M.T, 3 m pour la B.T. en conducteurs nus et 2 m pour les conducteurs isolés.

1.2.11 Distance minimale des conducteurs au-dessus du sol

Les distances minimales de base sont :

- 5 mètres pour les conducteurs isolés et 4 m sur passage piétonnier ou non carrossable.
- 6 mètres pour les conducteurs nus. Cette distance pouvant être réduite à 5,5 mètres pour les lignes électriques BT et MT, dans la mesure où cette réduction est la conséquence d'une irrégularité du terrain naturel.

La distance minimale de surplomb est calculée à une température de + 55°C.

Le tableau 7 indique les principales distances.

TABLEAU 7
Distances de surplomb en mètres

Nature de l'installation surplombée	MT	BT	
	nu	isolé	nu
Terrain ordinaire	6	4 ou 5 ⁽¹⁾	6
Chemin carrossable faible trafic	8	6	6
Route	8	6	6
Autoroute	8	8	8

¹ 4 m au-dessus des passages non carrossables

1.3 LIGNES AERIENNES A MOYENNE TENSION

1.3.1 Conducteurs

Les lignes à moyenne tension comportent trois conducteurs identiques.
La nature et la section des conducteurs à utiliser sont choisies dans les tableaux 8 et 8 bis.

TABLEAU 8

Nature et section des conducteurs (en construction neuve)

ALLIAGE D'ALUMINIUM			ALMELEC- ACIER		
Section	Composition (nombre de fils et diamètre exprimé en mm)	Résistance électrique à 20°C en ohms	Section	Composition (nombre de fils et diamètre exprimé en mm)	Résistance électrique à 20°C en ohms
34,4	7/2,5	0,958	59,7	acier:7/2 Alu:12/2	0,880
54,6	7/3,15	0,603	147,1	Acier: 7/2,25 Alu: 30/2,25	0,279
75,5	19/2,25	0,438			
148	19/3,15	0,224			

TABLEAU 8 bis

Nature et section des conducteurs (entretien)

CUIVRE			ALUMINIUM ACIER		
Section	Composition (nombre de fils et diamètre exprimé en mm)	Résistance électrique à 20°C en ohms	Section	Composition (nombre de fils et diamètre exprimé en mm)	Résistance électrique à 20°C en ohms
			27,8*	Acier: 1/ 2,25 Alu : 6/ 2,25	1,210
22	7/ 2	0,81	43,1	Acier: 1/ 2,8 Alu : 6/ 3,8	0,780
38,2	19/ 1,6	0,47	80	Acier: 7/ 2,3 Alu : 12/ 2,3	0,605
48,3	19/ 1,8	0,37	116	Acier : 7/ 2 Alu : 30/ 2	0,306
60	19/ 2,24	0,29	147	Acier : 7/ 2,25 Alu: 30/ 2,25	0,243

(*) en entretien abandonné, remplacer par conducteur 43,1 pour permettre TST

58,56 (alumoweld) en zone givrée.

1.3.2 Dispositions réglementaires aux angles et aux traversées

- **Disposition a**

Protection par la mise en place d'un dispositif assurant l'éloignement de l'arc par rapport aux isolateurs et l'accrochage de cet arc. Dans ce cas, les ferrures supportant les isolateurs des poteaux munis de cette disposition et des poteaux adjacents, doivent être mises à la terre lorsque ces supports ne sont pas conducteurs. Ce dispositif peut être remplacé par un éclateur ou un parafoudre, et la mise à la terre des ferrures des supports adjacents n'est pas nécessaire.

- **Disposition b**

Mise en place d'isolateurs présentant des tenues au choc et sous la pluie d'au moins 20% supérieures à celles équipant les supports adjacents. Si les supports munis de ces dispositifs sont conducteurs, les supports qui les encadrent doivent également être conducteurs, sinon les ferrures d'isolateurs doivent être mises à la terre.

En outre, lorsque l'application de la prescription "b" conduit à sur-isoler plus de quatre supports consécutifs, un ou plusieurs de ces sur-isolements sont supprimés et remplacés par des dispositifs visés en "a".

Les pistes carrossables non classées en milieu rural à faible trafic ne font pas l'objet de ces dispositions.

1.3.3 Isolateurs

Les isolateurs à moyenne tension doivent satisfaire aux règles en vigueur les concernant. Ils sont choisis parmi ceux qui figurent dans le tableau 9.

Toutefois :

1. les chaînes d'ancrage munies d'éclateurs seront d'un type à isolement normal et non renforcé
2. dans certains cas particuliers (tels que : atmosphère industrielle trop polluée, région soumise aux embruns maritimes, etc.) où l'expérience acquise le justifie, l'O.N.E.E-Branche électricité prescrira s'il y a lieu l'emploi d'isolateurs de types spéciaux.

TABLEAU 9
Isolateurs pour lignes à moyenne tension 22 kV (X)

TYPE DE SUPPORT	LIGNES SUR ISOLATEURS SUSPENDUS										LIGNE SUR ISOLATEURS RIGIDES	
	ISOLATEURS CAPOT ET TIGE VERRE TREMPE						ISOLATEURS EN MATERIAUX COMPOSITE				ISOLATEURS RIGIDES EN VERRE RECUIT	
	Zone bord de mer et continentale à vandalisme insignifiant						Zone continentale à vandalisme important				Zone urbaine	
	Zone normale isolateurs 24 kV			Zone polluée isolateurs 36 kV			Zone normale isolateurs 24 kV		Zone polluée isolateurs 36 kV		Zone normale isolat. 24 kV	Zone polluée isolat. 36 kV
	Norme 11	Norme 16	N éléments	Norme 11	Norme 16	N éléments	Norme 11	Norme 16	Norme 11	Norme 16		
Alignement normal	CT 175	-	2	CT 175	-	3	ADI 05BBB/N11 ou 22/3(126)375/N11	-	ADI 07BBB/N11 ou 22/4(126)395/N11	-	VHT32ARVI32	VHT36ARVI36
Alignement traversée	CT 175	-	3	CT 175	-	4 ou 3 + cônes	ADI 05BBB/N11 ou 22/3(126)375/N11	-	ADI 07BBB/N11 ou 22/4(126)395/N11	-	VHT32ARVI32	VHT36ARVI36
Angle souple < 10 g	CT 175	-	2	CT 175	-	3	ADI 05BBB/N11 ou 22/3(126)375/N11	-	ADI 07BBB/N11 ou 22/4(126)395/N11	-	VHT32ARVI32	VHT36ARVI36
Angle drapeau ou quiconque < 30 g	CT 175	-	3	CT 175	-	3	ADI 05BBB/N11 ou 22/3(126)375/N11	-	ADI 07BBB/N11 ou 22/4(126)395/N11	-	CT 175	CT 175
Ancrage sans éclateurs	CT 175	CT 255	3	CT 175	CT 255	4	ADI 07BBB/N11 ou 22/4(126)380/N11	ADI 07BBB/N16 ou 22/4(126)380/N16	ADI 09BBB/N11 ou 22/5(126)450/N11	ADI 09BBB/N16 ou 22/5(126)450/N16	CT 175	CT 175
Ancrage avec éclateurs	E 1753 NAO	E 2004 NAO	1	E 1753 NAO	E 2004 NAO	1	-	-	-	-	E 1753 NAO	E 1753 NAO

NOTA : Les zones d'utilisation des isolateurs en verre trempé et en matériau composite, ainsi que les fabricants autorisés, font l'objet de la directive n°6 du 24/03/1997.
La norme de 16 ne doit être envisagée que dans le cas où l'effort de rupture de l'isolateur à la norme de 11 est dépassé, soit pour $F > 1330$ daN par conducteur au coefficient 3.

- (X) Les lignes 30 kV en zone continentale seront équipées avec des isolateurs "capot et tige" comme les lignes 22 kV en zone polluée.
- Les lignes 5,5 kV seront équipées :
- en zone polluée : comme les lignes 22 kV en zone polluée
- en zone continentale : comme les lignes 22 kV en zone continentale.
- (XX) En zone continentale, en norme de 16, on emploiera des éclateurs 2004 NAO.
- (XXX) L'emploi d'isolateurs à isolement renforcé (20%) est limité à quatre supports consécutifs.
- (XXXX) L'emploi en traversée, angles ou lignes mixtes du doublement en série est strictement interdit.

1.3.4 Armements

Les différents types de ferrures à utiliser doivent être conformes aux spécifications en vigueur et sauf cas spéciaux, être choisis dans le tableau 10.

a) Lignes sur isolateurs suspendus

L'armement utilisé, hormis le cas de grandes portées et de grands angles d'arrêts, doit être choisi parmi les types représentés dans le tableau 9.

Les armements ci-dessus définis correspondent au perçage normalisé des poteaux en béton. Dans le cas de l'utilisation des poteaux en bois, l'armement nappe-voûte est fixé par des colliers correspondant aux règles en vigueur.

Dans le cas d'utilisation d'armements spéciaux, l'accord de l'O.N.E.E-Branche électricité devra être obtenu, en particulier dans le cas des lignes givrées ou en bord de mer.

b) Lignes sur isolateurs rigides

L'armement normal est un armement drapeau utilisé en agglomération.

Exceptionnellement et en particulier dans le cas de lignes givrées, il peut être fait emploi d'un armement spécial. La construction de ce type de ligne doit faire l'objet d'une étude particulière.

TABLEAU 10

Ferrures à utiliser pour les lignes à moyenne tension

TYPE	DESIGNATION	REFERENCE	ARMEMENT
1 - LIGNES SUR ISOLATEURS SUSPENDUS			
1. Etriers	D 1,05 m D 1,30 m	Plans 5994 AR et 3967 STR	Drapeau sur fût
2. Traverses et montants	NV	Plans 5994 AR et 3967 STR	Nappe voûte
3. Traverses et montants	H 170	Plans 5994 AR et 3967 STR	Armement horizontal d'ancrage
4. Quinconce	Q 0,65 - 1,30 m	Plan 3967 STR	Alterné
inclinée, et 5. Bras horizontal	D 1,05 - D 1,70 m	Plan 3967 STR	Drapeau
2 - LIGNES SUR ISOLATEURS RIGIDES			
Console de tête ou bras incliné et bras de tête	A 0,63 ou 1,30 m		Quinconce
Bras horizontal	D 1,30 m	Plan 3967 STR	Drapeau

1.3.5 Conditions d'établissement

1.3.5.1 Lignes à isolateurs suspendus

D'une manière générale, les lignes à moyenne tension sont établies sur isolateurs suspendus.

La détermination des caractéristiques des lignes sur isolateurs suspendus est laissée à l'initiative de l'O.N.E.E-Branche électricité qui les choisira rationnellement en fonction des conditions particulières de chaque réseau et afin d'obtenir la solution la plus économique.

Les calculs doivent être établis conformément aux règles de l'art et en tenant compte en particulier de la nécessité d'assurer un effort vertical des conducteurs sur les chaînes, suffisant pour éviter le retournement de ces dernières dans les cas les plus défavorables qui feront l'objet d'un calcul particulier.

a) Condition de pose

Le réglage des conducteurs est déterminé de manière à ce que, dans la plus défavorable des deux hypothèses de température et de vent figurant dans les dispositions réglementaires en vigueur et compte tenu de la portée équivalente du canton de pose, le facteur de sécurité des conducteurs soit toujours égal ou supérieur à 3.

Sauf dispositions contraires précisées par l'O.N.E.E-Branche électricité, les deux hypothèses de température et de vent, servant à déterminer la résistance mécanique des ouvrages en application des dispositions réglementaires en vigueur, sont les suivantes :

- hypothèse A
température de
+ 25°C avec vent de 260 Pascals sur les conducteurs sur le littoral Atlantique
+ 20°C avec vent de 480 Pascals sur les conducteurs dans les autres zones
- hypothèse B
température de
+ 5°C avec vent de 120 Pascals sur les conducteurs sur le littoral Atlantique
- 5°C avec vent de 180 Pascals sur les conducteurs dans les autres zones.

En outre, afin d'éviter les effets des vibrations préjudiciables à la bonne tenue de la ligne, il y a lieu de s'assurer que la force de traction du conducteur, en l'absence de vent et à la température moyenne de la région prise égale à + 25°C en zone 1 et 20°C en zone 2, ne dépasse pas :

- 25% de la charge de rupture pour les conducteurs en cuivre,
- 18% de la charge de rupture pour les conducteurs en alliage d'aluminium sans dispositif antivibratoire,
- 17% de la charge de rupture pour les conducteurs en almélec - acier sans dispositif antivibratoire.

Le paramètre est défini à + 55°C sans vent.

Note : *Il est rappelé que :*

- *la portée équivalente d'un canton de pose égal à $(\sum a^3 / \sum a)^{1/2}$, a étant la portée entre deux supports consécutifs.*
- *le paramètre est le rapport de la force de traction totale du conducteur, dans les conditions de calcul envisagées, au poids de ce conducteur par unité de longueur ou bien, lorsque l'hypothèse comporte une surcharge de vent ou de givre, à l'effort par unité de longueur du conducteur, correspondant à l'action combinée du poids propre et de la surcharge.*

b) Stockage, tirage et réglage des conducteurs

Bien que la dureté superficielle de l'almélec soit nettement supérieure à celle de l'aluminium, il convient d'éviter toute éraflure lors des opérations de transport, stockage, déroulage.

Stockage

Les tourets sont stockés à l'abri de l'humidité. Tout contact ou proximité avec de l'herbe mouillée, fumier ou produit chimique (engrais, produit de traitement à base de cuivre, etc...) est à éviter.

Outillage

Le matériel outillage, et en particulier les poulies, ne doit pas comporter d'angle vif ou de traces de cuivre. Les poulies de déroulage sont en aluminium à gorge profonde, dont le

diamètre à fond de gorge est compris entre 15 et 20 cm pour les câbles jusqu'à 80 mm² et 23 fois celles du diamètre des câbles au-delà de cette section.

Le tirage est effectué au moyen de tendeurs à mâchoires parallèles de longueur suffisante pour ne pas écraser ou détériorer les brins. Les mâchoires doivent être lisses.

Déroutage

Il convient d'être vigilant pour que le frottement du câble sur les joues du touret ne blesse pas le conducteur.

Lors du déroulage, le monteur placé à proximité du touret veille à ce que le câble ne comporte pas de défauts d'aspects. Le déroulage du câble est toujours effectué par le haut du touret. Trois types de déroulages sont possibles :

- Touret mobile sur remorque

Dans ce cas, le câble est posé directement sur le sol au fur et à mesure de l'avancement de la remorque le long de la ligne. Ensuite, les câbles sont soulevés au droit de chaque support et introduits dans les poulies de déroulage à chapes ouvrantes, suspendues aux chaînes d'isolateurs.

- Touret fixe

Ce type de déroulage peut s'effectuer manuellement mais le plus souvent, il est fait usage d'un câble de traction tiré par un treuil à moteur. La câblette en acier est passée dans les poulies du déroulage. L'effort exercé par le treuil permet de tirer la câblette elle-même raccordée au conducteur. Le déroulage peut se faire hors ou sous tension mécanique suivant les obstacles rencontrés. La câblette de déroulage doit avoir un diamètre compris entre 8 et 10 mm² (hors tension) et de 12 à 14 mm² (sous tension mécanique).

- Par hélicoptère

Deux techniques sont possibles. L'une en maintenant le touret à poste fixe, ce qui permet l'entraînement du câble par l'hélicoptère, l'autre par touret embarqué avec dépose du conducteur.

Réglage

Pour chaque canton, le réglage est effectué à partir des tensions de pose, en l'absence du vent. La mesure de la température est effectuée à partir d'un thermomètre suspendu à une hauteur de 2 m au minimum. Dans le cas d'exposition au soleil, le réservoir de thermomètre est entouré d'une feuille d'aluminium ou de brins d'aluminium à spires jointives.

La mesure peut être directement faite sur le conducteur à partir de capteur. Pour réduire les erreurs, le réglage s'effectue si possible sur une portée parmi les plus longues. Une lunette montée sur un support orientable est fixée sur un des deux supports encadrant la portée à une distance des chaînes égale à celle de la flèche. Sur l'autre support, un repère est fixé à une distance du point de fixation des chaînes à la valeur de la flèche, dans les conditions de la température ambiante.

Le contrôle a posteriori peut être assuré par la méthode de la nivellete ou par la méthode des impulsions, qui consiste à mesurer la vitesse de propagation d'une onde provoquée par un choc en extrémité de portée.

La flèche est alors donnée par la relation :

$f_m = 0,31 t^2$ pour l'almélec

$f_m = 0,37 t^2$ pour l'aluminium-acier ou almélec-acier

f = exprimée en mètres

t = temps exprimé en secondes

c) **Choix des ferrures**

Le choix des ferrures est effectué du double point de vue de leur résistance mécanique et des distances à la masse.

Leur résistance mécanique est déterminée dans les deux hypothèses A et B (voir paragraphe a) de ce même article.

Les distances à la masse doivent être au moins égales aux valeurs suivantes :

- 25 cm à + 25°C sans vent sur le littoral Atlantique (zone 1),
à + 20°C sans vent dans les autres zones (zone 2)
- 15 cm à + 25°C avec vent horizontal exerçant sur la section longitudinale des pièces à section circulaire une pression de 240 Pascals pour la zone 1 (littoral Atlantique), et à + 20°C avec vent horizontal exerçant sur la section longitudinale des pièces à section circulaire une pression de 240 Pascals "dans les autres zones".

Dans le cas particulier des zones localisées exposées à des vents très violents ou à des vents ascendants, l'O.N.E.E-Branche électricité pourra prescrire que les distances minimales de 15 cm en 22 kV soient respectées à +25°C avec vent horizontal exerçant sur la section longitudinale des pièces à section circulaire une pression de 360 Pascals.

Pour le calcul du retournement des chaînes d'isolateurs, on vérifiera en outre que la charge verticale appliquée en extrémité de chaîne est strictement positive. Le calcul s'effectuera aux conditions de température d'hiver augmentées de - 10 °C pour un vent de 120 Pascals en zone 1 et 180 en zone 2.

Les angles souples sur chaînes simples d'isolateurs inclinées ne sont autorisés que si l'angle de piquetage ne dépasse pas 30 grades en rigide et 10 grades en suspendu, et seulement dans les trois cas suivants :

- si le conducteur qui contourne le support se trouve à - 0°C sans vent, à une distance minimale de 1 m de toutes les parties du support,
- à titre exceptionnel, si le support est armé en drapeau et se trouve à l'extérieur de l'angle formé par les conducteurs.

Aucune limitation de l'angle d'inclinaison des chaînes n'est imposée pour les conducteurs et, en vue de respecter les distances à la masse, il pourra être fait usage d'étriers longs pourvus d'un arrêtoir empêchant la remontée de la chaîne.

Il est interdit dans tous les cas d'employer des isolateurs rigides de type à attaches pour le maintien ou le renvoi de conducteurs.

Les herse d'alignement ou d'ancrage des portiques d'alignement, d'angle ou d'arrêt seront conformes au plan de principe n° 5524 (441 G) standard O.N.E.E-Branche électricité et feront l'objet de calculs particuliers qui seront soumis à l'approbation de l'O.N.E.E-Branche électricité.

d) Dispositions particulières aux ancrages sur les postes avec éclateurs

Les ancrages sur les postes maçonnés hauts, sur les postes sur poteau et sur les poteaux aéro-souterrains des postes maçonnés bas seront effectués avec les trois conducteurs dans un même plan horizontal et dépassant d'au moins 7 cm la partie la plus saillante de la surface de fixation et à l'aide de rallonges RL normalisées de 30 cm (conformes aux plans n° 4181 (468 GR) - 6398 AR et 7010 AR standard O.N.E.E-Branche électricité), placées entre les étriers et les chaînes d'ancrage à éclateurs.

e) Ancrage sur un interrupteur aérien (IACM, IACT, IAT)

Il est interdit d'ancrer une ligne directement sur le châssis d'un interrupteur. Cet ancrage se fera sur une herse indépendante, conforme aux plans n° 6241.487 M et 7885 AR standard O.N.E.E-Branche électricité, placée à 0,80 m en-dessous de l'appareil de coupure et reliée à la terre des masses.

Dans le cas d'utilisation d'un portique pour l'installation de l'appareil de coupure, ce dernier est placé sur une ferrure située à 2,60 m au-dessous de la herse d'ancrage conformément au plan n° 7885 AR (509 G) standard O.N.E.E-Branche électricité. A 24 kV, cette distance est réduite à 2 m.

Les chaînes d'ancrage seront écartées au moins jusqu'à la verticale du châssis de l'appareil. On utilisera à cet effet deux rallonges de chape de 30 cm en série, par phase, de part et d'autre de l'appareil.

1.3.5.2 Lignes à isolateurs rigides

Les lignes à moyenne tension sur isolateurs rigides ne pourront être réalisées que pour les sections figurant au tableau 11, et essentiellement en agglomération ou en zone particulièrement givable.

TABLEAU 11

Caractéristiques des lignes sur isolateurs rigides.

Conducteurs (section nominale en mm ²)	Tension de pose à 25°C sans vent en daN/mm ²	Portée maximale (mètres)
34,4	2	105
Almélec		
54,6	2,3	120
Almélec - acier	59,7	3,2
		80

a) Tension de réglage

Pour la détermination des conditions d'établissement des lignes sur isolateurs rigides, celles-ci ne devant être, en général, installées qu'en agglomération et dans le cas où ces lignes seraient appelées à être équipées en lignes mixtes, la longueur de leurs portées ne dépassera pas 45 m.

Les conditions de réglages seront analogues à celles des lignes basse tension définies à l'article 1.4 de sorte qu'en aucun cas, aux températures extrêmes et aux hypothèses A et B, les conducteurs MT ne se rapprochent à moins d'un mètre des conducteurs BT.

Note : *Le réglage des conducteurs doit obligatoirement être effectué par mesure de la flèche sur la plus grande portée du tronçon réglé.*

b) Détermination des types de support

Les supports employés seront obligatoirement des poteaux en béton ou bois et exceptionnellement en angles ou arrêt des pylônes métalliques. L'emploi de ces derniers fera l'objet d'un accord particulier de l'O.N.E.E-Branche électricité. Ils seront conformes aux plans **130 AR, 131 AR, 132 AR, 133 AR 1 et 133 AR 2 standard O.N.E.E-Branche électricité.**

Les efforts de supports mixtes seront déterminés en tenant compte que la ligne BT éventuelle sera constituée par un câble torsade normalisé.

L'effort minimum adopté sera de 200 daN, les supports seront calculés en ramenant les efforts BT et MT au point d'application de l'effort nominal du poteau.

1.3.6 Interrupteurs aériens (I.A.C.M.) et interrupteurs à ouverture automatique dans le creux de tension (I.A.C.T.) (Annexes 9-10-11)

Les IACM et IACT doivent être conformes aux normes en vigueur, leurs emplacements seront convenablement dégagés et facilement accessibles.

En règle générale, le support d'un IACM ou d'un IACT aérien doit être un support seul pour les sections inférieures ou égales à 75,5 mm², quelle que soit la nature des conducteurs, conformément au plan n° 6241 - 487 M standard O.N.E.E-Branche électricité.

Pour S supérieur à 75,5 mm², les IACM seront placés sur deux supports assemblés en portique d'ancrage, conformément au plan n° 7885 AR standard O.N.E.E-Branche électricité, les IACT sur un support simple.

Si les supports de l'appareil sont en bois, ils seront assemblés en portique à double chevron en arrêt conformément au plan n° 5836 AR standard O.N.E.E-Branche électricité.

Les IACM à pouvoir de coupure de 31,5 A ou 50 A seront utilisés en tête des dérivations de lignes MT comportant un ou plusieurs postes raccordés en grappe sur une artère principale ou secondaire alimentée par un poste source. Ces IACM ne devront pas être raccordés dans un rayon inférieur à 2 km autour de ce poste source.

Les IACM à pouvoir de coupure de 100 A et courant nominal à la fermeture de 400 A seront employés :

- pour la protection des artères principales et secondaires des lignes MT ou à proximité des "postes sources", dans un rayon de 2 km autour de ceux-ci,
- pour l'emploi sur les artères principales, car leur pouvoir de fermeture correspondant à une puissance de court-circuit de 25kA crête permet de les utiliser à la recherche des défauts sans risque de détérioration de leurs contacts et entretien excessif de ceux-ci.

Ces IACM 100 A peuvent facilement, si la structure du réseau l'exige, être transformés en IACT ou en interrupteurs télécommandés.

Les IACT, si la rentabilité de l'exploitation le justifie, peuvent être installés à l'origine des lignes secondaires et des grappes importantes et si le type de protection des postes sources le permet. La figure n° 2 donne le schéma type d'un départ aérien MT.

L'installation de ces appareils sera faite sur indication de l'O.N.E.E-Branche électricité.

L'ancrage des conducteurs sur les IACM ou IACT sera effectué conformément aux directives de l'article 1.3.5. d).

Leur mise à la terre sera effectuée en reliant le châssis de l'appareil au dispositif de mise à la terre réalisé conformément aux dispositions de l'article 1.2.7. d).

A proximité du pied du support, on aménagera une plate-forme en béton armé d'au moins 7 cm d'épaisseur et de 70 cm de côté ; cette plate-forme, destinée à recevoir le tabouret isolant de l'agent chargé de la manoeuvre de l'interrupteur, doit être convenablement orientée pour la facilité des manoeuvres. L'armature métallique ne doit pas être reliée au circuit de terre.

1.4 LIGNES AÉRIENNES A BASSE TENSION

1.4.1 Dispositions générales

Les conducteurs généralement utilisés sont du type câble préassemblé. L'utilisation des conducteurs nus est réservée à l'entretien ou à des cas particuliers.

1.4.1.1 Définition

1) On distingue dans le présent chapitre deux sortes de lignes à basse tension :

- les lignes d'écart
- les lignes d'agglomérations

Note : *Le choix entre le type de lignes à adopter (lignes d'écart ou lignes d'agglomération) ne peut faire l'objet d'une règle générale, mais doit résulter de la densité des départs de branchements. L'O.N.E.E-Branche électricité doit donner toutes précisions à ce sujet.*

2) Résistance du neutre et des masses

En application des dispositions réglementaires en vigueur, le conducteur neutre du réseau de distribution, éventuellement commun au réseau d'éclairage public, est mis à la terre en plusieurs points :

- à proximité du poste de transformation (transformateur sur support), sur le premier support de chacun des départs aériens basse tension (ou le second support si le premier comporte une sortie aéro-souterraine réalisée par un câble à armature métallique). Dans ce cas, la valeur de la première résistance du neutre devra être inférieure à 10 Ω et 30 Ω pour les suivantes. La valeur de la résistance globale du neutre sera inférieure à 7,5 Ω .
- dans les postes maçonnés, si la résistance des masses est inférieure à 10 Ω , à condition de l'isoler sur une distance minimum de 8 m, cette valeur pouvant être portée à 15 m, lorsque la valeur du coefficient de couplage des terres est supérieure à 15%.
- connecté à la résistance des masses du poste maçonné lorsque la résistance des masses du poste est inférieure à 1 Ω . Dans ce cas, la valeur des autres résistances du neutre devra être inférieure à 10 Ω .

Le neutre des réseaux BT des lignes aériennes doit être mis à la terre en moyenne tous les 500 mètres, de préférence sur les supports d'étoilement et aux extrémités du réseau, et dans les zones où se trouvent des branchements.

3) L'éclairage public sur réseau O.N.E.E-Branche électricité

Les emplacements, les types et les caractéristiques des appareils d'éclairage public et des consoles-supports, leur mode d'alimentation et de commande (interrupteur manuel, horloge, cellule photoélectrique, relais télécommandé) ainsi que les conditions

d'installation sont précisés par l'O.N.E.E-Branche électricité en accord avec les communes.

Les appareils d'éclairage public peuvent être installés sur des supports de ligne à basse tension. Leur protection doit être réalisée à l'aide de fusibles à cartouche placés dans un coffret étanche conformément aux normes en vigueur.

Les appareils d'éclairage public ne peuvent être installés sur des supports de lignes à moyenne tension que dans des cas particuliers. L'ensemble des consoles - appareillage - luminaire et des câbles d'alimentation doit alors être isolé de la masse du support, fixé conformément aux dispositions réglementaires en vigueur (isolée à 6 kV).

Lorsqu'il s'agit d'un EP indépendant du réseau de distribution (candélabre alimenté en réseau souterrain), l'éclairage est du ressort des communes. Dans ce cas, il y a obligation d'installer un coffret de protection et de comptage.

Pour certaines communes qui l'exigent, le coffret EP peut être installé à l'extérieur du poste.

1.4.2 Lignes aériennes à basse tension en conducteurs isolés assemblés en faisceau (Annexe 3)

1.4.2.1 Conducteurs

Les conducteurs de phase doivent être en aluminium et conformes aux spécifications des règles en vigueur.

Sauf dispositions contraires précisées par l'O.N.E.E-Branche électricité, les sections à retenir sont données par le tableau 12.

TABLEAU 12
Composition et caractéristiques physiques des faisceaux conducteurs isolés

COMPOSITION DU FAISCEAU			CARACTERISTIQUES PHYSIQUES APPROXIMATIVES	
Neutre en alliage d'aluminium	Phases en aluminium	Eclairage public, conducteurs en aluminium	Masse du faisceau (kg/km)	Diamètre extérieur du faisceau (a) (mm)
54, 6 mm ²	3 x 35 mm ²	1 x 16 mm ²	670 740	31,5
	3 x 50 mm ² (*)	1 x 16 mm ² ou	800 870	33,5
	3 x 70 mm ²	1 x 16 mm ² ou	1030 1100	38
70 mm ²	3 x 150 mm ²	1 x 16 mm ²	1700 1770	48

(a) Valeur à prendre en compte pour le calcul de l'effort du vent.

(*) Cette section de conducteur n'est plus retenue par l'O.N.E.E-Branche électricité

1.4.2.2 Ferrures et accessoires

Les ferrures doivent être galvanisées à chaud. Les accessoires doivent être conçus de façon à ne pas blesser les conducteurs isolés et doivent présenter une parfaite résistance aux intempéries. Les parties en contact direct avec l'isolant sont en matière synthétique isolante.

Les pinces utilisées ont été calculées pour des efforts à la rupture, soit pour les réseaux façades de 600 daN, pour les réseaux sur supports de sections inférieures ou égales à $3 \times 70 + 1 \times 54,6 + EP$ de 1500 daN et pour les réseaux en $3 \times 150 \text{ m}^2 + 1 \times 70 + EP$ de 2000 daN.

Les ferrures et accessoires de suspension et ancrage seront conformes aux normes en vigueur, aux plans de principe **n° 8519 AR standard** O.N.E.E-Branche électricité et avoir reçu l'agrément de l'O.N.E.E-Branche électricité.

1.4.2.3 Exécution des travaux

Les travaux doivent être réalisés conformément aux dispositions réglementaires en vigueur, compte tenu de la réserve suivante :

- la distance au-dessus ou au-dessous des ouvertures sera au minimum de 0,20 m, à moins que ne soit prévue une protection supplémentaire résistant aux chocs et aux intempéries, ou que les conducteurs ne soient pas séparés de l'ouverture par un balcon ou une partie en saillie de 0,10 m, au moins sur le nu extérieur du mur.
- la hauteur des conducteurs au-dessus du sol est au minimum de 2,00 m, à moins que ne soit prévue une protection supplémentaire résistant aux chocs.
- une distance minimale de 0,05 m sera laissée entre les conducteurs et toute partie métallique extérieure des bâtiments (tuyau de descente, canalisation d'eau, de gaz,...) à moins que ne soit prévue autour des conducteurs une gaine isolante supplémentaire, présentant les mêmes qualités que l'isolation des conducteurs. Cette distance minimale sera évaluée en tenant compte des éventualités de rapprochement en raison des mouvements possibles des conducteurs.
- dans le cas d'un faisceau sur support, il faut respecter une distance minimale de 1 mètre par rapport à la façade ou au balcon, afin de tenir compte du balancement du faisceau.
- les dérivations pour branchements seront isolées, les pièces sous tension n'étant accessibles qu'après démontage.

Suivant le mode de réalisation, on distingue les faisceaux installés sur poteaux (voir article 1.4.3.3.1), les faisceaux posés sur façades (voir article 1.4.3.3.2) et les faisceaux tendus sur façades (voir article 1.4.3.3.3). Chacun de ces deux derniers modes de réalisation peut comporter des traversées de rues ou d'espaces non bâtis (voir article 1.4.2.3.4).

1.4.2.3.1 Faisceaux installés sur poteaux

L'installation d'un faisceau sur poteaux est réalisée à l'aide d'accessoires (pinces d'ancrage et pinces d'alignement) fixés seulement sur le neutre porteur conformément au plan **n° 8510 AR standard** O.N.E.E-Branche électricité.

1.4.2.3.2 Faisceaux posés sur façades

Le tracé des faisceaux est constitué par des tronçons sensiblement horizontaux ou verticaux. Il passe au niveau moyen des points de pénétration des branchements et conforme au plan n° **8552 AR standard O.N.E.E-Branche électricité**.

Dans le but d'assurer le plus de rectitude possible au tracé, les faisceaux des conducteurs sont maintenus par des supports, espacés les uns des autres de 0,50 m environ sur les tronçons horizontaux et de 1 m sur les tronçons verticaux, fixés dans les maçonneries et assurant un écartement de 0,01 m à 0,06 m entre le mur et le faisceau.

1.4.2.3.3 Faisceaux tendus sur façades

Seuls les faisceaux avec conducteurs de phases de 35 et 70 mm² ou 150 mm² ont été retenus. La force maximale dans le neutre porteur ne doit pas être supérieure à 300 daN pour une température de - 5°C en considérant que l'action du vent sur les faisceaux est nulle ; afin d'éviter les flèches disgracieuses, les portées sont en principe limitées à 5 mètres.

Les berceaux assureront un écartement minimal de 0,10 m entre le mur et le faisceau, conformément au plan n°**8552 AR standard O.N.E.E-Branche électricité**. Le tracé est choisi de façon que les branchements soient les plus courts possibles et les contraintes d'esthétique et d'environnement respectées.

1.4.2.3.4 Faisceaux tendus en traversée de rue ou d'espace non bâti

Dans les traversées de rues ou d'espaces non bâtis, le faisceau est tendu entre deux pinces d'ancrage fixées aux façades de part et d'autre de la traversée conformément au plan n° **8552 AR standard O.N.E.E-Branche électricité**.

Les forces de traction de pose sont calculées en fonction de la portée et de l'effort limite admissible sur la façade, ce dernier conditionnant le choix de la valeur de la force de traction maximale admissible dans le neutre porteur. Les deux points de fixation du faisceau de part et d'autre de la traversée sont de préférence situés à la même altitude.

Dans des cas particuliers où l'ancrage des conducteurs à une hauteur suffisante est impossible, on peut traverser les rues ou les espaces non bâtis en aérien sur supports ou en souterrain (câble BT souterrain U 1000 R02V par exemple),

1.4.2.3.5 Mises à la terre

Dans la mesure du possible, il y a lieu de chercher à effectuer les mises à la terre sur des supports. Dans ces conditions, les mises à la terre seront effectuées conformément aux prescriptions des articles 1.2.7. et 1.4.1. Lorsqu'il ne sera pas possible d'effectuer la mise à la terre sur un support, l'O.N.E.E-Branche électricité précisera les conditions dans lesquelles ces mises à la terre pourront être faites sur façades.

1.4.2.4 Réalisation des travaux

Les réseaux posés ou tendus sur façades ne posent pas de problème particulier pour leur réalisation.

1.4.2.4.1 Réseaux sur supports

Les travaux seront réalisés par canton (partie du réseau comprise entre deux ancrages), en respectant le tableau de pose fourni dans l'étude. La température ambiante sera mesurée dans l'ombre d'un support à l'aide d'un thermomètre ou à l'aide d'un appareil muni de capteur.

1.4.2.4.2 Déroulage

Le déroulage du faisceau s'effectue manuellement pour des longueurs ne dépassant pas 100 m et des portées voisines de 50 m. Au-delà, le déroulage est effectué sous tension mécanique, le touret étant disposé côté réglage à une distance de la hauteur du support à minima. Il sera légèrement décallé par rapport à l'axe de la ligne afin d'éviter le frottement du câble sur le support.

Les poulies de déroulage sont fixées au-dessous des pinces de suspension et fixées au moyen de sangles.

En aucun cas, elles ne doivent être fixées sur les pinces elles-mêmes. Une corde de tirage en polyester de 12 mm de diamètre et d'environ 300 m de longueur est passée dans les gorges des poulies et reliée au faisceau torsadé.

La liaison entre la corde et le faisceau est constituée par une chaussette métallique fixée sur la corde, une autre fixée sur le neutre porteur et un émerillon permettant de relier les deux ensembles.

Une chaussette en matériau synthétique recouvre le faisceau pour faciliter le passage du câble torsadé dans les poulies. La remorque porte-touret comporte un freinage mécanique.

La corde est ensuite tirée à partir d'un treuil ou du cabestan électrique généralement installé sur les éleveurs disposés à une distance égale à la hauteur du support.

Le déroulage doit s'effectuer sans à coup et en cas d'efforts exceptionnels, la remorque doit être immobilisée au sol par haubannage avec deux crayons ou fixation au crochet du camion.

Le déroulage du câble est toujours prévu en partie haute du touret. Les ancrages sont réalisés au moyen d'un talon comportant une cravate adaptée aux efforts de 550 daN pour une section inférieure ou égale à $70 \text{ mm}^2 + N + 1 \text{ EP}$ et 750 daN pour le conducteur $150 \text{ mm}^2 + N + 1 \text{ EP}$.

1.4.2.4.3 Réglage

La mesure des efforts de traction est réalisée à l'aide d'un dynamomètre suivant les indications portées dans le dossier d'étude (tableau de pose) et insérée en amont du palan ou au niveau du touret dans un dispositif solidement amarré au sol comportant un dynamomètre, un palan, et une grenouille.

1.4.2.4.4 Mise sur pinces de suspension

La mise sur pince d'alignement du neutre s'effectue manuellement.

1.4.3 Lignes aériennes à basse tension en conducteurs nus

1.4.3.1 Conducteurs

Les lignes à basse tension comportent trois conducteurs de phase identiques et un conducteur neutre, dont la nature et les sections sont choisies d'après le tableau 13.

TABLEAU 13

Conducteurs nus pour lignes à basse tension

CUIVRE Section (mm ²)		RESISTANCE ELECTRIQUE LINEIQUE à 20°C (ohms/km)	
Phase	Neutre	Phase	Neutre
12, 57 (*)	12, 57 (*)	1, 40	1, 40
22	12, 57	0, 80	1, 40
38,2	22	0,46	0,80
48,3	38,2	0,36	0,46
60	48,3	0,31	0,36

(*) Conducteur de 40/10 mm de diamètre

En agglomération, lorsqu'il est prévu un réseau rural d'éclairage public, celui-ci est alimenté par un conducteur supplémentaire, de même nature que ceux de la ligne, d'au moins 12,57 mm² et placé entre le conducteur neutre et celui de la première phase.

Dans le cas d'une ligne existante, poser un câble EP (2 fils) isolé.

1.4.3.2 Isolateurs

Les isolateurs à basse tension doivent être conformes aux règles en vigueur.

Ils seront choisis parmi les modèles fixés par le tableau 14, en fonction de leur utilisation. En ligne, aux dérivations ou aux départs de branchements, ce choix s'effectue d'après le diamètre des consoles, aux arrêts ou aux angles importants, il s'effectue en fonction de l'effort exercé par les conducteurs.

Les isolateurs destinés à être montés sur des consoles seront vissés sur celles-ci par l'intermédiaire d'une douille solidaire de l'isolateur et conforme aux prescriptions des règles en vigueur.

TABLEAU 14

Isolateurs pour lignes à basse tension

UTILISATION	FERRURES	ISOLATEURS		
		VERRE	DOUILLES (renseignements donnés à titre indicatif)	Charge de rupture (daN)
		Modèle		
En alignement	Consoles diamètre 18	DC 3	DF 18-40	(n'a pas à être pris en considération du fait que les isolateurs sont choisis en fonction du diamètre des ferrures)
	Consoles diamètre 20	DC 4	DF 20-40	
Angles et arrêts	ES - ES 1	A 21	-	700
	ES - ED 1	A 22		1 350

1.4.3.3 Ferrures

Les différents types de ferrures à utiliser doivent être galvanisés à chaud après usinage ; ils seront conformes aux spécifications en vigueur et précisés par le plan n° 3410 AR standard O.N.E.E-Branche électricité.

1.4.3.4 Armements

Les armements à utiliser sont mentionnés dans le tableau 15.

1) Lignes d'écart

L'armement normal est un armement alterné à quatre conducteurs. Cependant, dans le cas de supports comportant des conducteurs de 1ère et de 2ème catégories, l'armement basse tension est toujours un armement drapeau.

Afin de diminuer les risques de contact entre conducteurs, on utilise des consoles courtes de 100 mm de saillie et des consoles longues de 250 mm de saillie disposées alternativement du même côté du support (figure n° 3).

Les écartements entre consoles ont été fixés en fonction du perçage normalisé des poteaux en béton.

Exceptionnellement, et pour éviter les obstacles latéraux, il peut être fait emploi, pour des portées n'excédant pas 75 m, d'armement drapeau EDS 35 (figure n° 4). L'armement EDD 35 (figure n° 5) utilisant des consoles alternativement courtes et longues peut être utilisé dans des régions soumises au givre.

2) Lignes d'agglomérations

L'armement normal est un armement drapeau à cinq conducteurs AD 35 (figure n° 6).

Les ferrures utilisées sont des consoles courtes conformes au plan n° 3410 AR standard O.N.E.E-Branche électricité.

Dans le cas d'utilisation d'armements spéciaux, l'accord de l'O.N.E.E-Branche électricité devra être obtenu.

TABLEAU 15

Conducteurs et armements pour les lignes BT nues

Types de lignes	Types de conducteurs	Types d'armements
Lignes d'écart	CUIVRE: 3 * 19,63 = 1 * 19,63 3 * 29,63 + 1 * 29,63 3 * 38,2 + 1 * 29,63 3 * 48,3 + 1 * 38,2	A 35 ou A 42 exceptionnellement EDS 35 ou EDD 35
Lignes d'agglomération	CUIVRE: 3 * 19,63 = 1 * 19,63 3 * 29,63 + 1 * 29,63 3 * 38,2 + 1 * 29,63 3 * 48,3 + 1 * 38,2	AD 35

1.4.3.5 Conditions d'établissement

a) Tension de réglage

Pour les lignes d'écart et d'agglomération, la tension de réglage, fixée par hypothèse à 25°C ou 20°C sans vent, suivant les zones 1 et 2, est à déterminer en fonction de la hauteur des supports, de la longueur de la portée, en tenant compte d'éventuels obstacles.

b) Détermination des types de supports

Les efforts nominaux des supports de lignes d'écart sont déterminés par application de la formule :

$$F = 2 T' \sin \frac{a}{2} + V \cos^2 \frac{a}{2}$$

dans laquelle :

F est l'effort nominal du support.

T' est la force de traction totale maximale de l'ensemble des conducteurs pour la portée considérée, force reportée à 0,25 m au-dessous du sommet.

V est l'effort total du vent sur l'ensemble des conducteurs pour la portée considérée, reporté à 0,25 m au-dessous du sommet.

a est l'angle de piquetage.

Pour les supports en bois, il a de plus été tenu compte de l'effort précisé au paragraphe c) de l'article 1.2.2. par application de la formule :

$$P = 2 T' \sin \frac{a}{2}$$

où **T'** est la force de traction totale à - 5°C sans vent de l'ensemble des conducteurs pour la portée considérée, force reportée à 0,25 m au-dessous du sommet.

1.4.3.6 Supports d'étoilement

Les supports d'étoilement, sur lesquels sont fixées au moins trois lignes dont les efforts de traction se compensent au moins en partie, sont déterminés tant en efforts nominaux qu'en orientation, en prenant comme effort les deux tiers de la résultante géométrique des différents efforts maximaux appliqués, et en superposant les conducteurs de chaque ligne soumis simultanément à leurs tensions maximales, les efforts correspondants étant appliqués dans le sens de cette ligne.

En aucun cas, on n'utilisera de supports d'étoilement d'effort nominal inférieur à 300 daN. Le calcul des supports d'étoilement et d'angle, avec le tracé de la résultante et l'orientation des supports sera porté sur le plan de piquetage qui sera soumis à l'approbation de l'O.N.E.E-Branche électricité avant le commencement des travaux.

Dans le seul cas où l'effort de traction des conducteurs d'un branchement tend à augmenter la résultante des efforts appliqués au support, il est tenu compte, pour le choix des supports correspondants, d'un effort supplémentaire pris forfaitairement égal à :

- 25 daN pour un branchement ou 40 daN pour plusieurs branchements 2 conducteurs.
- 40 daN pour un branchement ou 60 daN pour plusieurs branchements 4 conducteurs..

La moitié de cette valeur étant considérée comme un effort de déformation permanente dans le cas des poteaux en bois (voir article 1.4.2).

Tous les branchements neufs sont réalisés en conducteur isolés torsadés autoporteurs.

1.5 LIGNES AERIENNES MOYENNE TENSION EN CONDUCTEUR ISOLE ASSEMBLE EN FAISCEAU

1.5.1 Structure du réseau

La longueur des portées ne doit pas excéder 50 mètres, sauf cas spéciaux traités alors différemment.

Le raccordement d'un câble MT à une ligne aérienne en conducteurs nus constitue un point particulier du réseau et doit permettre :

- l'ouverture du réseau par enlèvement des ponts en conducteurs nus hors ou sous tension.
- la mise à la terre et en court circuit de l'extrémité du câble, après déconnexion de la partie aérienne, pour effectuer des travaux sur le câble lui-même, ou sur des installations qu'il alimente.
- les travaux hors ou sous tension sur la partie BT de ces supports lorsqu'ils sont mixtes, la ligne MT restant sous tension.

Ces lignes feront l'objet d'une étude particulière, en accord avec l'O.N.E.E-Branche électricité. En principe, elles seront employées en zone fortement givrable et en traversée de forêt.

Le raccordement d'un poste sur poteau nécessite impérativement en amont de celui-ci deux portées en conducteurs nus, afin de permettre les mises en court-circuit et à la terre du réseau, à l'occasion d'une consignation.

Le raccordement d'un poste maçonné est possible dans la mesure où ce dernier comporte une possibilité de mise en court-circuit et à la terre, à moins que cette dérivation soit d'une longueur inférieure à environ 200 m ; c'est à dire que la mise à la terre et en court-circuit reste contrôlable du poste MT/BT lors de l'intervention.

1.5.2 Nature et section des conducteurs

Le câble torsadé est identique au câble souterrain HN 33 S 23, à l'exception de la câblette de terre qui est remplacée par un câble porteur isolé en acier de section 50 mm².

TYPES DE FAISCEAUX	3 * 50 ² alu + 1 * 50 ² acier	3 * 95 ² alu + 1 * 50 ² acier	3 * 150 ² alu + 1 * 50 ² acier
φ apparent moyen (mm)	70	80	90
Masse moyenne (kg/m)	3,2	4	4,9
Effort du au vent à 480 Pa (daN/m)	3,36	3,84	4,32
Intensité admissible en A	190	280	380

1.5.3 Intensités maximales de court-circuit

L'isolement PR des conducteurs autorise une température de 250°C en cas de court-circuit, et 90°C en régime normal d'utilisation.

Les valeurs dans les différents cas sont données par le tableau ci-dessous.

Intensité de court-circuit en kA						
Section	Câble 20°C		Câble 30°C		Câble 90°C	
	0,5 sec.	1 sec.	0,5 sec.	1 sec.	0,5 sec.	1 sec.
50	7,8	5,5	7,6	5,3	6,2	4,3
95	15,6	11,0	15,2	10,6	12,2	8,6
150	24,2	17,1	23,4	16,5	19,0	13,4

Le temps de 0,5 sec. correspond au réglage des protections des départs, et celui de 1 sec. est légèrement supérieur à celui des arrivées « jeu de barres ».

1.5.4 Durées maximales de court-circuit admissibles en secondes

Section	Câble 20°C		Câble 30°C		Câble 90°C	
	8 kA	12,5 kA	8 kA	12,5 kA	8 kA	12,5 kA
50	0,5	0,2	0,4	0,2	0,3	0,1
95	1,9	0,8	1,8	0,7	1,2	0,5
150	4,6	1,9	4,2	1,7	2,8	1,1

Si les sections de 95 et 150 mm² supportent des durées de court-circuit nettement supérieures aux temps de fonctionnement des protections ; les sections 50 mm² par contre, ne supportent pas des puissances de court-circuit élevées. Elles doivent être installées à une distance compatible avec la performance du câble, en tenant compte des valeurs de l'impédance amont, de celle du transformateur HT/MT et de celle du réseau M.T. situé en amont du lieu du défaut.

1.5.5 Dispositions constructives

1.5.5.1 Distances au-dessus du sol

- hauteur au-dessus du sol en terrain normal 5 m
- hauteur au-dessus des voies publiques 8 m
- hauteur aux traversées de routes et autoroutes 8 m dans leurs parties ouvertes à la circulation

1.5.5.2 Voisinage des bâtiments et des arbres

- distance minimale des bâtiments : 1 m
- distance minimale des arbres : 1 m. Cette distance doit éviter les contacts des câbles avec les constructions ou arbres à proximité. Si tel n'est pas le cas, il y aura lieu de majorer ces valeurs afin d'éviter la détérioration des câbles par abrasion.
- distance au voisinage d'autres ouvrages (téléphériques, etc...) : il y a lieu de se reporter à l'Arrêté Technique en vigueur.

1.5.5.3 Lignes mixtes MT/BT

Lorsque la ligne M.T. isolée est placée sur le même support qu'un départ B.T. torsadé, il y a lieu de prévoir :

- une tenue diélectrique de ligne B.T à 6 kV,
- soit une tenue diélectrique de la ligne M.T. de 6 kV,
- soit un support non conducteur (bois par exemple).

1.5.5.4 Ligne mixte M.T. en conducteurs nus avec une ligne M.T. en conducteur isolé

Les conducteurs nus sont placés au-dessus des conducteurs isolés et la distance minimale de 1 m devra être respectée entre les conducteurs des deux lignes.

1.5.5.5 Ligne mixte ne comportant que des conducteurs isolés

Dans le même plan horizontal, il y a lieu de prévoir une distance évitant les contacts entre les deux câbles. S'ils sont placés dans le même plan vertical, la distance minimale est de 50 cm entre les conducteurs au niveau du support.

1.5.6 Matériels utilisés

1.5.6.1 Matériels de connexion

Jonctions

Les raccords de jonction des conducteurs de phases sont à poinçonner type RJA. Les raccords d'extrémité sont des cosses du type C.A entièrement en aluminium utilisables à l'extérieur et de type C.AU dont le fût est en aluminium et la plage en cuivre, et de ce fait ne sont utilisables qu'à l'intérieur.

Connecteur de mise à la terre

Les mises à la terre du poteau et les liaisons des porteurs aux ancrages de part et d'autre du support sont réalisées au moyen d'un câble isolé U 1000 R 2 V de section de 25 mm² et raccordées aux connecteurs BT CPB1/CT 70.

1.5.6.2 Extrémités de réseau

Les extrémités sont du type simplifié, ou des prises de courant de type EUI 1, EUEN 1 ou EUEP 1. Les cosses à poinçonner Alu/Aluminium ou Alu/cuivre sont de type C.A ou CAU. Les prises de courant de type PME en équerre ou PMD droite sont toujours mises en oeuvre avec des embouts à poinçonner Alu/Cuivre. Elles doivent être adaptées aux sections.

1.5.6.3 Jonctions des câbles

Elles sont du type à reconstitution d'isolant par rubannage et injection de résine polymérisable à froid ou préfabriqué. Elles peuvent être unipolaires ou tripolaires au niveau des supports, mais exclusivement unipolaires en pleine portée.

1.5.6.4 Ensembles de suspension ES-50-25

Ils comportent une console de 25 cm d'avancée, une liaison assurant la mobilité transversale et longitudinale, et une pince de suspension ne prenant que le porteur isolé. Leur tenue diélectrique est de 6 kV/minute à fréquence industrielle.

1.5.6.5 Ensembles d'ancrage E.A. 50-10

Ils se composent d'une console d'avancée de 10 cm, d'un tendeur à lanterne et d'un manchon d'ancrage du porteur de capacité 50 mm² recouvert d'un isolant de tenue 6 kV/minute à fréquence 50 Hz. Le manchon doit assurer l'étanchéité totale du porteur.

A environ 30 cm des pièces de suspension, des colliers de nature isolante sont à prévoir afin d'éviter le détournage des câbles.

1.5.6.6 Ferrures diverses

Des ferrures existent pour permettre le raccordement des câbles isolés des conducteurs nus ou pour supporter les jonctions au niveau des supports.

1.5.6.7 Utilisation du câble aérien en souterrain

Si le câble aérien dessert un poste souterrain situé à moins de 200 ou 300 mètres, il peut être enterré directement. Dans les autres cas, il convient de jonctionner le câble aérien avec un câble souterrain.

1.5.7 Réalisation des travaux

Le déroulage des câbles M.T. nécessite de prendre des précautions préconisées pour tous les câbles secs. En particulier, les blessures des gaines sont à éviter.

Le rayon de courbure minimal ne doit pas être inférieur à 16 fois le diamètre d'un conducteur de phase, et la température de déroulage ne doit pas être inférieure à 5°C.

La câblette de tirage est raccordée au porteur non dénudé par une chaussette de tirage. Elle englobe l'ensemble des conducteurs de phase et le porteur, afin de faciliter le déroulage dans les poulies.

Le tirage se pratique sous tension mécanique pour que le faisceau ne traîne pas sur le sol.

Le réglage des conducteurs est effectué à partir de la méthode de la nivelette utilisée pour les conducteurs nus.

1.6 CANALISATIONS AERIENNES COMPORTANT SUR LES MEMES SUPPORTS, DES CONDUCTEURS MT ET BT

Il peut parfois paraître avantageux, tant au point de vue du tracé du réseau que des frais d'établissement, d'établir sur supports communs des tronçons limités de lignes à moyenne tension et de lignes à basse tension, ces dernières pouvant être réalisées en conducteurs isolés, ou exceptionnellement en conducteurs nus.

Tous les supports d'une ligne mixte doivent supporter simultanément les conducteurs à moyenne tension et les conducteurs à basse tension. En conséquence, les portées sont limitées par les valeurs fixées pour les lignes à basse tension, soit 45 m.

Les conditions de calcul sont définies au chapitre 1.3.5.2 (a).

Les appareils d'éclairage public ne peuvent pas être installés sur des supports de lignes à moyenne tension.

Pour résoudre des cas particuliers, les foyers EP peuvent être installés sur des lignes comportant des conducteurs MT, sous réserve que les matériels d'éclairage y compris les boîtiers fusibles, accessoires, soient isolés à 6 kV.

Cette disposition interdit généralement les travaux sur les réseaux EP en maintenant la tension MT en service.

De plus, l'ensemble des dispositions constructives devra avoir reçu l'approbation de l'O.N.E.E-Branche électricité.

Il est recommandé d'employer des faisceaux de câbles isolés préassemblés pour la ligne BT, ce qui réduira sensiblement la hauteur du support mixte.