

GENERALITES

Les réseaux de distribution d'énergie électrique doivent être conçus, réalisés et exploités conformément aux règles contenues dans les principaux ouvrages suivants :

- L'Arrêté Interministériel du 2 Avril 1991 fixant "les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique".
- La norme NF C 11 201 de Septembre 1991 qui traite des "réseaux de distribution publique d'énergie électrique".
- Du Guide Technique de la Distribution d'Electricité (GTDE), édité par le Service Technique de la Direction ELECTRICITÉ DE FRANCE GAZ DE FRANCE SERVICES.

Le présent Recueil tient compte des directives contenues dans les ouvrages cités ci-dessus, mais ne les remplace en aucun cas.

OPTIONS TECHNIQUES FONDAMENTALES

- Fréquence normalisée à 50 Hertz (Hz).
- Tension HTA normalisée à 20 kilos-Volts $\pm 7\%$.
- Tension BT normalisée à 230/400 Volts avec les seuils suivants :

$$\text{- 230 V} \begin{cases} + 6\% \Rightarrow 244 \text{ V} \\ - 10\% \Rightarrow 207 \text{ V} \end{cases}$$

$$\text{- 400 V} \begin{cases} + 6\% \Rightarrow 423 \text{ V} \\ - 10\% \Rightarrow 358 \text{ V} \end{cases}$$

- Chutes de tension maximales

- En HTA rural : $\leq 5\%$
- En HTA urbain : $\leq 2,5\%$
- En BT, réseaux souterrains : $\leq 5\%$
- En BT réseaux aériens : $\leq 11\%$

- Régime du neutre

- En BT : neutre mis directement à la terre.
- En HTA : neutre mis à la terre par l'intermédiaire d'une impédance limitant le courant entre phases et terre, à 300 A sur les réseaux aériens et à 1000 A sur les réseaux souterrains.

RÉGLEMENTATION

AMELIORATION DE LA QUALITE

Dans le cadre de la démarche "Qualité de la fourniture" engagée par la Direction EDF GDF SERVICES, les mesures envisagées visent à améliorer la fiabilité des ouvrages et à réduire les temps de coupure suite à incident.

Les principales options sont les suivantes :

- La longueur développée des départs HTA aériens ne devra pas dépasser 70 km.
- Développer le souterrain en HTA rural au moins pour les ossatures, (en 1995, 50 % des réseaux HTA ruraux devraient être réalisés en souterrain).
- Améliorer la fiabilité des ouvrages.
- Développer l'automatisation des réseaux.
- Privilégier les travaux sous tension.

Les options développées ci-dessus devraient permettre d'atteindre en 1995 les objectifs rassemblés dans le tableau suivant :

| INCIDENTS ANNUELS SUPERIEURS A : | NOMBRE DE CLIENTS AFFECTÉS |
|---|----------------------------|
| - 6 coupures longues | 0 |
| - 30 coupures brèves (réenclenchements lents) | 0 |
| - 70 réenclenchements rapides | 0 |
| - 3 heures de coupure suite à incident | 0 |
| - 4 heures de coupure suite à travaux | 0 |
| - 11 % de chute de tension en BT | 0 |

REALISATION DES MISES A LA TERRE SUR LES RESEAUX MT ET BT

SOMMAIRE

| | |
|---|---------------------|
| - Bibliographie | p : 1.010 / 1 |
| - Emplacement de mise à la terre sur les réseaux de distribution | p : 1.010 / 2 |
| - Valeurs des prises de terre et périodicité des contrôles | |
| Généralités | |
| - Réalisation des prises de terre | p : 1.010 / 4 |
| - Distances à respecter entre prises de terre: zones rurale et péri-urbaine | p : 1.010 / 5 / 6 |
| - Forme des électrodes | p : 1.010 / 7 |
| - Choix des matériels | p : 1.010 / 8 / 9 |
| - Réalisation des mises à la terre sur les supports | p : 1.010 / 10 |
| - Sur les supports métalliques et bois | p : 1.010 / 11 / 12 |
| - Mise à la terre du NEUTRE sur les réseaux BT aériens | p : 1.010 / 13 / 14 |
| - Mise à la terre du NEUTRE sur les réseaux BT souterrains | p : 1.010 / 15 / 16 |
| - Mise à la terre du NEUTRE sur les réseaux (cas particuliers) | p : 1.010 / 17 |
| Mise à la terre des MASSES sur les réseaux MT aériens | |
| - Supports d'IACM | p : 1.010 / 18 |
| - Supports d'IAT | p : 1.010 / 19 |
| - Support de poste H 61 | p : 1.010 / 20 |
| - Support équipé d'une RAS-MT - RAS+BT | p : 1.010 / 21 / 22 |
| - Support pour réseaux MT aériens isolés | p : 1.010 / 23 / 24 |
| - Poste sous capot alimenté par un raccordement aéro-souterrain | p : 1.010 / 25 / 26 |
| - Poste de transformation : en cabine - en immeuble - souterrain | p : 1.010 / 27 / 28 |
| - Poste urbain compact | p : 1010 / 29 |
| - Mesure de la résistance des prises de terre et couplage | p : 1.010 / 30 / 31 |
| - Mesureurs de terre | p : 1.010 / 32 / 33 |

REALISATION DES MISES A LA TERRE SUR LES RESEAUX MT ET BT

BIBLIOGRAPHIE

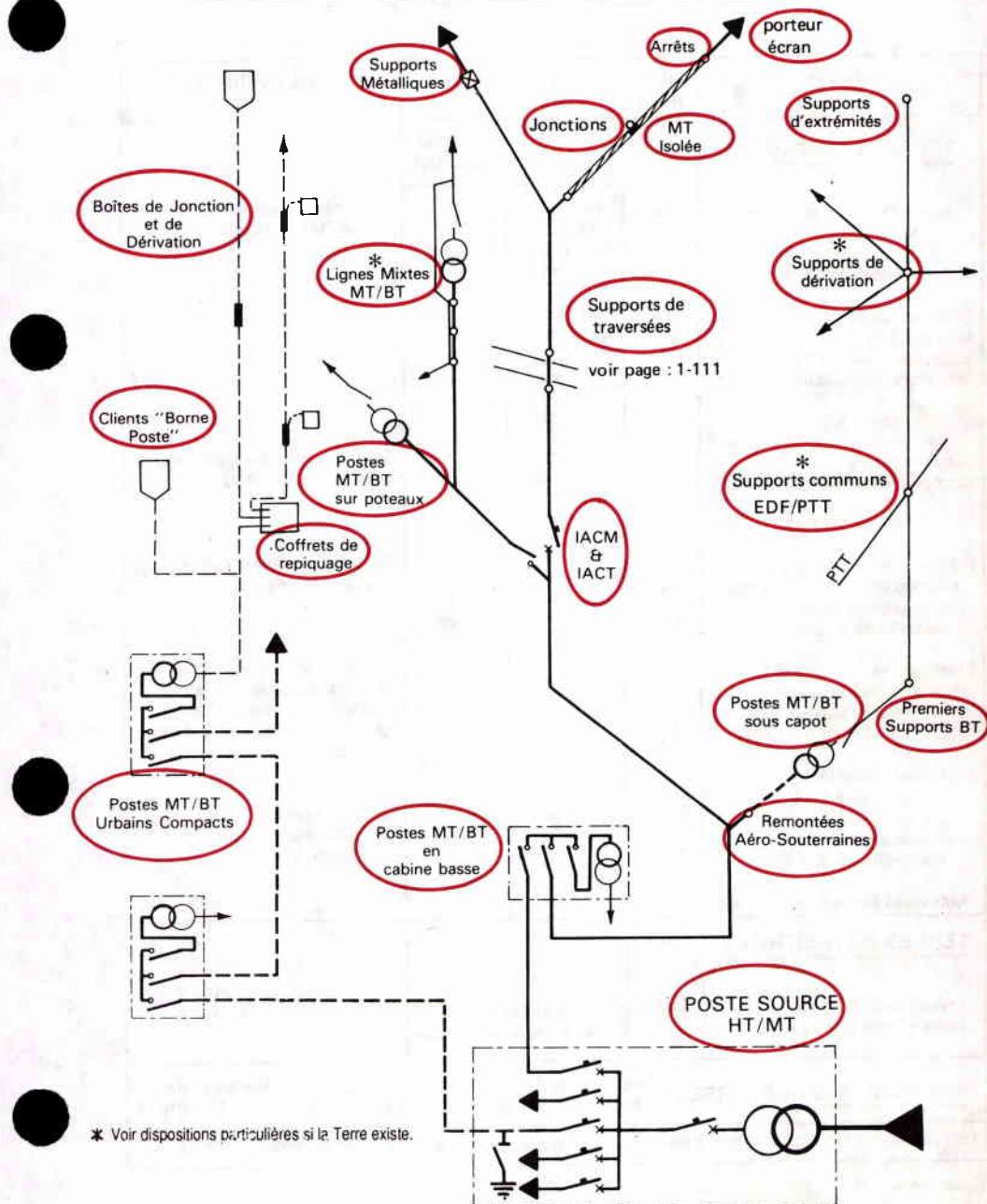
- Conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique : Arrêté technique interministériel du 26 mai 1978.
- Principes de conception et de réalisation des mises à la terre H 115 Direction des Etudes et Recherches - Janvier 1984
- Conception des prises de terre des postes MT/BT des réseaux de distribution aérien : prise en compte des effets de la foudre. Direction des Etudes et Recherches - M. ANZANEL - HM 73.109 PA/Ar/BF - Janvier 1986.
- Comportement en régime impulsionnel des prises de terre localisées : Nouveaux résultats expérimentaux et synthèse des connaissances actuelles. Direction des Etudes et Recherches - M. ANZANEL - HM 73.110 PA/Ar/BF - Janvier 1986.
- NFC 10.100 - Coordination de l'isolement - Septembre 1977.
- NFC 11.201 - Travaux d'électrification en zone rurale - Juillet 1980.
- NFC 13.100 - Postes de livraison établis à l'intérieur d'un bâtiment et alimentés par un réseau de 2^e catégorie - Juin 1983.
- NFC 17.100 - Paratonnerres.
- NFC 41.102 - Technique des essais haute tension - Décembre 1974.
- NFC 65.100 - Parafoudres à résistance variable - Mai 1972.
- HN 65 S 10 - Parafoudres à résistance variable pour réseaux MT - Janvier 1973.
- Guide de l'Ingénierie - Surtensions Direction des Etudes et Recherches - HP 71/5180 PJo/MAB - Septembre 1985.
- GTE 1965 - Politique des terres - 11 juillet 1977.
- GTER 806 - Distances à respecter entre les diverses prises de terre sur les réseaux ruraux Direction de la Distribution - 19 mars 1985.
- GTE 2004 - Réseau de terre des postes sources Direction de la Distribution - 28 octobre 1977.
- GTE 2772 - Mise à la terre du conducteur du neutre des réseaux BT souterrains - TST CET BT n° 21 - 28 février 1983.
- GTE 2997 - Proximité des terres EDF et des prises de terre des ouvrages des Télécommunications Direction de la Distribution - 14 février 1985.
- GTE 3036 - Parafoudres MT à l'oxyde de zinc Direction de la Distribution - 3 juillet 1985.
- Réalisation des ouvrages - Direction Régionale de REIMS - Mars 1983.
- La mise à la terre - Centre de Distribution de Rodez - 1985.
- Les mises à la terre - Direction Régionale de Nantes - Mars 1981.
- Transmission des surtensions à travers les transformateurs de distribution de 50 à 100 kVA Direction des Etudes et Recherches - HM 15-484 JPL/JP du 1^{er} juillet 1976.
- GTE 2893 - Raccordements aéro-souterrains MT - Réalisation manœuvres de ponts - 9 mars 1984.
- GTE 3003 - Interrupteurs aériens télécommandes - 21 février 1985.
- GTER 757 - Résistance de mise à la terre dans les postes de livraison - Norme NF C 13.100 Direction de la Distribution - 13 avril 1983.
- GTER 812 - Alimentation en régime TN des clients Bornes postes.
- GTE 3387 - Transformateur sur poteau.
- C 15.100 - Paragraphe 471.24 - Edition 1982.
- C 13.103 - Postes sur poteaux (en cours de rédaction).
- H 80 - La mise à la terre du neutre des réseaux MT aériens et souterrains Note de la Direction des Etudes et Recherches du 29 avril 1959.
- CET 28 - Comité des travaux sous tension. Conditions d'exécution du travail BT n° 28 approbation de juin 1986.
- GTE 3200 - Réseaux moyenne tension politique des parafoudres du 20 mars 1987.
- GTE 3374 - Expérimentation des parafoudres à oxyde de zinc sans déconnecteur. 31 janvier 1989.
- GSTE 4 - Mise en œuvre des prises de terre des ouvrages de Distribution.
- GSTE 5 - Surtensions sur les réseaux BT.
- La Foudre - Claude Gary - La recherche n° 211 - Juin 1989.
- Les principes physiques guidant la protection des bâtiments contre la foudre - C. Gary - R.G.E. 69.351 - 1980.
- Les propriétés diélectriques de l'air et les très hautes tensions - C. Gary - Coll. de la Direction des Etudes et Recherches d'EDF n° 51 - Ed. Eyrolles - 1984.
- La Foudre - Etude du phénomène - Gary, Cimador, Fleux - R.G.E. Tome 84 - n° 1 - Janvier 1975.

EDM-EDF
SAINTE-TULLE

MISE A LA TERRE

Sept. 1991

EMPLACEMENT DES MISES A LA TERRE SUR LES RESEAUX DE DISTRIBUTION



VALEURS DES PRISES DE TERRE ET PERIODICITE DES CONTROLES

| Nature | Valeur maxi | Périodicité | | Observations | |
|--|-------------------|--|------------------------|--|--------|
| TERRES DES MASSES | | Contrôle valeur | Contrôle continuité | | |
| Poste THT / MT ou HT / MT | 1 Ω | périodicité annuelle fréquemment retenue | | Terre des masses et des neutres MT et BT reliées | |
| Réseau aérien MT | | | | | |
| IACM, IAT radio | 60 Ω | | | | 10 ans |
| IAT par RTC | 30 Ω | | | | 10 ans |
| Ecran des câbles MT aériens, armements métalliques | 150 Ω | | | | 10 ans |
| Poste MT / MT | 30 Ω | 5 ans | | Interconnectée avec la terre des parafoudres des RAS | |
| Autotransfos (terre du parafoudre du neutre) | 30 Ω | 10 ans | | | |
| Poste MT / BT | | | | | |
| 1) Réseau MT souterrain interconnecté sans discontinuité depuis le poste source I neutre limité à 1000 A | 1 Ω | | 10 ans | Terre des masses et du neutre interconnectées | |
| 2) Réseau MT souterrain issu d'un réseau aérien - I neutre limité à 300 A - I neutre limité à 1000 A | 30 Ω 10 Ω | 5 ans 5 ans | | La nature souterraine du réseau MT est discontinue. Terres des masses et du neutre BT en général séparées, car l'ensemble fait plus de 1Ω. | |
| 3) Réseau aérien MT I neutre limité à 1000 A | 10 Ω | 5 ans | | | |
| 4) Réseau aérien MT I neutre limité à 300 A | 30 Ω | 5 ans | | | |
| Remontées aéro-souterraines MT | 30 Ω | 10 ans | | Solution à proscrire Terre des masses et du neutre BT séparées | |
| TERRES DU NEUTRE BT | Valeur globale | | | Voir fiches : 1. 010 / 5 1. 010 / 6 | |
| I neutre limité à 300 A | 15 Ω | 5 ans si terre du neutre unique 10 ans si terre du neutre multiple | | | |
| I neutre limité à 1000 A | 5 Ω | | | | |
| INDÉPENDANCE DES TERRES | | On admet que les terres sont électriquement indépendantes si leur coefficient de couplage est inférieur à 15 % : fiches 1.010 / 5 - 1.010 / 6 | | | |
| NB : Les résultats des mesures sont à reporter sur un registre de terres ou dans un fichier Informatique (GDO). | | | | | |

Guide technique B. 13. 22. 1 Janv. 1990

| | | | |
|------------------------|-------------------------|-----------|-----------|
| EDM-EDF SAINT-TULLE | MISES A LA TERRE | Sept.1991 | 1.010 / 2 |
|------------------------|-------------------------|-----------|-----------|

GENERALITES

TERRES DES MASSES : Assure essentiellement la protection des personnes intervenant sur les installations, contre les liaisons entre potentiels différents.

Exception : Terre des éclateurs et parafoudres qui protègent le matériel.

TERRE DU NEUTRE : Assure la protection des utilisateurs.

COUPLAGE OU PROXIMITE DES TERRES

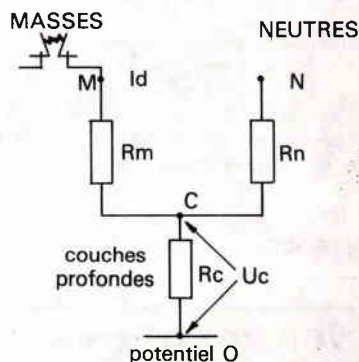
Des prises de terre voisines ne sont pas indépendantes. L'écoulement d'un courant dans l'une provoque une élévation de potentiel de l'autre.

En effet, les couches profondes du sol sont communes. Le passage d'un courant de défaut I_d dans la prise de terre des masses, du fait de la présence de R_c amène le point C à un potentiel U_c par rapport à la terre profonde tel que :

$$U_c = R_c \times I_d$$

En l'absence de courant dans R_n le point N est élevé au même potentiel.

Il faut donc s'assurer que les terres de fonctions différentes sont électriquement indépendantes. Voir les pages 1. 010 / 2.

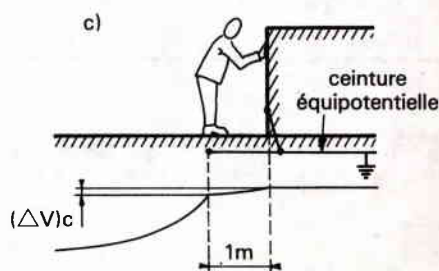
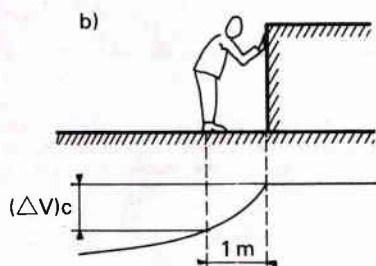
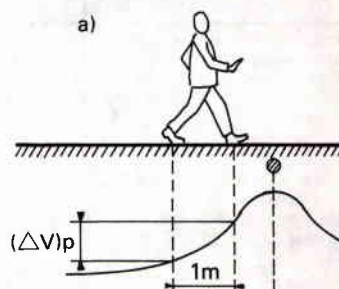


CONTACT AVEC LES MASSES PORTÉES A UN POTENTIEL

a) tension de pas : C'est la différence de potentiel entre deux points à la surface du sol, séparés par une distance de un pas, que l'on assimile à 1 mètre, dans la direction du gradient de potentiel maximum.

b) tension de contact : C'est la différence de potentiel entre une structure métallique mise à la terre et un point à la surface du sol distant de 1 mètre.

La présence d'une ceinture équipotentielle (c) entourant l'installation diminue de façon très sensible cette différence de potentiel.



REALISATION DES PRISES DE TERRE

On dispose à l'heure actuelle généralement de trois procédés :

- le ceinturage à fond de fouille (poste MT/BT)
- le câble de terre :
 - soit câble cuivre en tranchée
 - soit câble de terre en aluminium revêtu de plomb ou gaine de plomb des câbles souterrains.
- le piquet de terre généralement en acier cuivré ou la grille associés éventuellement à un câble de terre.

La résistance de terre dépend de la **résistivité du terrain**, de la **forme des électrodes** et bien entendu du **nombre d'éléments** posés.

RESISTIVITE

| VALEURS CARACTERISTIQUES DE LA RESISTIVITE DE DIFFERENTS TERRAINS | | | |
|---|----------------------------|-------------------------------|----------------------------|
| NATURE DU TERRAIN | Résistivité ohms/mètres | NATURE DU TERRAIN | Résistivité ohms/mètres |
| Terres humides et riches en débris végétaux | | Calcaires | |
| Terrain marécageux | 5 à 30 | Calcaires tendres | 100 à 300 |
| Limon | 20 à 100 | Calcaires compacts | 1 000 à 5 000 |
| Humus | 10 à 150 | Calcaires fissurés | 500 à 1 000 |
| Tourbe humide | 5 à 100 | | |
| Argiles et marno-calcaires | 10 à 200 | Schistes | 50 à 300 et + |
| Argile plastique | 50 | Micaschistes | 800 environ |
| Marnes et argiles compactes | 100 à 200 | Schiste graphitique | 1 à 35 |
| Marnes du jurassique | 30 à 40 | Grès | 100 à 10 000 et + |
| Sables et graviers | 50 à 3 000 et + | Roches ignées | 300 à 10 000 et + |
| Sable argileux | 50 à 500 | Granits compacts | 10 000 à 15 000 |
| Sable siliceux | 200 à 3 000 | Granits plus ou moins altérés | 1 500 à 10 000 |
| Sol pierre nu | 1 500 à 3 000 | Granits très altérés | 100 à 600 |
| Sol pierreux recouvert de gazon | 300 à 500 | Basaltes, andésites | 800 à 10 000 et + |
| Galets blocs de silex | 1 000 à 10 000 et + | Tufs siliciés | 20 000 et + |

Il faut savoir que ce qui confère un certain degré de conductivité à un terrain est essentiellement l'humidité, ce qui explique la haute résistivité de roches compactes imperméables. Cette observation doit nous inciter à rechercher en couches profondes un terrain présentant une humidité constante, sauf bien entendu, si ces couches présentent par ailleurs une grande résistivité (rocher).

DISTANCE A RESPECTER ENTRE PRISES DE TERRE EN ZONES RURALES

VALEURS A RESPECTER POUR LES PRISES DE TERRES :

- 30 Ω pour la prise de terre des masses.
- 15 Ω pour la prise de terre globale du neutre (toutes terres du neutre interconnectées).
- 60 Ω à 100 Ω pour chaque prise de terre du neutre BT prise individuellement.

DISTANCE A RESPECTER ENTRE PRISES DE TERRE DES MASSES ET PREMIERE PRISE DE TERRE DU NEUTRE :

| Résistivité du sol (Ω. m) | 0 ↔ 300 ↔ 500 ↔ 1000 > 1000 | | | |
|------------------------------|-----------------------------|------|------|--------------------------|
| d1 (distance minimale) | 8 m | 16 m | 24 m | à étudier cas par cas |

DISTANCE A RESPECTER ENTRE PRISES DE TERRE DES MASSES ET TOUTE PRISE DE TERRE DE FRANCE TELECOM :

| Résistivité du sol (Ω. m) | 0 ↔ 300 ↔ 500 ↔ 1000 > 1000 | | | |
|------------------------------|-----------------------------|------|------|--------------------------|
| d2 (distance minimale) | 15 m | 30 m | 60 m | à étudier cas par cas |

REPARTITION DES PRISES DE TERRE DU NEUTRE :

- La mise à la terre du neutre doit être réalisée en plus d'un point dès que la longueur de la ligne excède 100 m.
- Le nombre moyen des mises à la terre ne doit pas descendre au-dessous de une par 200 m de longueur de réseau.
- Mise à la terre à proximité de chaque dérivation ou groupe de dérivations pour raccordement de clients.

DISTANCES A RESPECTER ENTRE PRISES DE TERRE EN ZONES PERI-URBAINES

VALEURS A RESPECTER POUR LES PRISES DE TERRE :

- 10 Ω pour la prise de terre des masses.
- 5 Ω pour la prise de terre globale du neutre (toutes terres du neutre interconnectées).
- 20 Ω à 30 Ω pour chaque prise de terre du neutre BT prise individuellement.

DISTANCE A RESPECTER ENTRE PRISES DE TERRE DES MASSES ET PREMIERE PRISE DE TERRE DU NEUTRE :

| Résistivité du sol ($\Omega \cdot m$) | 0 \longleftrightarrow 300 \longleftrightarrow 500 > 500 | | |
|--|--|------|--------------------------|
| d1 (distance minimale) | 25 m | 50 m | à étudier cas par cas |

DISTANCE A RESPECTER ENTRE PRISES DE TERRE DES MASSES ET TOUTE PRISE DE TERRE DE FRANCE TELECOM :

| Résistivité du sol ($\Omega \cdot m$) | 0 \longleftrightarrow 300 \longleftrightarrow 500 > 500 | | |
|--|--|------|--------------------------|
| d2 (distance minimale) | 45 m | 90 m | à étudier cas par cas |

REPARTITION DES PRISES DE TERRE DU NEUTRE :

- La mise à la terre du neutre doit être réalisée en plus d'un point dès que la longueur de la ligne excède 100 m.
- Le nombre moyen des mises à la terre ne doit pas descendre au-dessous de une par 200 m de longueur de réseau.
- Mise à la terre à proximité de chaque dérivation ou groupe de dérivations pour raccordement de clients.

Guide technique B. 13. 22. 32 - Janvier 1990

REALISATIONS DES PRISES DE TERRE

CHOIX DE LA FORME DES ELECTRODES

| Résistivité ρ en $\Omega \cdot m$ | Boucle à fond de fouille | Piquet ou forage | Serpentin tranchée | Serpentin à 2 directions | Serpentin à 2 directions | Etoile |
|--|-----------------------------|------------------|-------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|------------------------|
| | Poleau périmètre 2 m | longueur 3 m | 3 m long. du conduct. 10 m | 2 x 10 m de conducteur | 2 x 15 m de conducteur | 3 tranchées de 10 m |
| | | | | | | |
| Valeur en fonction de la résistivité (1) | | $R = 0,4 \rho$ | $R = 0,2 \rho$ | $R = 0,15 \rho$ | $R = 0,08 \rho$ | $R = 0,06 \rho$ |
| 50 Ωm | 20 Ω | 20 Ω | 10 Ω | 7,5 Ω | 4 Ω | 3 Ω |
| 100 Ωm | 40 Ω | 40 Ω | 20 Ω | 15 Ω | 8 Ω | 6 Ω |
| 200 Ωm | 80 Ω | 80 Ω | 40 Ω | 30 Ω | 16 Ω | 12 Ω |
| 300 Ωm | 120 Ω | 120 Ω | 60 Ω | 45 Ω | 24 Ω | 18 Ω |
| 400 Ωm | | | 80 Ω | 60 Ω | 32 Ω | 24 Ω |
| 500 Ωm | | | 100 Ω | 75 Ω | 40 Ω | 30 Ω |
| 750 Ωm | | | 150 Ω | 112 Ω | 60 Ω | 45 Ω |
| 1000 Ωm | | | | 150 Ω | 80 Ω | 60 Ω |

□ Efficace vis à vis des coups de foudre (sans dommage pour la BT) et à 50 Hz.

■ Efficace seulement à 50 Hz.

A l'issue de la réalisation, la valeur de la prise de terre doit être impérativement mesurée, les valeurs du tableau n'étant qu'indicatives pour des sols homogènes.

(1) - Ces formes sont fournies à titre d'exemple; elles sont valables en terrain de résistivité homogène; dans les terrains résistifs, mais tendres, des forages profonds peuvent aussi être utilisés avec succès.

- La section des conducteurs de terre et de protection doit être $> 25 \text{ mm}^2$ s'ils sont en cuivre et 50 mm^2 s'ils sont en métal ferreux.

- Pour permettre l'écoulement des courants capacitifs et des courants de courts-circuits lors de défaut à la terre, le plomb, l'armure et l'écran du câble sont reliés à la terre à leurs extrémités. Dans le cas du câble HN 33 S 23, le conducteur de terre est relié aux écrous de chaque accessoire.

Guide technique B. 13. 22. 2 - Janvier 1990

EDM-EDF
SAINT-TULLE

MISES A LA TERRE

Sept. 1991

1. 010 / 7

CHOIX DES MATERIELS

Les matériels dépendent des caractéristiques de terrain, des risques de corrosion et de l'amplitude des courants de défauts à écouler. Le choix des éléments constitutifs est déterminé par :

- La configuration du réseau de terre.
- Les caractéristiques du sol dans lequel il sera installé.

Il est nécessaire de considérer aussi les qualités intrinsèques des matériels à utiliser : résistance mécanique suffisante, qualité des alliages en présence de métaux différents entraînant des risques de corrosion, facilité de mise en œuvre.

CONDUCTEURS ENFOUIS

La prise de terre peut être constituée par un conducteur en cuivre de 25 mm² (ou 75 mm² pour les postes HT / MT) de section minimale, disposé en tranchée de profondeur de 0,50 m à 0,80 m suivant la nature du terrain. Les formes suivantes peuvent être utilisées :

- **Disposition rectiligne** : conducteur rectiligne dans une tranchée de 3 m :

- **Disposition en serpent** : 10 m de conducteur dans une tranchée d'au moins 3 m de longueur ou formant 2 brins de 10 m enfouis de part et d'autre du support dans deux tranchées de 3 m de longueur.

- **Disposition en patte d'oie** : conducteurs recti-

lines dans des tranchées radiales d'au moins 3 m de longueur.

- **Disposition en boucle** : en ceinturage de fondation de bâtiment. Cette boucle est située directement sur le sol à fond de fouille.

Il est à noter que le conducteur ne doit pas être en contact direct avec la maçonnerie sauf, éventuellement, en trois ou quatre points. Lorsque le radier du bâtiment comporte une armature métallique, celle-ci doit être reliée au circuit de terre, soit en connectant directement le conducteur de terre au treillis métallique (3 ou 4 points) soit en ressortant un acier de cette armature au-dessus de la chape à proximité de la sortie du câble de la prise de terre.

GRILLES EN MÉTAL DÉPLOYÉ, GRILLAGES

Ce procédé est utilisé uniquement dans le cas des terrains de très faible résistivité, pour utiliser une fouille existante.

PIQUETS VERTICAUX

L'usage de piquets verticaux utilisés seuls, est insuffisant pour écouler efficacement les surtensions d'origine atmosphérique dès que la résistivité excède $200 \Omega \cdot m$. En outre, les piquets de grande profondeur ont aussi une efficacité restreinte pour l'écoulement de ces surtensions.

La prise de terre peut être réalisée par un piquet : en cuivre, en acier cuivré ou en acier inoxydable, de 3 m de longueur totale, enfoncé verticalement. Le sommet du piquet doit être situé à 0,50 m au moins au-dessous du niveau du sol.

Les piquets à utiliser devront pouvoir être enfoncés par percussion même dans les terrains de pénétration difficile. Les piquets devront donc posséder une bonne résistance mécanique, ce qui élimine l'emploi de piquets creux.

On adoptera pour des raisons de mise en place et de coût des piquets de diamètre 16 ou 19 mm. Ceux-ci sont livrables en longueur de 1,50 m et 2 m. Ils sont dits "allongeables" avec ou sans accessoires tels que manchons ou pointes.

La tenue des manchons d'accouplement des piquets doit être parfaite aussi bien mécaniquement qu'électriquement ; cela exclut en conséquence :

- L'utilisation de manchons vissés sur les tiges à réunir, les filets des vis d'extrémités se déformant au cours de l'enfoncement.

- L'emploi de piquets constitués par un chemisage de cuivre sur acier, l'enveloppe ne faisant pas corps avec l'âme se déplace sur celle-ci au cours de l'enfoncement.

En cas d'utilisation de piquets en acier cuivré, il est nécessaire que la couche de cuivre soit de l'ordre de $300 \mu m$ de façon à lui conférer une résistance à l'abrasion suffisante lors de la pénétration dans le sol.

On peut également utiliser des piquets tracteurs qui présentent l'avantage d'éviter des connexions enterrées et rendent la prise de terre indépendante de la corrosion du piquet lui-même (le piquet n'a d'autre fonction que d'entraîner le câble en profondeur).

REALISATION DES MISES A LA TERRE SUR LES SUPPORTS

SUR LES SUPPORTS BOIS OU BETON

A noter sur le support de la 1ère terre du neutre, la présence d'un dispositif de sectionnement permettant la mesure de couplage entre prise de terre du neutre BT et masses du poste.

Le conducteur de descente est constitué par un conducteur en cuivre de 25 mm² de section minimale, protégé sur une hauteur d'au moins 2 m au-dessus du sol et 0,50 m au-dessous (arrêté technique du 26/05/78).

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 tels que tamponnage, clous, etc...

Toutefois sur les supports bois sur lesquels une mise à la terre de l'armement doit être réalisée pour satisfaire aux mesures spéciales, aux angles du tracé, à certaines traversées et à certains croisements, on admet que cette mise à la terre puisse 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 ; dans ce cas, il n'y a pas lieu de prévoir d'électrodes.

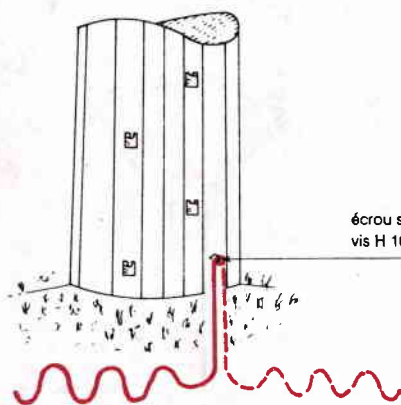
SUR LES SUPPORTS METALLIQUES

Les supports métalliques doivent être mis à la terre quel que soit leur emplacement. La prise de terre constituée d'une boucle à fond de fouille est raccordée au support à 0,15 m au-dessus du massif.

Pour les supports de grande hauteur susceptibles d'être foudroyés, la géométrie de la prise de terre sera du type en "patte d'oie à 3 branches".

MISE A LA TERRE D'UN SUPPORT METALLIQUE

SUPPORTS METALLIQUES TUBULAIRES



écrou soudé M 10 pour mise à la terre
vis H 10x40 galvanisée

Géométrie de la prise de terre :

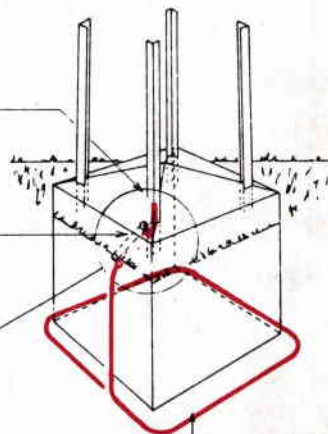
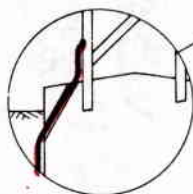
En patte d'oie pour tous les
supports de grande hauteur
(> 14 m) susceptibles d'être foudroyés
 $R_t < 150 \Omega$

Câble CU > 25 mm²

SUPPORTS TYPE « TREILLIS »

Fixation par boulonnage
à 15 cm du massif

Traversée libre à la partie
supérieure du massif



Fil de fer ARMCO Ø 8 mm disposé
à fond de fouille suivant le
contour extérieur du bétonnage
ou câble CU > 25 mm²

Guide technique B. 13, 22, 4 - Janvier 1990

EDM-EDF
SAINT-EULLE

MISES A LA TERRE

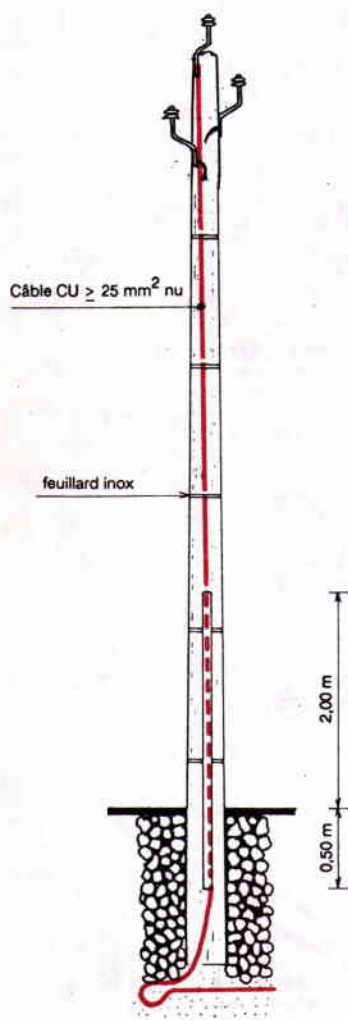
Sept. 1991

1. 010 / 11

MISE A LA TERRE DU SUPPORT BOIS

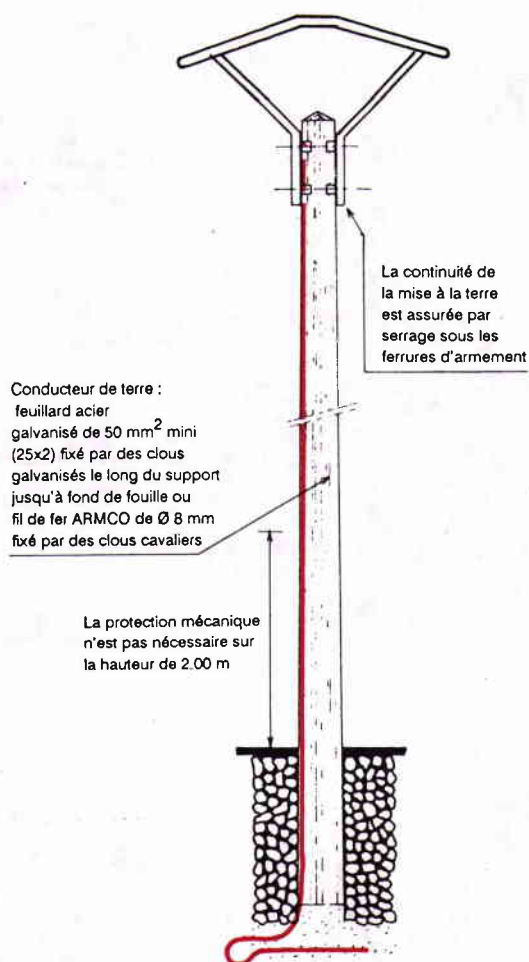
1 - Réalisation normale

Conducteur de terre en cuivre



2 - Réalisation possible

Conducteur de terre en acier galvanisé



La prise de terre au pied du support n'est pas nécessaire. Toutes les ferrures de l'armement sont raccordées au conducteur de liaison à la terre qui aboutit en fond de fouille afin de rendre le support bois conducteur.

Guide technique B, 13, 22, 5 - Janvier 1990

EDM-EDF
SAINT-TULLE

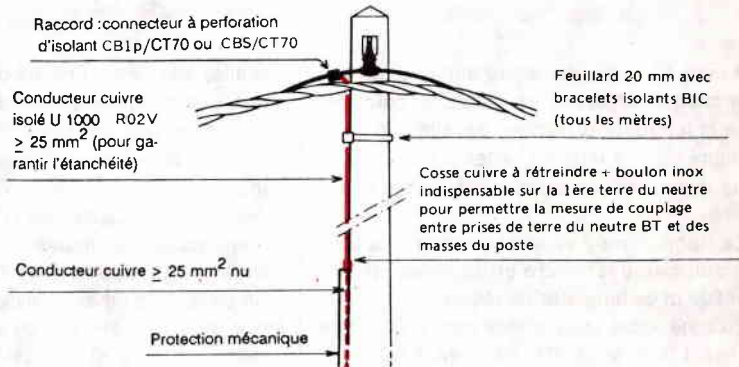
MISES A LA TERRE

Sept. 1991

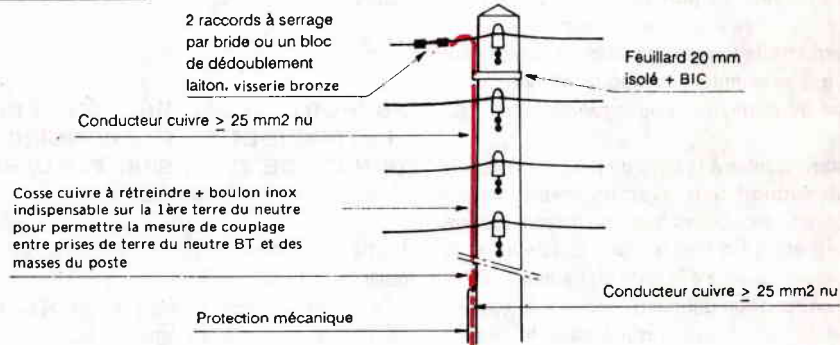
1. 010 / 12

MISE A LA TERRE DU NEUTRE BT SUR UN SUPPORT SIMPLE

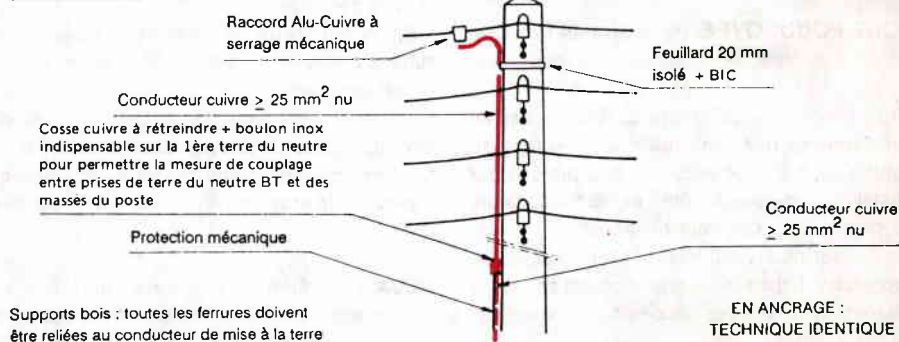
RESEAU TORSADE ISOLE



RESEAU NU CUIVRE



RESEAU NU ALU



Guide technique B. 13. 22. 18 - Janvier 1990

EDM-EDF
SAINT-TULLE

MISES A LA TERRE

Sept. 1991

1. 010 / 13

EMPLACEMENT DES MISES A LA TERRE DU NEUTRE SUR LES RESEAUX AERIENS BT

ZONE NORMALE

La mise à la terre du neutre doit être réalisée sur chaque départ BT en plus d'un point dès que la longueur du réseau excède 100 m. Le nombre de ces mises à la terre sera d'autant plus important que la résistivité du terrain est élevée.

- Le nombre moyen de ces mises à la terre ne doit pas descendre en dessous de une par 200 m de longueur de réseau.

- En zone rurale une distance minimale "d" (voir fiches 1.010 / 5 - 1.010 / 6) sera à respecter entre la mise à la terre des masses d'un transformateur sur poteau ou en cabine et la plus proche mise à la terre du neutre.

- Une mise à la terre du conducteur neutre sera établie à proximité de chaque dérivation de groupe de dérivations pour raccordement de clients.

- Lorsque la mise à la terre du neutre est établie sur un support bois avec un réseau basse tension en conducteurs nus, une liaison doit être réalisée entre les ferrures des isolateurs et le conducteur de mise à la terre du neutre.

- Cette disposition permet d'écouler à la terre les surtensions atmosphériques dans le cas de contournement des isolateurs BT.

ZONE FOUDROYÉE (Art. 46 de l'Arrêté Technique).

Si le réseau de première catégorie est en conducteurs nus, chaque branchement ou groupe de branchements doit être protégé par l'installation de parafoudres entre conducteurs de phases et conducteur neutre au point où le conducteur neutre est mis à la terre soit sur le support de dérivation de branchement soit sur le bâtiment en amont des coupe-circuits principaux du branchement.

SUPPORT DE LIGNE MIXTE MT ET BT

La mise à la terre du neutre doit être évitée sur un support de ligne mixte MT et BT.

Cependant, pour résoudre la nécessité de la mise à la terre du neutre des réseaux basse tension en conducteurs isolés construits en totalité sur des supports de la ligne MT, on peut exceptionnellement assurer la mise à la terre du neutre sur ce support mixte par l'intermédiaire d'un câble isolé de tenue diélectrique 10 kV. La prise de terre est dans ce cas située à une distance "d" du pied du support. Cette distance est fonction de la résistivité du terrain (voir fiches 1.010 / 5 - 1.010 / 6).

SUPPORT COMMUN D'ENERGIE ELECTRIQUE ET DE TELECOMMUNICATION OU DE TELEVISION PAR CABLE

La descente de terre sur ces supports doit être réalisée soit :

- En conducteur isolé du type U 1000 R 02 V de section supérieure ou égale à 25 mm² si le réseau BT est en conducteurs isolés (pour des raisons d'étanchéité).

- En conducteur nu en cuivre de section supérieure ou égale à 25 mm² si le réseau BT est en conducteurs nus.

Pour éviter les couplages de terre, la prise de terre du neutre ne doit pas être réalisée sur un support comportant une prise de terre France Télécom (paragraphe 1.4.3. du fascicule B.38.3).

NOTA : La mise en place de gaine sur les descentes de terre en conducteur nu n'étant pas efficace, le gainage n'est plus nécessaire.

Guide technique B. 13. 21 - Janvier 1990

EDM-EDF
SAINT-TULLE

MISES A LA TERRE

Sept. 1991

1. 010 / 14

MISE A LA TERRE DU NEUTRE SUR RESEAUX BT SOUTERRAINS

CABLES BASSE TENSION

La mise à la terre du neutre en réseau souterrain doit être réalisée systématiquement dans les accessoires de jonction ou de dérivation par l'intermédiaire d'un dispositif constitué d'un écran électrique permettant la mise à la terre du neutre par la boîte elle-même.

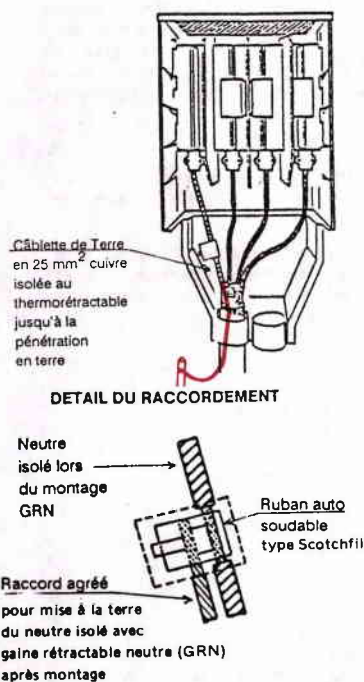
Cependant, cette mise à la terre ne doit pas être effectuée si l'accessoire se trouve :

- A moins de "d" m (voir fiches 1.010 / 5 - 1.010 / 6) d'un poste MT/BT alimenté par une ligne aérienne MT.
- Ou en tranchée commune avec le câble moyenne tension issu de cette ligne aérienne.
- Ou à moins de "d" m (voir fiches 1.010 / 5 - 1.010 / 6) du support de la remontée aéro-souterraine MT.

Si le réseau souterrain BT ne comporte pas de boîte de jonction ou de dérivation, la mise à la terre du conducteur neutre doit être réalisée soit sur les équipements du réseau, grille de fausse coupure ou armoire de sectionnement, soit sur les coffrets de branchement au moyen de connecteur placé en dérivation sur le conducteur neutre.

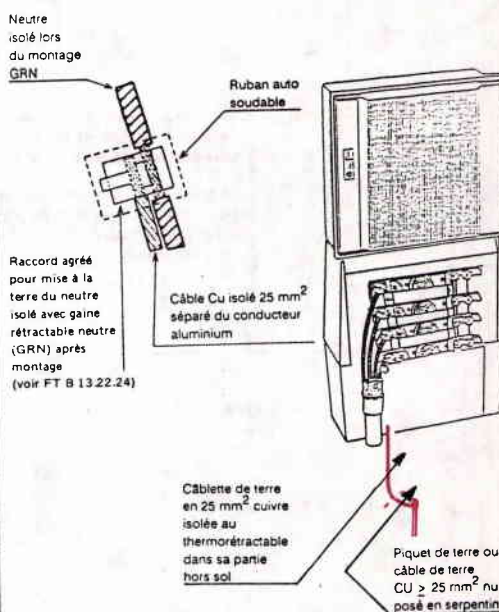
On veillera à ce que chaque tronçon de câble compris entre deux accessoires de raccordement comporte au moins une prise de terre, de façon que la mise à la terre du neutre soit assurée quel que soit le schéma d'exploitation et que lors de travaux hors tension sur le câble, la mise en court-circuit des conducteurs réalise en même temps la mise à la terre.

Mise à la terre du neutre BT dans un coffret coupe-circuit de type HN 62 S 12



Mise à la terre du neutre dans un équipement de socle de coffret de branchement HN 62 S 15

DETAIL DU RACCORDEMENT.



Guide technique B. 13. 22. 222 - Janvier 1990

Guide technique B. 13. 22. 223 - Janvier 1990

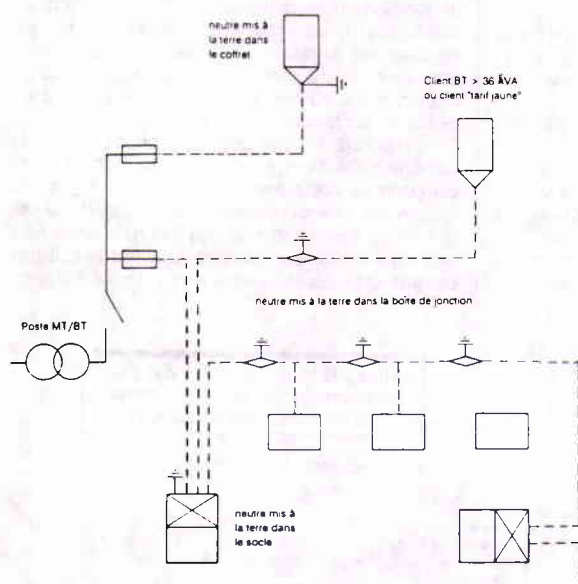
EDM-EDF
SAINTE-TULLE

MISES A LA TERRE

Sept. 1991

1. 010 / 15

MISE A LA TERRE DU NEUTRE BT D'UN RESEAU SOUTERRAIN



Afin d'améliorer la qualité de la mise à la terre du neutre BT, il est demandé de réaliser sur chaque départ BT de façon systématique la mise à la terre du neutre, à chaque accessoire :

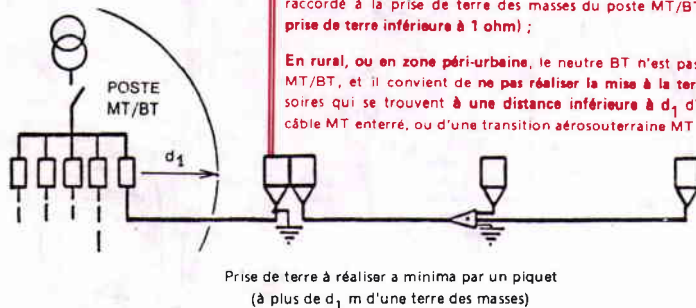
- boîte de jonction ou de dérivation ;
- coffret de branchement, d'étoilement...

On veillera à ce que chaque tronçon de câble compris entre deux accessoires où le câble est interrompu comporte au moins une mise à la terre du conducteur neutre, de façon que la mise à la terre du neutre soit assurée quel que soit le schéma d'exploitation, et également lors de travaux hors tension sur les câbles pour lesquels seule la mise en court-circuit est demandée.

TRES IMPORTANT :

En milieu urbain, cette mise à la terre est systématique, et le neutre est raccordé à la prise de terre des masses du poste MT/BT (résistance globale de prise de terre inférieure à 1 ohm) ;

En rural, ou en zone péri-urbaine, le neutre BT n'est pas mis à la terre au poste MT/BT, et il convient de ne pas réaliser la mise à la terre du neutre des accessoires qui se trouvent à une distance inférieure à d_1 d'un poste MT/BT, d'un câble MT enterré, ou d'une transition aërosouterraine MT



La fiche 1.010 / 15 précise à titre d'exemple la manière dont doivent être réalisées les mises à la terre du neutre dans un coffret coupe-circuit, et dans un socle de coffret de branchement.

Guide technique B. 13. 22. 221 - Janvier 1990

EDM-EDF
SAINT-TULLE

MISES A LA TERRE

Sept. 1991

1. 010 / 16

MISE A LA TERRE DU NEUTRE

La mise à la terre du conducteur neutre est réalisée systématiquement sur le coffret amont du branchement HN 62 S 12 ou HN 62 S 15.

Cette prise de terre doit être électriquement distincte de la terre des masses du poste (voir fiches 1. 010 / 5 - 1.010 / 6).

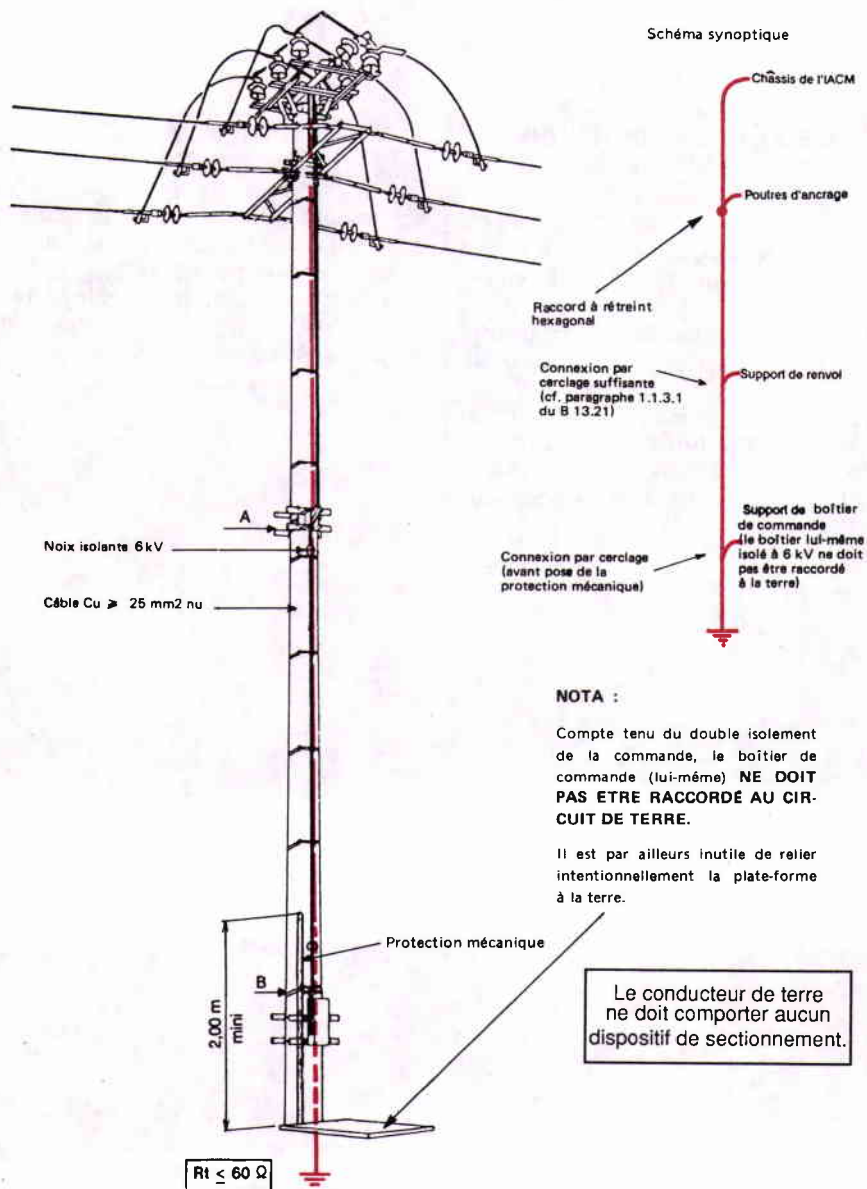
La liaison entre le coffret de branchement et cette prise de terre du neutre est confectionnée en conducteur isolé, série U 1000 R 02 V de section 25 mm², posé sous conduit IRO.

CLIENTS TARIF JAUNE

Voir les dispositions particulières pour prise de terre des masses (chapitres 1. 4. et 3. du Guide Technique, page B 13. 21).

Le châssis métallique qui supporte le panneau de comptage n'est pas à raccorder obligatoirement à une prise de terre.

MISE A LA TERRE D'UN IACM



Guide technique B. 13. 21 - Janvier 1990

MISE A LA TERRE DES ORGANES DE COUPURE EN RESEAU IA2T TELECOMMANDE PAR RADIO

I.A.C.M. 100 A

Ligne MT

Connexions
par cerclage
(cf. § 1.1.3.1
du B 13.21)

- Châssis de l'IACM
- Poutres d'ancrage de la ligne
- Châssis du transfo MT/BT
- S2 du transfo MT/BT
- Support du renvoi de commande
- Support d'antenne
- Support du coffret de commande

Transformateur
d'alimentation MT/BT
(châssis support et
S2 mis à la terre)

Antenne isolée
6 kV du support

Câble CU $\geq 25 \text{ mm}^2$

Pigeon

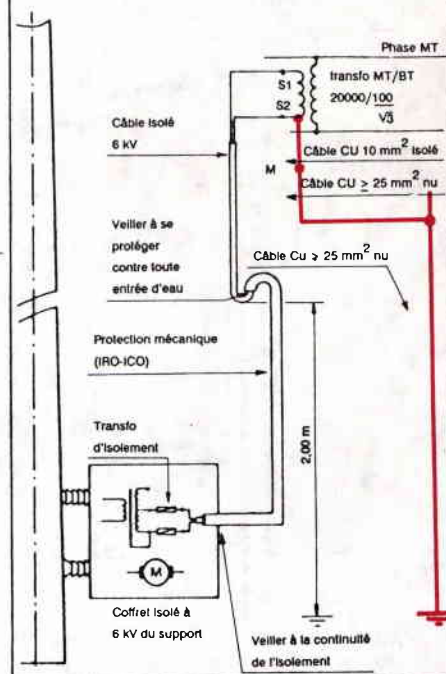
Câble coaxial
(ne tient pas 6 kV
et doit donc être isolé
par un fourreau IRO
ou ICO obturé aux
extrémités)

Coffret de commande
(radio incluse)
isolé 6 kV du
support

Plateforme non reliée au circuit de terre

$R_t < 60 \Omega$

TRANSFORMATEUR MT/BT - COMMANDE ELECTRIQUE Raccordements - Mise à la terre



NOTA : Sur le transfo d'isolement situé à l'intérieur du coffret de commande, relier l'écran à la borne primaire du transfo d'isolement qui se trouve connectée avec la borne S2 du transfo MT/BT.

Guide technique B. 13. 22. 71 - Janvier 1990

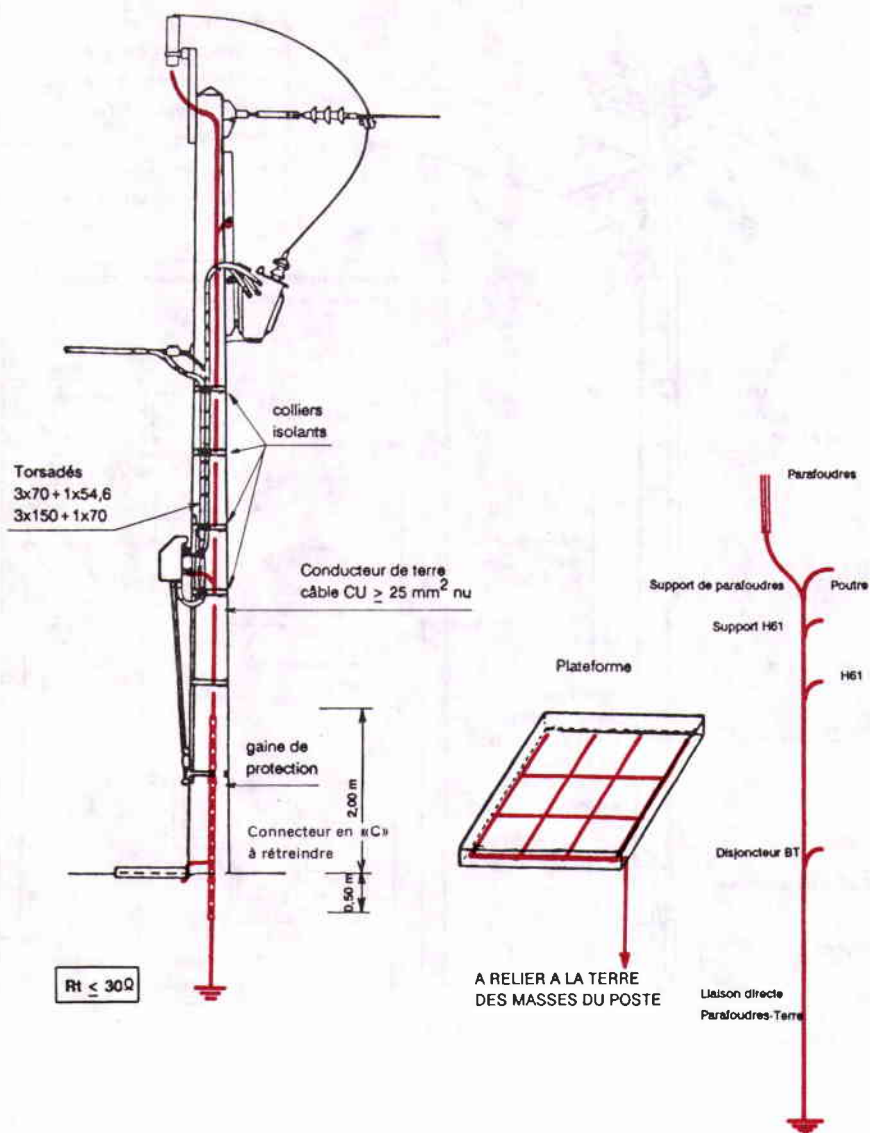
EDM-EDF
SAINTE-TULLE

MISES A LA TERRE

Sept. 1991

1. 010 / 19

MISE A LA TERRE DES MASSES D'UN POSTE SUR POTEAU



Guide technique B. 13. 22. 12 - Janvier 1990

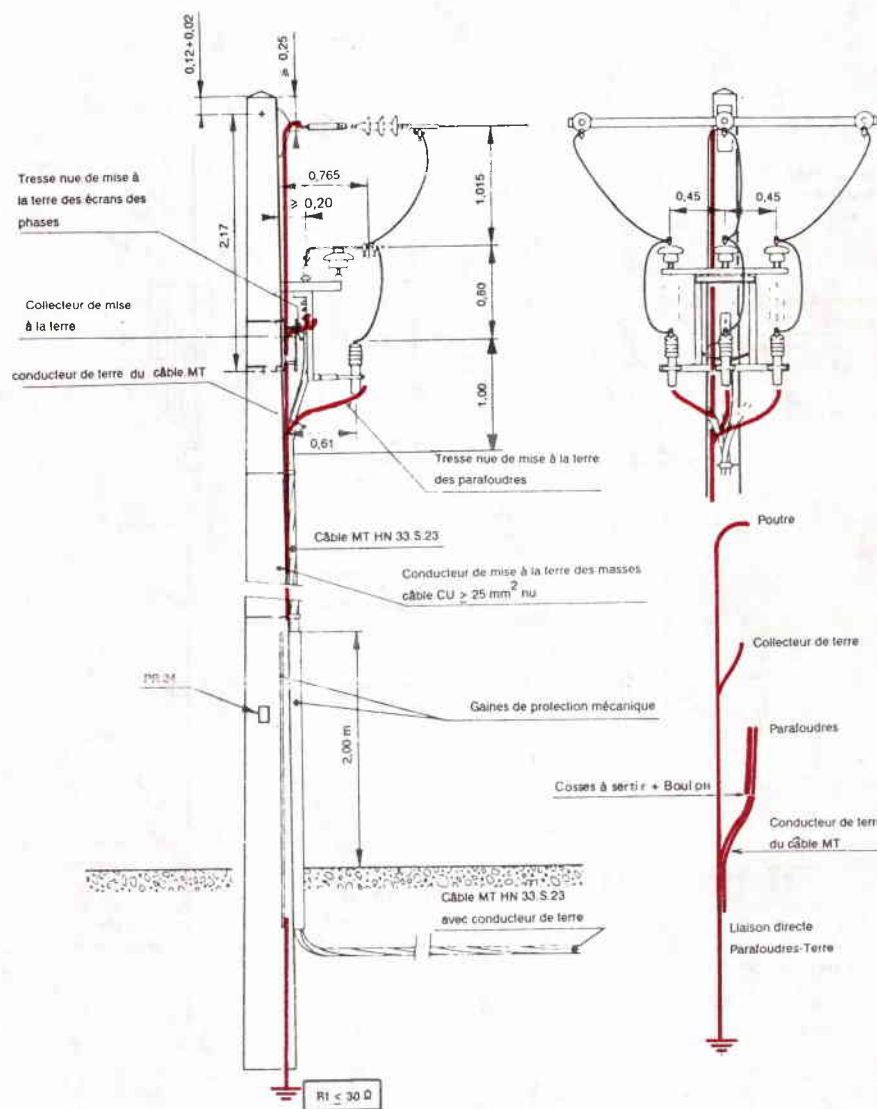
EDM-EDF
SAINTE-TULLE

MISES A LA TERRE

Sept. 1991

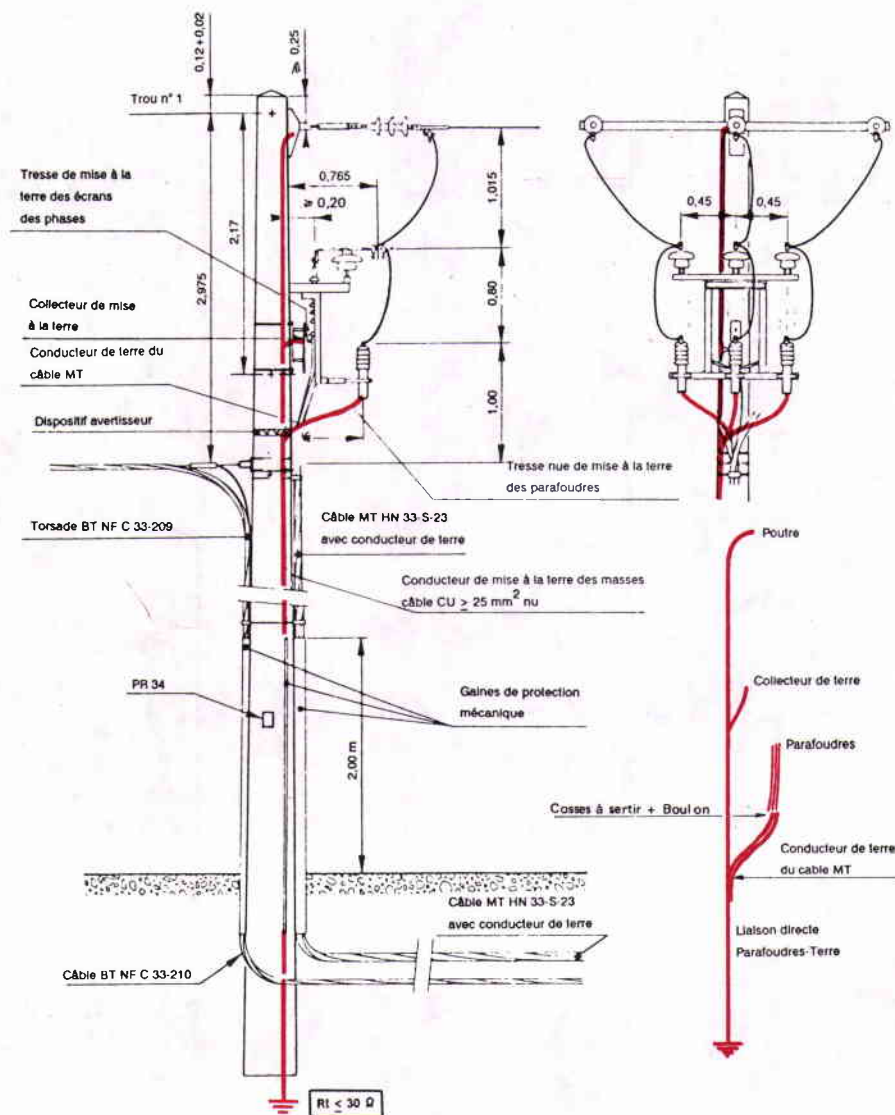
1. 010 / 20

MISE A LA TERRE D'UN SUPPORT EQUIPE D'UNE RAS MT



Guide technique B. 13 22. 81 - Janvier 1990

MISE A LA TERRE D'UN SUPPORT MIXTE EQUIPE D'UNE REMONTEE AERO-SOUTERRAINE MT ET D'UNE REMONTEE AERO-SOUTERRAINE BT



Guide technique B. 13. 22. 9 - Janvier 1990

MISE A LA TERRE D'UN CABLE MT TORSADE AERIEN

MISE A LA TERRE

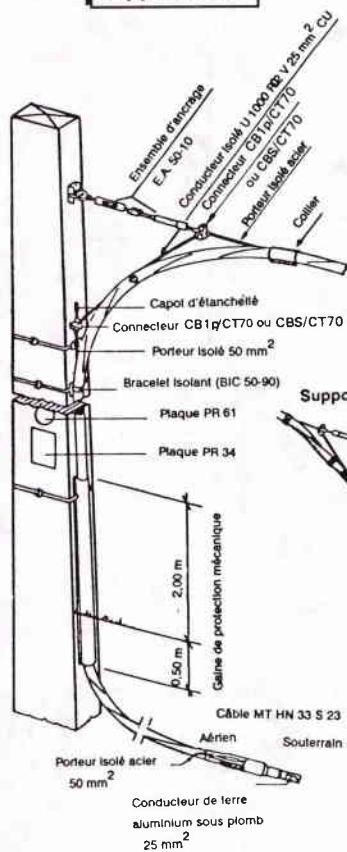
Le porteur est mis à la terre aux extrémités de la ligne. Pour les phases, conformément à l'arrêté interministériel, les écrans des phases doivent être mis à la terre aux extrémités de la ligne, et au moins une fois tous les kilomètres.

Si la longueur de la ligne excède donc un kilomètre, il faut prévoir une des jonctions au droit d'un support afin de pouvoir réaliser la mise à la terre des écrans.

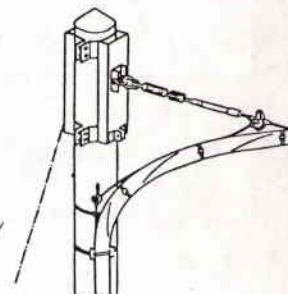
Les descentes de terre à effectuer sur une ligne MT en câbles isolés torsadés sont réalisés à l'aide d'un conducteur isolé 25 mm² cuivre type U 1000 R 02V.

Dans le cas présent, la mise à la terre est assurée dans le sol par le conducteur de terre du câble souterrain.

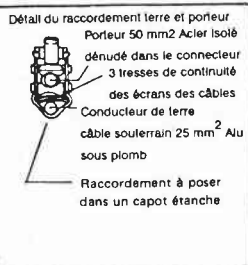
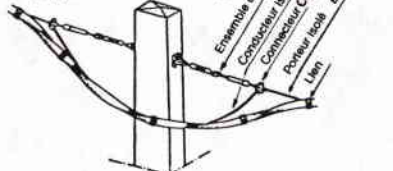
Support béton



Support bois

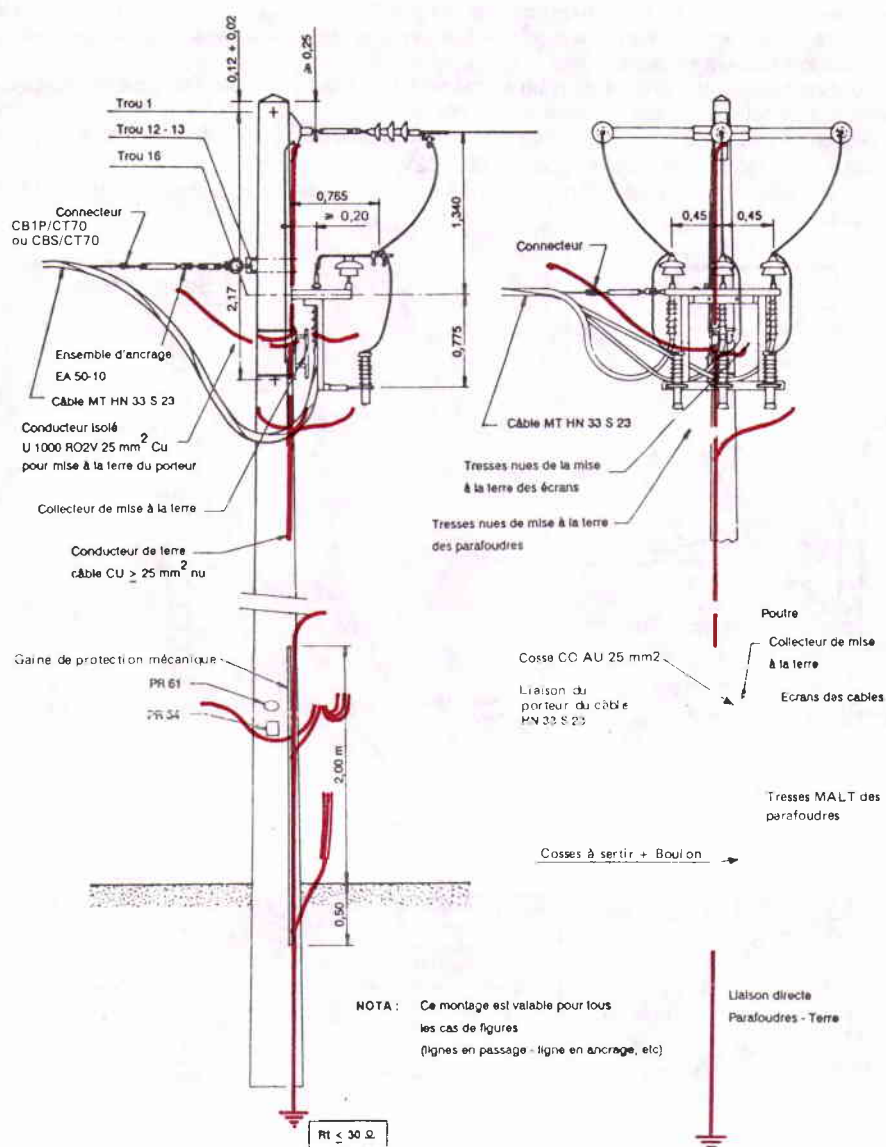


Support en double ancrage



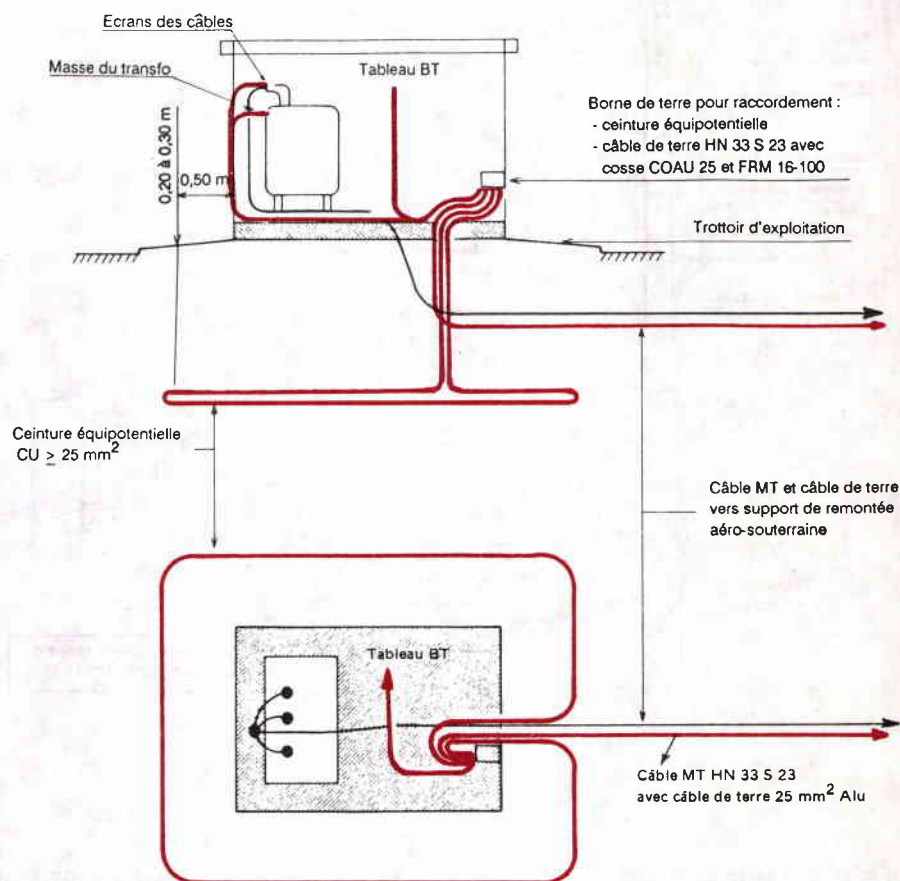
Guide technique B. 13. 22. 10 - Janvier 1990

MISE A LA TERRE D'UN SUPPORT DE RACCORDEMENT D'UNE LIGNE MT NUE ET D'UN CABLE MT HN 33 S 23 AERIEN



Guide technique B, 13, 22, 82 - Janvier 1990

MISE A LA TERRE DES MASSES D'UN POSTE SOUS CAPOT HN 64 S 31



Remarque :

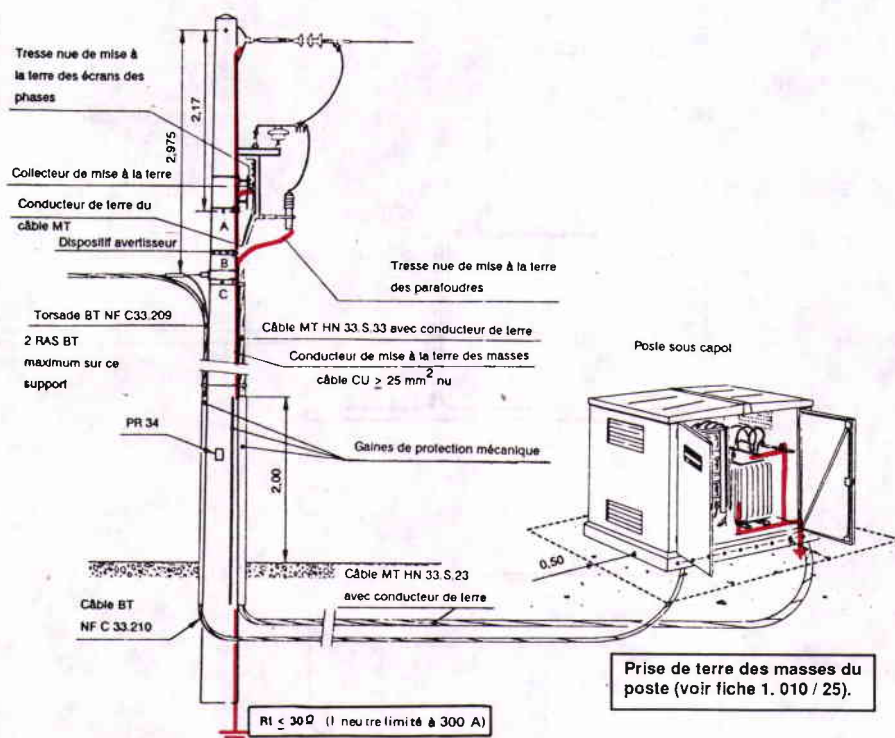
- La mise à la terre du neutre sera réalisée sur un des premiers supports du réseau BT à une distance du circuit de la terre à des masses supérieures à d1 (voir fiches 1. 010 / 5 - 1. 010 / 6).
- Les améliorations éventuelles seront réalisées par des prises de terre raccordées sur la borne de terre.

Guide technique B. 13. 22. 13 - Janvier 1990

| | | | |
|------------------------|-------------------------|------------|-------------|
| EDM-EDF SAINT-TULLE | MISES A LA TERRE | Sept. 1991 | 1. 010 / 25 |
|------------------------|-------------------------|------------|-------------|

MISE A LA TERRE DES MASSES D'UN POSTE SOUS CAPOT HN 64 S 31 ALIMENTE PAR UN RESEAU AERO-SOUTERRAIN

Synoptique du circuit de terre (voir fiche 1. 010 / 21).



La mise à la terre du neutre sera réalisée sur un des premiers supports du réseau BT à une distance minimum d1 de la terre des masses du poste ou de la RAS MT (voir fiches 1. 010 / 5 - 1. 010 / 6).

La mesure de la prise de terre des masses du support de la remontée aéro-souterraine sera effectuée indépendamment de celle des masses du câble et du poste. Sa valeur devra être inférieure à 30 Ω. Si nécessaire, on utilisera la tranchée du câble pour poser une câblette de 29 mm² Cu. En cas d'amélioration d'une terre des masses existante supérieure à 30 Ω, il conviendra de la réaliser au niveau du support plutôt qu'au poste, celle-ci étant prépondérante pour l'écoulement des courants de foudre.

Guide Technique B. 13, 22, 13 - Janvier 1990

POSTE DE TRANSFORMATION EN CABINE

La prise de terre est réalisée en fond de fouille lors de l'exécution des fondations. Un conducteur en cuivre nu de 25 mm² de section minimale formant une boucle est disposé avant bétonnage sur le périmètre extérieur du bâtiment. Ce conducteur traverse les fondations pour émerger à l'intérieur du poste à proximité du tableau BT, d'une hauteur de 0,20 m au-dessus du sol.

ELEMENTS A RACCORDER A LA PRISE DE TERRE DES MASSES

- Le ferrailage du radier.
- Les écrans des câbles MT et le conducteur de terre du câble HN 33 S 23 par l'intermédiaire du circuit de terre du tableau MT.
- Le tableau MT.
- Le châssis des tableaux BT.
- Les chemins de câbles métalliques.
- La cuve du transformateur.
- Les bornes de terre des transformateurs de mesures, condensateurs, etc...
- Les écrans et panneaux métalliques de protection.
- Le grillage des cellules et les différentes ferrures dans un poste type ouvert.

POSTE DE DISTRIBUTION PUBLIQUE INCORPORE DANS UN IMMEUBLE

Deux cas sont à considérer suivant la valeur R_g de la résistance globale de la prise de terre des masses et de tous les éléments reliés (conducteur de terre des câbles MT et boucle à fond de fouille dans l'immeuble).

$R_g < 1\Omega$: pas de problème particulier en accord avec les Services Techniques, le neutre peut être relié à la terre des masses.

$R_g > 1\Omega$: dans ce cas, les trois prises de terre (masses du poste, neutre BT, masses des usagers (*boucle à fond de fouille*) devraient être séparées).

La réalisation d'une prise de terre séparée pour le neutre ne pose pas de problèmes particuliers, la séparation entre les masses du poste et les masses des usagers est toujours illusoire, car il existe des liaisons de fait par les ossatures du bâtiment ; il est alors préférable d'établir le poste dans un bâtiment isolé, ce qui permet de réaliser une séparation effective des différentes prises de terre.

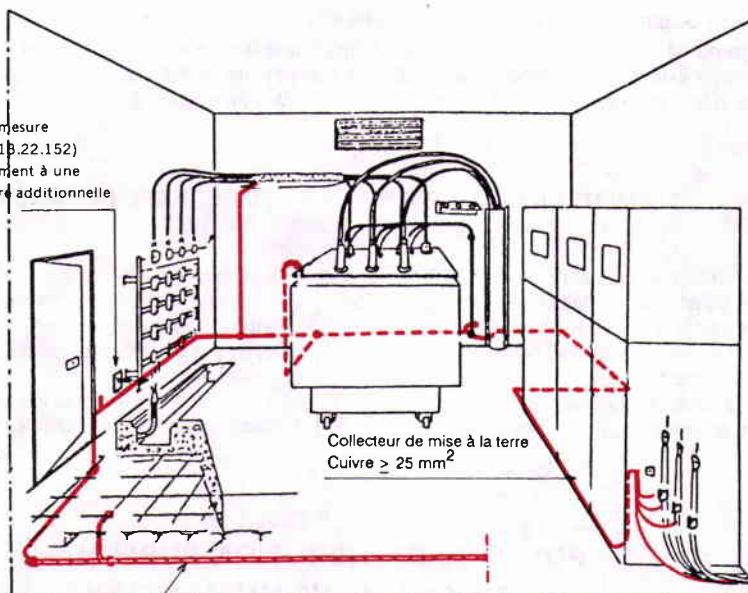
Cette disposition exceptionnelle dans le cas de réseau souterrain, devrait être adoptée systématiquement dans le cas de réseau MT aérien.

POSTE SOUTERRAIN

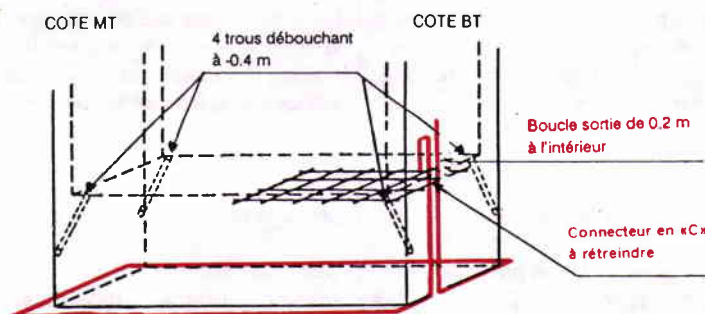
Les dispositions décrites ci-dessus sont applicables aux postes souterrains.

MISE A LA TERRE DES MASSES DE L'APPAREILLAGE D'UN POSTE EN CABINE DE TYPE URBAIN

Bornier de mesure
(voir FT B 13.22.152)
et raccordement à une
prise de terre additionnelle



Ceinture équipotentielle en fond de fouille
interconnectée avec le ferrailage de la dalle



NOTA : La porte et les ventilations ne sont pas reliées intentionnellement au circuit de terre des masses.

NB : Si le poste est utilisé en agglomération peu étendue, la résistance de terre des masses peut être supérieure à 1Ω ; la prise de terre du neutre doit alors être réalisée sur le réseau BT, à une distance mini d1 (voir fiches 1.010 / 5 - 1.010 / 6).

Guide Technique B. 13. 22. 151 - Janvier 1990

| | | | |
|-------------------------|-------------------------|------------|-------------|
| EDM-EDF SAINTE-TULLE | MISES A LA TERRE | Sept. 1991 | 1. 010 / 28 |
|-------------------------|-------------------------|------------|-------------|

POSTE PREFABRIQUE URBAIN COMPACT

PRISE DE TERRE DES MASSES

Pour les postes préfabriqués à encombrement normal, réduit ou sous capots, la prise de terre des masses sera constituée d'un conducteur en cuivre nu de 25 mm² de section minimale formant une boucle fermée, disposée sur le sol en fond de fouille.

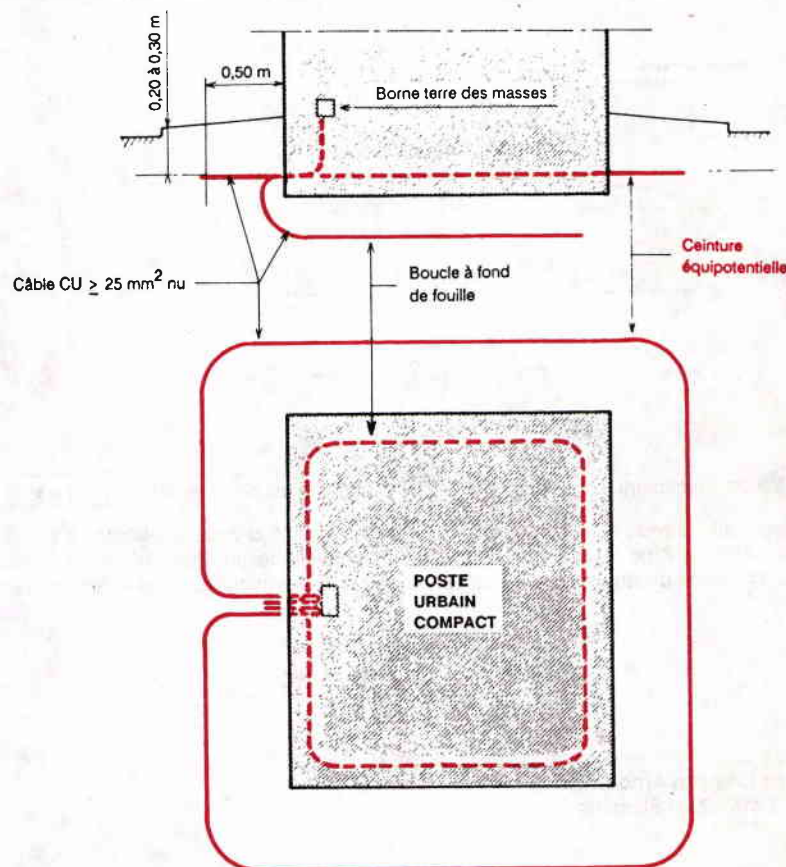
De plus lorsque l'enveloppe est métallique, pour éviter les tensions de contact entre l'enveloppe et le sol autour du poste, il convient de raccorder à la prise de terre des masses une ceinture équipotentielle constituée par un câble

en cuivre nu de 25 mm² de section minimale posé à 0,50 m de l'enveloppe, enfoui à une profondeur d'environ 0,20 à 0,30 m.

Les portes sont reliées électriquement aux parois par une tresse métallique souple.

Le câble de terre des liaisons MT (câble HN 33 S 23), raccordé au circuit de terre du poste, participe à l'amélioration de la résistance de la prise de terre.

Le circuit de terre et les éléments à relier à ce dernier, sont décrits au paragraphe précédent.



Guide technique B. 13. 22. 17 - Janvier 1990

EDM-
SAINT-E.

MISES A LA TERRE

Sept. 1991

1. 010 / 29

MESURE DE RESISTANCE DES PRISES DE TERRE

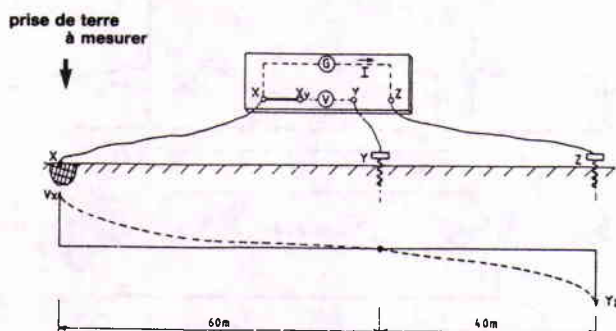
PRINCIPES DE MESURE

La seule méthode à employer est celle dite de la chute de potentiel appliquée avec un tellurohmètre et avec une disposition en ligne des électrodes auxiliaires.

La disposition des piquets auxiliaires (Z : retour du courant injecté dans la prise de terre, Y : référence de potentiel) doit être choisie de manière à assurer :

- Un découplage suffisant avec la prise de terre à mesurer X, découplage réputé respecté si l'on suit les conditions de distance indiquées.
- La validité de la référence de potentiel de sol.

METHODE DE MESURE



L'appareil injecte un courant I, relève V, calcule V / I et donne ainsi directement

$$R = V / I$$

X, Y, Z doivent être alignés et espacés conformément au schéma ci-dessus (distance XY = 60% de la distance XZ). Y et Z ne doivent pas être implantés dans la mesure du possible sur le domaine public où la présence d'autres terres existantes ou de conduites métalliques enterrées fausserait la mesure.

MATERIELS DE MESURE

Utilisation de tellurohmètres d'usage simple, à quatre bornes :

- TERCA de Chauvin Arnoux
- FIOHM B 4150 Z de Siemens

Guide Technique B, 13, 21, 261 et 262 - Janvier 1990

MESURE DE TERRE DU NEUTRE

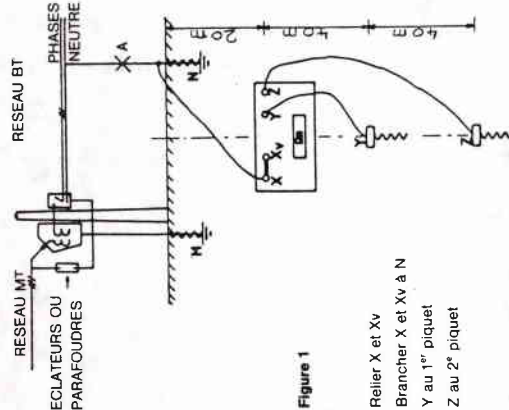


Figure 1

Relier X et Xv
Brancher X et Xv à N
Y au 1^{er} piquet
Z au 2^e piquet

Placer le tellurhmmètre entre M et N à 20 m.

Implanter Y et Z à 40 et 80 m dans le même axe.

1 - Mesure de MALT du neutre interconnecté < 15 Ω.

2 - Ouvrir A (sauf s'il n'existe pas d'autres MALT du neutre)

3 - Mesure de MALT du neutre déconnecté < 60 Ω (RN)

5 - Laisser A ouvert durant la mesure.

* Nota : L'ouverture au point A est nécessaire pour permettre la mesure de couplage de la première prise de terre du neutre.

Remarque : Rétablir la liaison au point A lorsque l'ensemble des mesures est terminé

Guide Technique B. 13. 21. 40 - Janvier 1990

MESURE DE TERRE DES MASSES

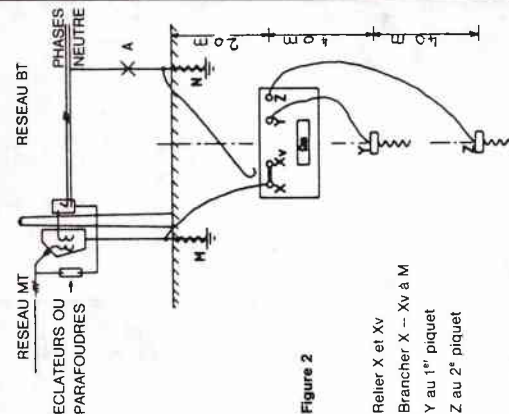


Figure 2

Relier X et Xv
Brancher X - Xv à M
Y au 1^{er} piquet
Z au 2^e piquet

1 - Mesure de MALT des masses < 30 Ω. (RM)

MESURE DU COUPLAGE

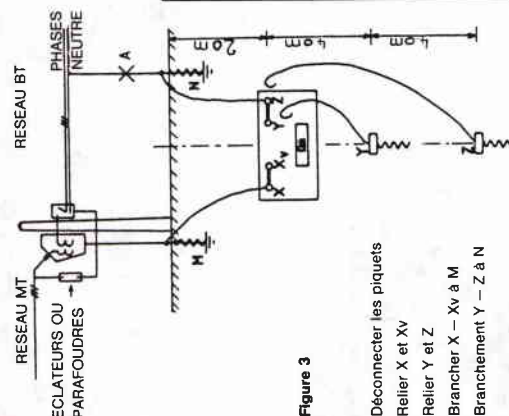


Figure 3

Déconnecter les piquets
Relier X et Xv
Relier Y et Z
Brancher X - Xv à M
Branchement Y - Z à N

1) Mesurer RMN

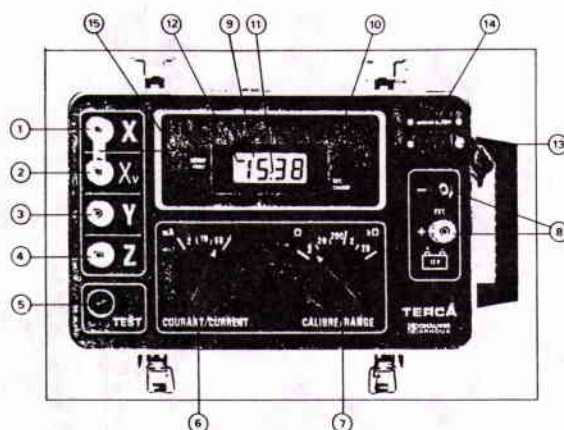
2) Calculer le couplage $RC = \frac{RM + RN - RMN}{2}$

3) Calculer le coefficient de couplage

$$k = \frac{RC}{RM} < 0,15$$

MESUREUR DE TERRE TERCA DE CHAUVIN-ARNOUX

DESCRIPTION



- 1 } Bornes d'entrée mesure
- 2 }
- 3 }
- 4 }
- 5 Bouton-poussoir de mesure
- 6 Commutateur pour sélection du courant de mesure
- 7 Commutateur pour sélection du calibre
- 8 Bornes de raccordement pour alimentation par batterie externe
- 9 Afficheurs
- 10 Voyant témoin de charge des batteries internes
- 11 Indicateur de batteries faibles
- 12 Indicateur de mesure non valide
- 13 Prise pour branchement du cordon secteur
- 14 Plaque indicatrice de la tension secteur
- 15 Bâtonne pour mesure de terre

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

- Boîtier plastique antichoc
- Degré de protection selon norme NF C 20 010 : IP 53
- Couvercle dégonflable et poignée de transport
- Dimensions : 400 x 260 x 250 mm (L x l x H)
- Masse : 6,5 kg environ
- Tension d'épreuve diélectrique :
 - 2000 V eff/50 Hz entre les 4 bornes mesures réunies et toute masse métallique extérieure
 - 2000 V/50 Hz entre l'entrée secteur et les bornes de mesure ou la face avant.
- Courants de mesure : - courant alternatif rectangulaire
 - 2 mA, 10 mA ou 50 mA
 - fréquence : 128 Hz
- Tension de mesure maximale : 20 V crête
- Tenue aux chocs :
 - La conception interne de l'appareil et la résistance du boîtier permettent des chocs importants survenant lors des manutentions sur chantier.

Affichage :

- Afficheurs à cristaux liquides 7 segments - hauteur 18 mm
- 2000 points
- Lecture directe en Ω ou en k Ω
- Indication de batteries faibles : par affichage de 2 points
- Indication de charge des batteries : par voyant lumineux
- Indication de mesure non valide : par affichage d'une flèche et par clignotement de l'ensemble des chiffres.
- Indication de dépassement du calibre : affichage "1,..." ou par indication de mesure non valide.

Alimentation :

- par batteries (2 x 6 V \approx) au plomb (étanches) sans entretien, incorporées au boîtier
 - domaine de tension admissible : 11 à 14 V \approx
 - batteries rechargeables par chargeur incorporé bi-tension 187 à 253 V ou 94 à 127 V (47 à 450 Hz)
 - livré en 220 V \approx
- par batterie extérieure 12 V \approx / 1A

Raccordement : par bornes (fils : cosse fourches d'ouverture minimum 4 mm ; fiches "bananes" \varnothing 4 mm)

Conditions climatiques :

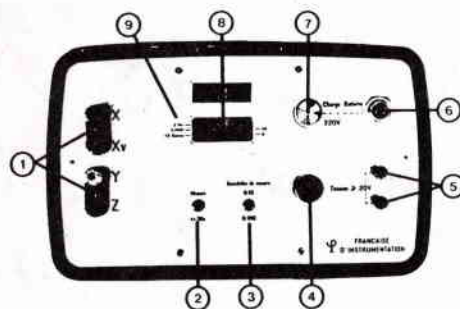
| Domaine | Référence | Utilisation | Stockage |
|-------------|----------------|---------------|---------------------------------|
| Température | 23°C \pm 3°C | - 5°C à 50°C | - 20°C à 70°C |
| Humidité | 30 à 50% H.R. | 0 à 80 % H.R. | 0 à 90 % H.R. hors condensation |

Guide Technique B. 13. 22. 261 - Janvier 1990

| | | | |
|------------------------|------------------|------------|-------------|
| EDM-EDF SAINT-TULLE | MISES A LA TERRE | Sept. 1991 | 1. 010 / 32 |
|------------------------|------------------|------------|-------------|

MESUREUR DE TERRE FIOHM - B 4150-Z

(VERSION CHANTIER du GEOHM B 4150-Z SIEMENS)



- 1- Entrées des mesures
- 2- Touche mesure (coupure automatique après 30 s)
- 3- Commutateur de gamme
- 4- Témoin rouge (présence tension $\geq 20V$)
- 5- Bornes d'amenée mesure de tension
- 6- Connecteur pour cordon secteur
- 7- Témoin jaune pour présence tension secteur
- 8- Afficheur
- 9- Symboles d'indication (charge batterie, dépassement de calibre, Z>> , etc...)

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES

- Boîtier portable en plastique résistant aux chocs
- Dimensions : 370 x 230 x 240 mm
- Poids : env. 6,2 kg
- Indice de protection : IP-65
- Sensibilité aux chocs et vibrations : grâce à l'utilisation d'un boîtier antichoc et au montage "flottant" des modules électroniques, l'appareil est adapté à un transport dans des véhicules de service et une utilisation sur le terrain sans précautions particulières.
- Tension de mesure : env. 40V eff. à vide
Résistance interne : env. 1 k Ω
Fréquence : 108 Hz pilotée par quartz
- Courant de mesure : env. 40mA en court-circuit
- Cadence de mesure : 1 mesure/seconde
Etendues de mesure (commutation automatique) 0,01 Ω à 19,99 Ω
Affichage en Ω et k Ω
- Précision (à 23°C)
de 0 à < 2.000 Ω : 1 % de la mesure + 2 digits
de 2 à 10 k Ω : 2 % de la mesure + 2 digits

- Afficheur : à cristaux liquides à 4 digits (13 mm) 2 000 points
Indication : symbole pour dépassement de calibre, charge batterie insuffisante, Z>>.
- Voyant rouge : présence tension $\geq 20V$
- Voyant jaune : présence tension secteur sur chargeur
- Alimentation : batterie au plomb gélifié étanche 6V - 3Ah (permet plusieurs milliers de mesures)
Chargeur incorporé à courant constant et à limitation de tension
Tension de charge : 165 - 250V (47 à 60Hz)
Cordon secteur amovible
- Branchement : 4 bornes pour fiche banane 4mm, cosses fourches ou fils nus.

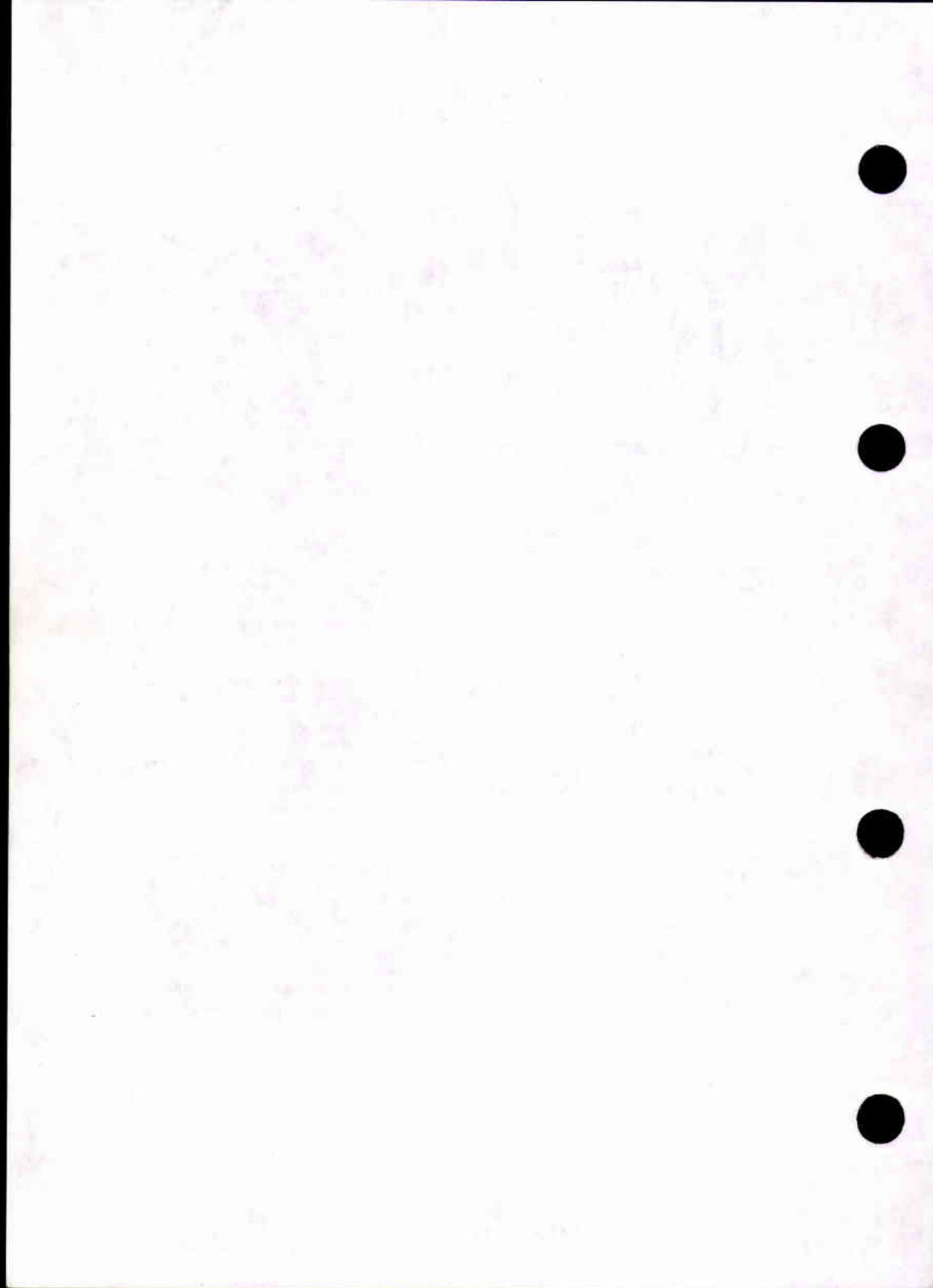
CONDITIONS D'UTILISATION

- Température nominale : 23 °C
- Température d'utilisation : 0 à 40 °C
- Température de stockage : -10 à +70 °C
- Tension d'isolement :
entrées mesure/masse : 2 000V/50Hz
entrée secteur (chargeur)/masse : 2 000V/50Hz

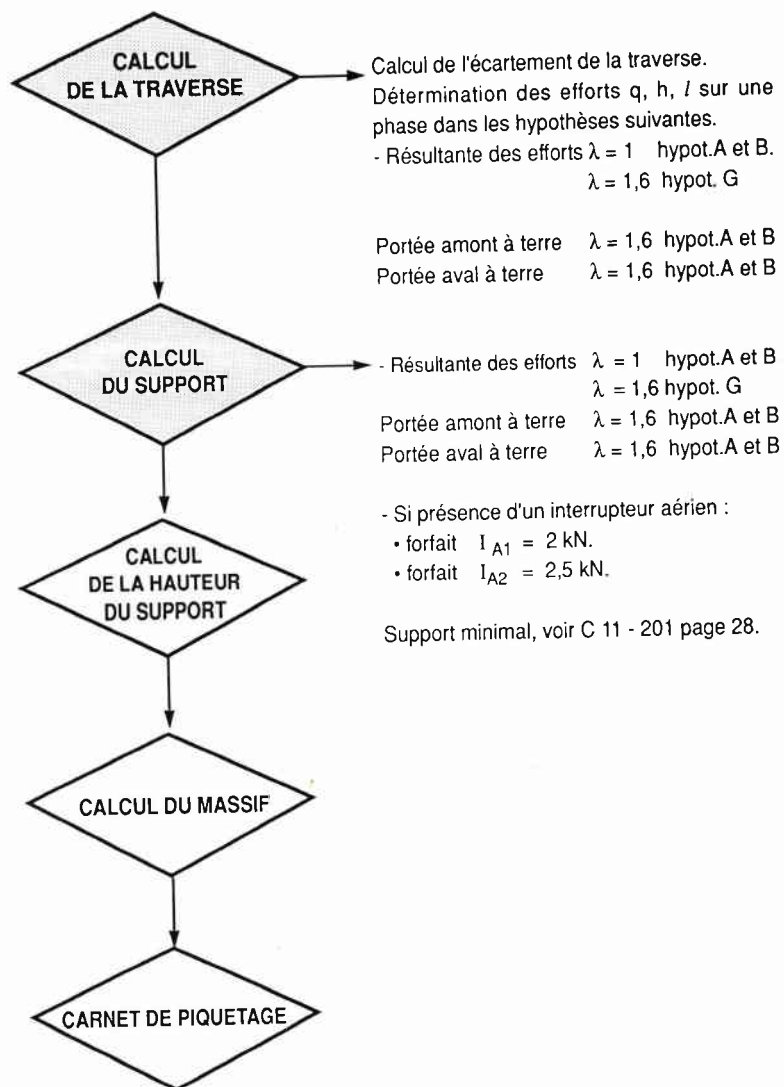
F.I. - 5 rue du Bois des Joncs Marins - 94120 FONTENAY SOUS BOIS -

Guide Technique B. 13. 22. 262 - Janvier 1990

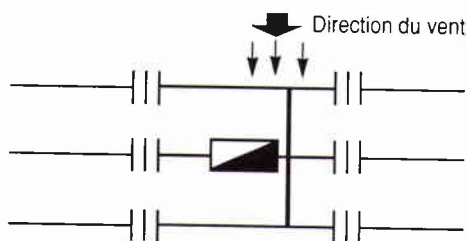
| | | | |
|-------------------------|------------------|------------|-------------|
| EDM-EDF SAINTE-TULLE | MISES A LA TERRE | Sept. 1991 | 1. 010 / 33 |
|-------------------------|------------------|------------|-------------|



CALCUL MANUEL SUPPORT SEMI - ARRET LIGNE HTA RIGIDE



CALCUL MANUEL SUPPORT SEMI - ARRET LIGNE HTA RIGIDE

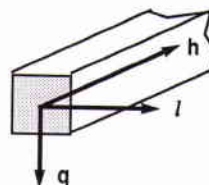


FONCTION DU SUPPORT SEMI-ARRÊT (S.A.)

1 - CALCUL DE LA TRAVERSE RIGIDE

Il existe plusieurs modèles de traverses qui se différencient par leurs diagrammes de travail et leurs utilisations.

Chaque traverse a une équation de travail correspondant à son diagramme d'effort.



| TYPES | UTILISATION | EQUATIONS | DIAGRAMME | TRAVERSE |
|-------|-------------------------------|------------------------------------|-----------|---|
| X | Ancrages et simples fixations | $l + 0,5 q + 0,3 h \leq \lambda f$ | | Tube rectangulaire en E 36 : 120 x 60 |
| Y | Ancrages ou | $l + q + 0,5 h \leq \lambda f$ | | Tube carré en E 36 : 70 x 70 |
| Z | arrêts | $l + 2 q + 0,8 h \leq \lambda f$ | | Tube rectangulaire en E 36 : 120 x 60 |
| U | Arrêt simple | $l + 2 q + 0,8 h \leq \lambda f$ | | Tube rectangulaire en E 36 : 120 x 60 |

CALCUL MANUEL SUPPORT SEMI - ARRET LIGNE HTA RIGIDE

- ϖ = Poids linéique du câble par unité de section kN/(m. mm²), pour le câble Aster, $\varpi = 268 \times 10^{-7}$ kN/(m. mm²).
- S = Section nominale du câble en mm².
- a_1 = Portée en mètres.
- a_2 = Portée en mètres.
- forfait iso. = Forfait isolateur (poids de la chaîne d'ancrage) = 0,1 kN
- ϕ_c = Diamètre extérieur du câble en mètres.
- P_{vc} = Pression du vent sur le conducteur en Pascals, (fonction de l'hypothèse climatique et de la zone de vent).
- $\frac{T_1}{3}$ = Tension sur un conducteur pour la portée a_1 (kN) aux différentes hypothèses climatiques.
- $\frac{T_2}{3}$ = Tension sur un conducteur pour la portée a_2 (kN) aux différentes hypothèses climatiques.
- \vec{h} Dans l'expression de \vec{h} on divise le numérateur par 10^3 pour obtenir un résultat en kN.

| | ETE | HIVER | GIVRE |
|----------|---|--|---|
| q | $\varpi \times s \times (\frac{a_1 + a_2}{2}) + 2 \times \text{forfait iso.}$ | | $(\varpi \times s + m) \times \frac{a_1 + a_2}{2} + 2 \times \text{forfait iso.}$ |
| h | $\frac{\phi_c \times \frac{a_1 + a_2}{2} \times P_{vc}(\text{été})}{10^3}$ | $\frac{\phi_c \times \frac{a_1 + a_2}{2} \times P_{vc}(\text{hiver})}{10^3}$ | $\frac{\phi_c \times \frac{a_1 + a_2}{2} \times P_{vc}(\text{givre})}{10^3}$ |
| l | $\frac{T_1}{3} - \frac{T_2}{3}$ | $\frac{T_1}{3} - \frac{T_2}{3}$ | $\frac{T_1}{3} - \frac{T_2}{3}$ |

Exemple : Une traverse de type NA Y a une équation de travail :

$$\lambda f \geq l + q + 0,5 h$$

$$f \geq \frac{l + q + 0,5 h}{\lambda}$$

Les valeurs à prendre en compte pour λ sont :

$\lambda = 1$ hypothèses A et B

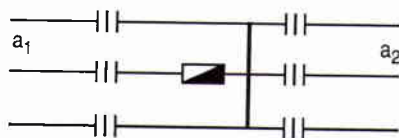
$\lambda = 1,6$ hypothèse G.

Pour calculer la traverse rigide, il faut calculer les composantes q, h, et l qui lui seront appliquées.

- Ces calculs doivent se faire dans trois cas de figures ci-après :

CALCUL MANUEL SUPPORT SEMI - ARRET LIGNE HTA RIGIDE

1er cas Les portées a_1 et a_2 sont sur le support.



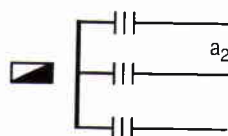
Après avoir choisi la traverse que l'on veut utiliser on calculera son effort nominal à l'aide de son équation de travail. On détermine ainsi $f_{théorique}$ aux trois hypothèses climatiques A, B et G.

- Les valeurs à prendre en compte pour λ sont :

$\lambda = 1$ hypothèses A et B

$\lambda = 1,6$ hypothèse Givre.

2ème cas La portée a_1 est à terre.



| | ETE | HIVER | GIVRE |
|----------|--|--|-------|
| q | $\varpi \times s \times (\frac{a_2}{2}) + \text{forfait iso.}$ | | |
| h | $\frac{\phi_c \times \frac{a_2}{2} \times P_{vc}(\text{été})}{10^3}$ | $\frac{\phi_c \times \frac{a_2}{2} \times P_{vc}(\text{hiver})}{10^3}$ | |
| I | $\frac{T2}{3}$ | $\frac{T2}{3}$ | |

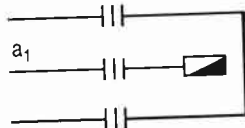
A l'aide du même type de traverse que dans le cas n°1, on calculera son effort nominal à l'aide de son équation de travail.

On détermine ainsi $f_{théorique}$ aux deux hypothèses A et B pour lesquelles on prendra $\lambda = 1,6$.

Vous remarquerez que dans ce cas de figure on ne fait pas de calcul avec l'hypothèse givre. Cela vient du fait qu'aux hypothèses A et B, on a déjà pris un coefficient de travail $\lambda = 1,6$.

CALCUL MANUEL SUPPORT SEMI - ARRET LIGNE HTA RIGIDE

3ème cas La portée a_2 est à terre.



| | ETE | HIVER | GIVRE |
|----------|--|--|-------|
| q | $\sigma \times s \times (\frac{a_2}{2}) + \text{forfait iso.}$ | | |
| h | $\frac{\phi_c \times \frac{a_1}{2} \times P_{vc(\text{été})}}{10^3}$ | $\frac{\phi_c \times \frac{a_1}{2} \times P_{vc(\text{hiver})}}{10^3}$ | |
| I | $\frac{T1}{3}$ | $\frac{T1}{3}$ | |

A l'aide du même type de traverse que dans le cas n°1, on calculera son effort nominal à l'aide de son équation de travail.

On détermine ainsi $f_{\text{théorique}}$ aux deux hypothèses A et B pour lesquelles on prendra $\lambda = 1,6$.

Vous remarquerez que dans ce cas de figure on ne fait pas de calcul avec l'hypothèse givre. Cela vient du fait qu'aux hypothèses A et B, on a déjà pris un coefficient de travail $\lambda = 1,6$.

Résumé pour le calcul de la traverse.

| | | |
|--|--|--|
| | | |
| Hypothèse A avec $\lambda = 1$ Hypothèse B avec $\lambda = 1$ Hypothèse G avec $\lambda = 1,6$ | Hypothèse A avec $\lambda = 1,6$ Hypothèse B avec $\lambda = 1,6$ | Hypothèse A avec $\lambda = 1,6$ Hypothèse B avec $\lambda = 1,6$ |

Il faut choisir comme traverse, la traverse normalisée qui aura son effort égal à l'effort le plus défavorable que l'on a trouvé par le calcul.

Si cette valeur n'existe pas dans la gamme des traverses, on prendra celle qui a un effort immédiatement supérieur à l'effort maximal calculé.

Dans la gamme des traverses il existe 3 dimensions :

- NA 1 écartement entre phases de 1, 05 m.
- NA 2 écartement entre phases de 1, 20 m.
- NA 3 écartement entre phases de 1, 50 m.

Il faut calculer l'écartement de la traverse.

- Voir le détail de ce calcul au chapitre "écartement des conducteurs", page 1.150/60.

CALCUL MANUEL SUPPORT SEMI - ARRET LIGNE HTA RIGIDE

2 - CALCUL DU SUPPORT.

• **Cas du semi-arrêt sans interrupteur.**

Il faut calculer les efforts qui seront appliqués au support afin de déterminer l'effort nominal du support à installer.

- Les cas ci-dessous doivent-être traités.

F = Effort théorique du support (kN).

η = Coefficient de déclassement du support.

Les efforts nominaux des supports sont donnés à 0,25 m sous son sommet. Les efforts des conducteurs pouvant s'exercer à différents niveaux, en fonction de la géométrie de l'armement et de sa position sur le support, il est donc nécessaire de ramener ces valeurs à : 0,25 m sous la tête du support.

- Pour une traverse ancrée en tête du support => $\eta = 1$.

- Pour une traverse ancrée à 1,05 de la tête du support (cas de l'interrupteur), on aura $\eta = 1,1$.

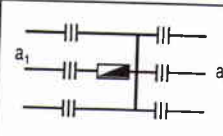
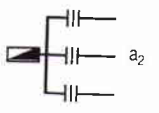
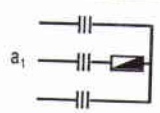
H = Effort transversal dû au vent sur les conducteurs (kN). ==> $H = h \times 3$

L = Effort longitudinal à la ligne dû aux conducteurs (kN). ==> $L = l \times 3$

τ = Coefficient transversal du support.

- Pour un support de classe D => $\tau = 0,5$.

g = Coefficient prenant en compte, à la fois, la valeur de λ (coefficient de travail du support), la valeur du vent sur le support et l'angle formé entre l'axe de grande inertie du support et l'axe du vent.
(Voir le chapitre "Utilisation du coefficient g").

| |  | | |  | |  | |
|--------------------------------------|---|---|-----|---|-----|--|-----|
| Hypothèses | A | B | G | A | B | A | B |
| $\lambda =$ | 1 | 1 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 |
| Support béton classe D | $F \geq \frac{1}{\eta} \times \frac{1}{g} \times \left[L + \frac{H}{\tau} \right]$ | | | $F \geq \frac{1}{\eta} \times \frac{1}{g} \times \left[L + \frac{H}{\tau} \right]$ | | $F \geq \frac{1}{\eta} \times \frac{1}{g} \times \left[L + \frac{H}{\tau} \right]$ | |
| Support béton classe E ou métallique | $F \geq \frac{1}{\eta} \times \frac{1}{g} \times \sqrt{L^2 + H^2}$ | | | $F \geq \frac{1}{\eta} \times \frac{1}{g} \times \sqrt{L^2 + H^2}$ | | $F \geq \frac{1}{\eta} \times \frac{1}{g} \times \sqrt{L^2 + H^2}$ | |

CALCUL MANUEL SUPPORT SEMI - ARRET LIGNE HTA RIGIDE

- Cas du support semi-arrêt avec interrupteur.

NF C 11 - 201

Interrupteurs aériens.

Les interrupteurs aériens doivent-être conformes à la norme en vigueur et être d'un modèle agréé.

Ils sont choisis parmi les deux types suivants :

- Le type 1 de pouvoir de coupure nominal de charges principalement actives 50 A.
- Le type 2 de pouvoir de coupure nominal de charges principales actives 100 A.

Leurs emplacements doivent-être convenablement dégagés et facilement accessibles.

Les caractéristiques du support et son orientation sont déterminés en fonction des contraintes prévisibles appliquées à ce support, y compris l'effort dû au vent sur le support, en tenant compte d'un effort supplémentaire de :









- 2 kN pour l'interrupteur de type 1.

- 2,5 kN pour l'interrupteur de type 2,

correspondant à l'effort du vent sur l'interrupteur et aux efforts de manœuvre.

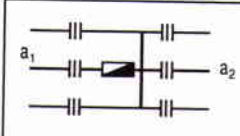
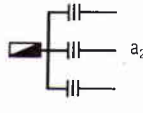
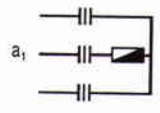
Les caractéristiques minimales du support en béton, ou métallique, ou constitué de poteaux en bois à mettre en place, même dans le cas d'alignement, sont indiquées dans le tableau XIX.

TABLEAU XIX
Caractéristiques minimales des supports d'interrupteurs aériens

| Support | Interrupteur de type 1 | | Interrupteur de type 2 | |
|-------------|---|---|--|---|
| | alignement | arrêt | alignement | arrêt |
| Position |  |  |  |  |
| Classe (*) |  |  |  |  |
| Béton D | 4 kN | 5 kN | 8 kN | 10 kN |
| E | 8 kN | | 8 kN | |
| Bois jumelé | JS 190 | JS 325 | | |
| Métallique | 4 kN | 4 kN | 6,5 kN | |

CALCUL MANUEL SUPPORT SEMI - ARRET LIGNE HTA RIGIDE

• Cas du semi-arrêt avec interrupteur.


| | | | | | | | |
|--------------------------------------|---|---|-----|---|-----|---|-----|
| |  | | |  | |  | |
| Hypothèses | A | B | G | A | B | A | B |
| $\lambda =$ | 1 | 1 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 | 1,6 |
| Support béton classe D | $F \geq \frac{1}{\eta} \times \frac{1}{g} \times \left[L + \frac{H}{\tau} \right] + \frac{\text{Forfait IA}}{\lambda}$ | | | $F \geq \frac{1}{\eta} \times \frac{1}{g} \times \left[L + \frac{H}{\tau} \right] + \frac{\text{Forfait IA}}{\lambda}$ | | $F \geq \frac{1}{\eta} \times \frac{1}{g} \times \left[L + \frac{H}{\tau} \right] + \frac{\text{Forfait IA}}{\lambda}$ | |
| Support béton classe E ou métallique | $F \geq \frac{1}{\eta} \times \frac{1}{g} \times \sqrt{L^2 + H^2} + \frac{\text{Forfait IA}}{\lambda}$ | | | $F \geq \frac{1}{\eta} \times \frac{1}{g} \times \sqrt{L^2 + H^2} + \frac{\text{Forfait IA}}{\lambda}$ | | $F \geq \frac{1}{\eta} \times \frac{1}{g} \times \sqrt{L^2 + H^2} + \frac{\text{Forfait IA}}{\lambda}$ | |

C 11- 201 page n° 28

Forfait IA = 2 kN pour un IA 1.

Forfait IA = 2,5 kN pour un IA 2.

Support minimal à installer :

| | | | |
|---|--------|----------------------------------|-------|
|  | 4 kN | pour un support métallique avec | IA 1. |
| | 6,5 kN | pour un support métallique avec | IA 2. |
| | 5 kN | pour un support de classe D avec | IA 1. |
| | 10 kN | pour un support de classe D avec | IA 2. |
| | 8 kN | pour un support de classe E. | |

On prendra le support dont l'effort nominal est égal ou immédiatement supérieur à la valeur la plus défavorable que l'on a calculée pour F dans les différents cas de figure.

3 - CALCUL DE LA HAUTEUR DU SUPPORT

Voir le détail au chapitre "Détermination de la hauteur d'un support".

H = Implantation + hauteur réglementaire des conducteurs + flèche
+ distance accrochage des conducteurs par rapport au sommet du support.

4 - CALCUL DE LA FONDATION D'UN SUPPORT

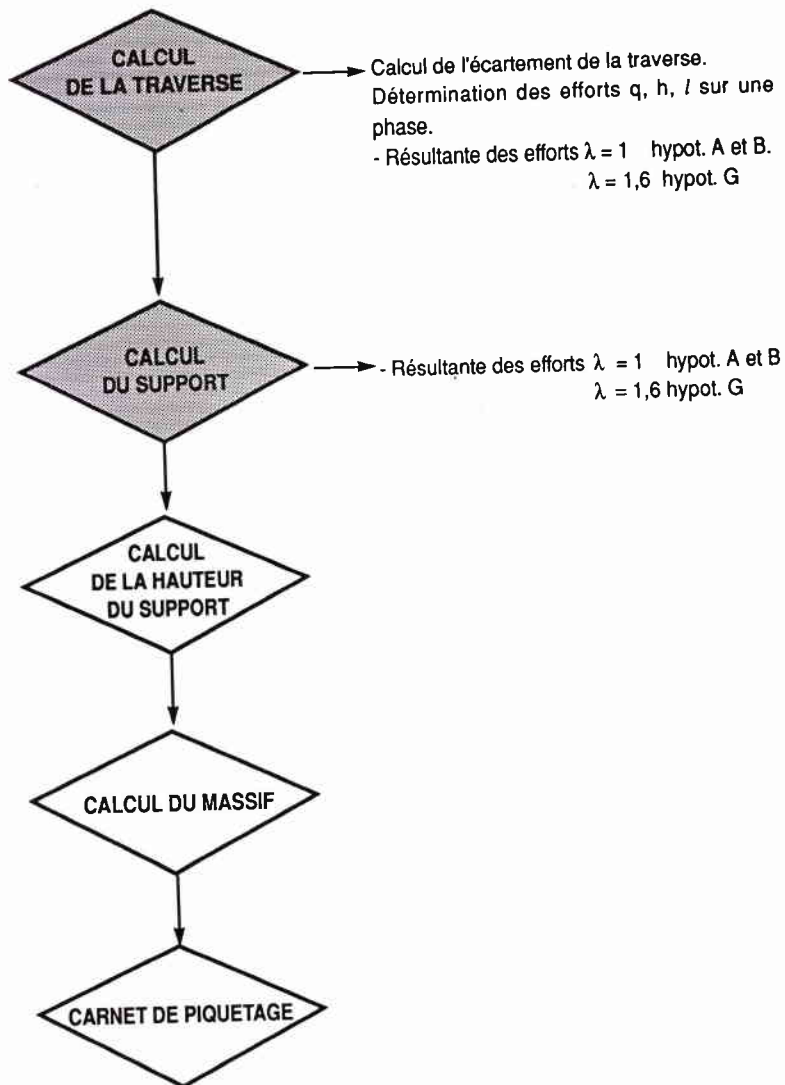
Voir le détail au chapitre "Fondations des supports".

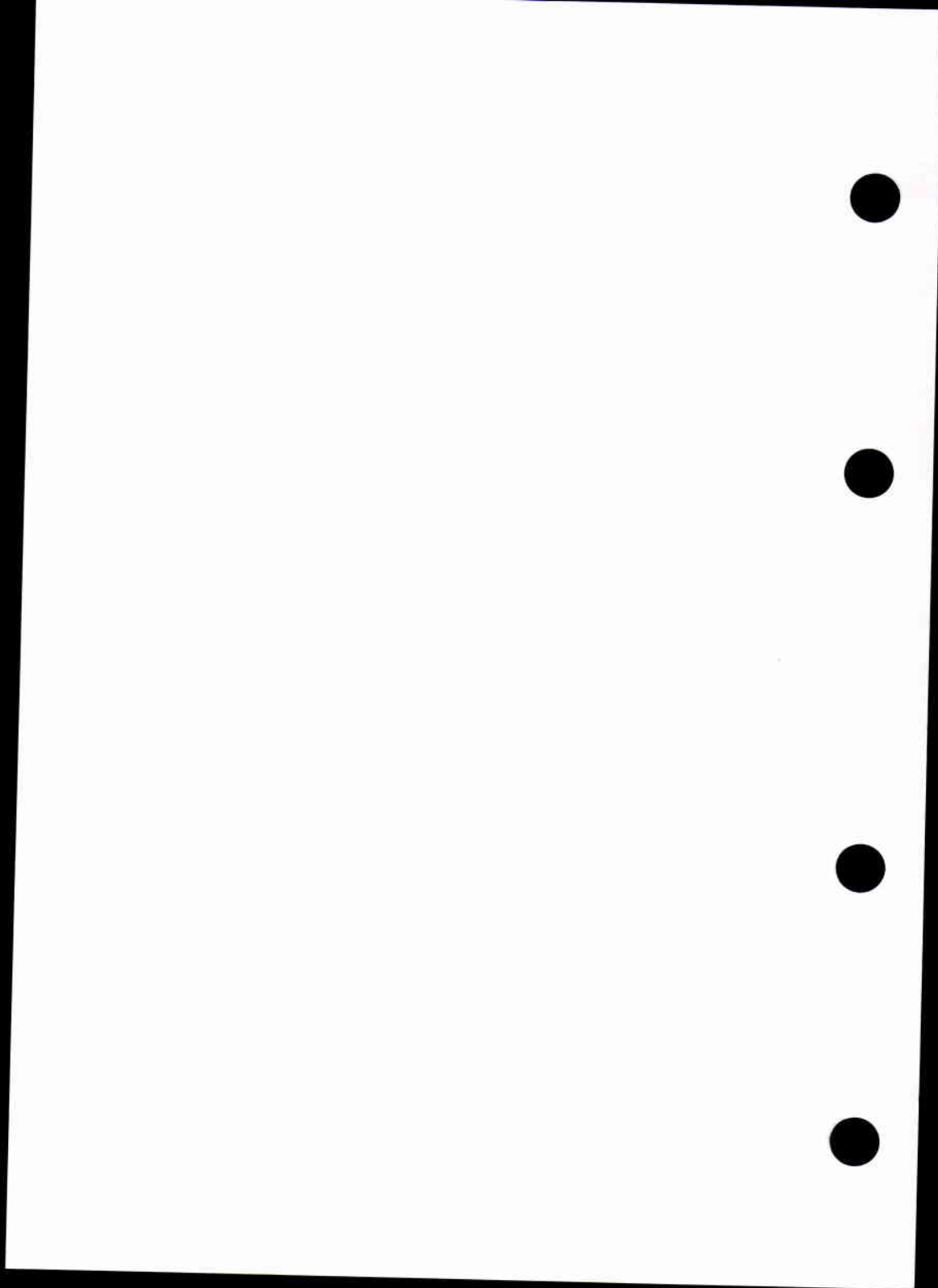
5 - CARNET DE PIQUETAGE

Reporter sur le carnet de piquetage les caractéristiques :

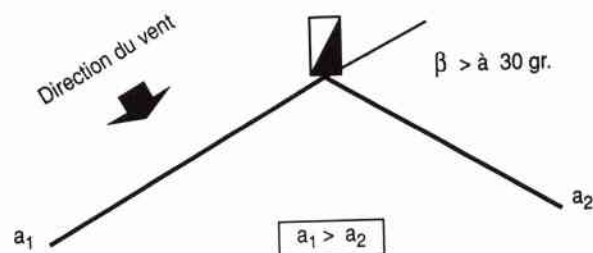
- Du support.
- De la traverse d'ancrage.
- Des isolateurs.
- De l'appareillage éventuel (interrupteur).
- De l'équipement (terre si nécessaire, etc...).

CALCUL MANUEL SUPPORT DOUBLE ANCRAGE LIGNE HTA RIGIDE





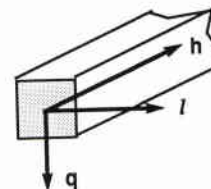
CALCUL MANUEL SUPPORT DOUBLE ANCRAGE LIGNE HTA RIGIDE



FONCTION DU SUPPORT DOUBLE ANCRAGE (DA)

1 - CALCUL DE LA TRAVERSE RIGIDE.

Il existe plusieurs modèles de traverses qui se différencient par leurs diagrammes de travail et leurs utilisations. Chaque traverse a une équation de travail correspondant à son diagramme d'effort.



| TYPES | UTILISATION | EQUATIONS | DIAGRAMME | TRAVERSE |
|-------|-------------------------------|------------------------------------|-----------|---------------------------------------|
| X | Ancrages et simples fixations | $l + 0,5 q + 0,3 h \leq \lambda f$ | | Tube rectangulaire en E 36 : 120 x 60 |
| Y | Ancrages | $l + q + 0,5 h \leq \lambda f$ | | Tube carré en E 36 : 70 x 70 |
| Z | ou arrêts | $l + 2 q + 0,8 h \leq \lambda f$ | | Tube rectangulaire en E 36 : 120 x 60 |
| U | Arrêt simple | $l + 2 q + 0,8 h \leq \lambda f$ | | Tube rectangulaire en E 36 : 120 x 60 |

CALCUL MANUEL SUPPORT DOUBLE ANCRAGE LIGNE HTA RIGIDE

- ϖ = Poids linéique du câble par unité de section $\text{kN}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$. Pour le câble Aster, $\varpi = 268 \times 10^{-7} \text{ kN}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$.
- **S** = Section nominale du câble en mm^2 .
- **a₁** = Portée en mètres.
- **a₂** = Portée en mètres.
- **forfait iso.** = Forfait isolateur (poids de la chaîne d'ancrage) = 0,1 kN
- ϕc = Diamètre extérieur du câble en mètres.
- **Pvc** = Pression du vent sur le conducteur en Pascals . (Elle est fonction de l'hypothèse climatique et de la zone de vent).
- $\frac{T_1}{3}$ = Tension sur un conducteur pour la portée a_1 (kN) aux différentes hypothèses climatiques.
- $\frac{T_2}{3}$ = Tension sur un conducteur pour la portée a_2 (kN) aux différentes hypothèses climatiques.
- β = Angle de piquetage.
- **Va₁** = Effort du vent sur la demi-portée a_1 .
- **Va₂** = Effort du vent sur la demi-portée a_2 .
- **la₁** = Décomposition du vent sur l'axe "l" de l'armement.
- **la₂** = Décomposition du vent sur l'axe "l" de l'armement.
- **ha₁** = Décomposition du vent sur l'axe "h" de l'armement.
- **ha₂** = Décomposition du vent sur l'axe "h" de l'armement.

CALCUL MANUEL SUPPORT DOUBLE ANCRAGE LIGNE HTA RIGIDE

Exemple : Une traverse de type NA Y a une équation de travail :

$$\lambda f \geq l + q + 0,5 h$$

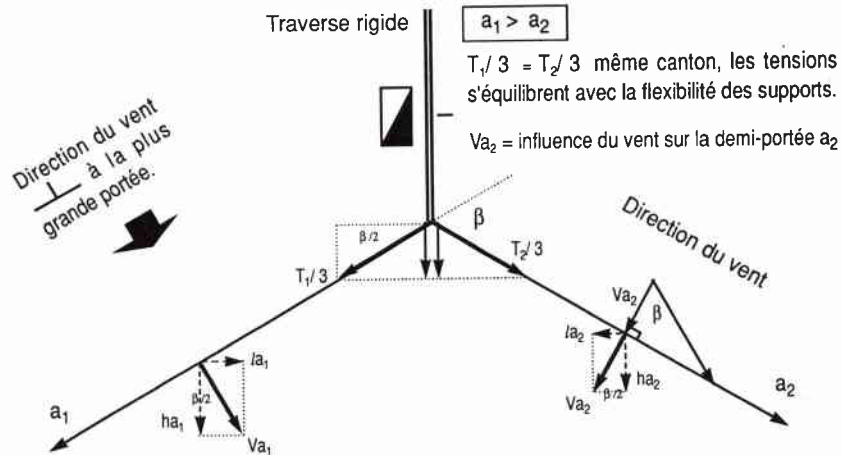
$$f \geq \frac{l + q + 0,5 h}{\lambda}$$

Les valeurs à prendre en compte pour λ sont :

- $\lambda = 1$ hypothèses A et B
- $\lambda = 1,6$ hypothèse G.

Pour calculer la traverse rigide il faut calculer les composantes q , h et l qui lui seront appliquées.

DECOMPOSITION DU VENT SUR LES AXES h et l



$$V_{a1} = \frac{\phi_c \times P_{vc} \times \frac{a_1}{2}}{10^3}$$

$$h_{a1} = V_{a1} \times \cos\left(\frac{\beta}{2}\right)$$

$$l_{a1} = V_{a1} \times \sin\left(\frac{\beta}{2}\right)$$

$$V_{a2} = \frac{\phi_c \times P_{vc} \times \frac{a_2}{2} \cos(\beta)}{10^3}$$

(expression mathématique); En réalité compte-tenu du glissement du vent sur le conducteur, on aura une expression de la forme :

$$V_{a2} = \phi \times P_{vc} \times \frac{a_2}{2} \times \frac{\cos^2(\beta)}{10^3}$$

$$h_{a2} = V_{a2} \times \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) \text{ et } l_{a2} = V_{a2} \times \sin\left(\frac{\beta}{2}\right)$$

CALCUL MANUEL SUPPORT DOUBLE ANCRAGE LIGNE HTA RIGIDE

| | ETE | HIVER | GIVRE |
|----------|--|--|--|
| q | $\varpi \times s \times \frac{a_1 + a_2}{2} + 2 \times \text{forfait iso}$ | $\varpi \times s \times \frac{a_1 + a_2}{2} + 2 \times \text{forfait iso}$ | $[(\varpi \times s) + m] \times \frac{a_1 + a_2}{2} + 2 \times \text{forfait iso}$ |
| h | $\frac{(\phi_c \times P_{vc}) \times \left[\frac{a_1}{2} \times \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) + \frac{a_2}{2} \times \cos^2(\beta) \times \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) + 2 \times \frac{T}{3} \times \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) \right]}{10^3}$ | | |
| l | $\frac{\left[\frac{T_1}{3} \times \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) - \frac{T_2}{3} \times \cos\left(\frac{\beta}{2}\right) \right] + [\phi \times P_{vc}] \left[\frac{a_1}{2} \times \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) - \frac{a_2}{2} \times \cos^2(\beta) \times \sin\left(\frac{\beta}{2}\right) \right]}{10^3}$ | | |

Après avoir choisi le type de traverse que l'on veut installer, on calculera son effort nominal théorique à l'aide de son équation de travail, ceci aux trois hypothèses climatiques A, B et G.

Les valeurs à prendre en compte pour λ sont :

- $\lambda = 1$ aux hypothèses A et B.
- $\lambda = 1,6$ à l'hypothèse G.

Il faut choisir la traverse normalisée qui aura son effort nominal égal à l'effort le plus défavorable que l'on a trouvé par le calcul. Si cette valeur n'existe pas dans la gamme des traverses, on prendra celle qui a un effort immédiatement supérieur à l'effort maximal calculé.

Dans la gamme des traverses il existe 3 dimensions d'écartement entre phases :

- NA 1 écartement entre phases 1,05 m
- NA 2 écartement entre phases 1,20 m
- NA 3 écartement entre phases 1,50 m

Il faut maintenant calculer l'écartement de la traverse.

Voir le détail de ce calcul au chapitre "écartement des conducteurs", page 1, 150/60.

2 - CALCUL DU SUPPORT

Il faut calculer les efforts qui seront appliqués au support, afin de déterminer l'effort nominal du support à installer.

CALCUL MANUEL SUPPORT DOUBLE ANCRAGE LIGNE HTA RIGIDE

F = Effort théorique du support (kN).

η = Coefficient de déclassement du support.

Les efforts nominaux des supports sont donnés à 0,25 m sous le sommet. Les efforts des conducteurs pouvant s'exercer à différents niveaux, en fonction de la géométrie de l'armement et de sa position sur le support, il est donc nécessaire de ramener ces valeurs à : 0,25 m sous la tête du support.

(Pour une traverse ancrée en tête du support $\eta = 1$).

H = Effort transversal dû à la composante du vent sur les trois conducteurs (kN),
 \perp à la composante des efforts du vent sur les conducteurs, $\Rightarrow H = h \times 3$.

(Effort trouvé lors du calcul de l'armement).

L = Effort longitudinal à la ligne dû à la composante des trois conducteurs (kN), à la
 \perp composante du vent sur les conducteurs, $\Rightarrow L = l \times 3$.

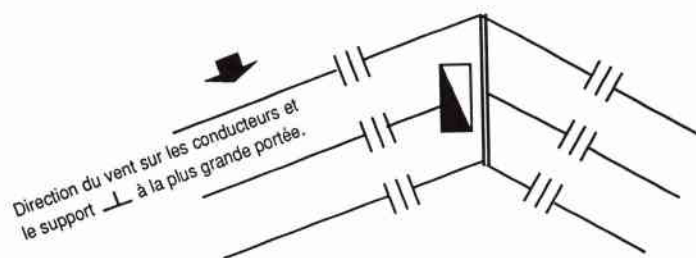
(Effort trouvé lors du calcul de l'armement).

τ = Coefficient transversal du support.

(Pour un support de classe D $\Rightarrow \tau = 0,5$).

(Pour un support bois assemblé, τ dépend du type d'assemblage).

g = Coefficient prenant en compte, à la fois, la valeur de λ (coefficient de travail du support), la valeur du vent sur le support, l'angle formé entre l'axe de grande inertie du support et l'axe du vent, et le type de support ou assemblage de supports utilisé. (Voir le chapitre "Utilisation du coefficient g").



| | ETE | HIVER | GIVRE |
|---|---|---|---|
| λ | 1 | 1 | 1,6 |
| Support béton classe D ou supports bois assemblés | $F \geq \frac{1}{\eta} \times \frac{1}{g} \times \left[H + \frac{L}{\tau} \right]$ | $F \geq \frac{1}{\eta} \times \frac{1}{g} \times \left[H + \frac{L}{\tau} \right]$ | $F \geq \frac{1}{\eta} \times \frac{1}{g} \times \left[H + \frac{L}{\tau} \right]$ |
| | $F_0 \geq \frac{1}{\eta} \times \frac{1}{g} \times \left[H_0 + \frac{L_0}{\tau_0} \right]$ | Déformation permanente | |

Pour les supports bois assemblés, il faut en plus calculer le support à la déformation permanente, il faudra donc prendre le "g" et le " τ_0 " correspondant à la déformation permanente.

On prendra le support dont l'effort nominal est égal ou immédiatement supérieur à la valeur la plus défavorable que l'on a calculée pour les différentes hypothèses climatiques.

CALCUL MANUEL SUPPORT DOUBLE ANCRAGE LIGNE HTA RIGIDE

3 - CALCUL DE LA HAUTEUR DU SUPPORT

Voir le détail au chapitre "Détermination de la hauteur d'un support".

**H = Implantation + hauteur réglementaire des conducteurs + flèche
+ distance d'accrochage des conducteurs par rapport au sommet du support.**

4 - CALCUL DE LA FONDATION D'UN SUPPORT

Voir le détail au chapitre "Fondations des supports".

5 - CARNET DE PIQUETAGE

Reporter sur le carnet de piquetage les caractéristiques :

- Du support.
- De l'armement.
- Des isolateurs.

DETERMINATION DE LA HAUTEUR D'UN SUPPORT LIGNE HTA RIGIDE

Pour pouvoir calculer la hauteur d'un support, nous devons connaître plusieurs paramètres.

1 - LA PROFONDEUR D'IMPLANTATION

Cette profondeur est fonction :

- De l'effort du support $F \leq 6,5 \text{ kN}$ ou $F > 6,5 \text{ kN}$.
- Du coefficient de stabilité "k".

- $k = 1,2$ pour les supports simple fixation ou double ancrage.

- $k = 1,75$ pour les supports arrêts simples, arrêts doubles, semi-arrêts, origines de dérivations ou quel que soit le type de support lorsqu'il y a croisement par dessus les autoroutes, les voies ferrées, les voies rigides pour les véhicules guidés (téléphériques et remontes-pentes).

| Support | | Coefficient de stabilité de la fondation | |
|-------------------------------|-------------------------|--|--|
| | | $Ks = 1,2$ | $Ks = 1,75$ |
| Fonction du support | | Double ancrage, Simple fixation et tous cas de ligne BT en général | Semi-arrêt Arrêt simple Arrêt double et cas particuliers (*). |
| Bois ou assemblage en bois | | | |
| Béton | $F \leq 6,5 \text{ kN}$ | $\frac{H}{10} + 0,5 \text{ (m)}$ | $\frac{H}{10} + 0,7 \text{ (m)}$ |
| Métal | $F > 6,5 \text{ kN}$ | $\frac{H}{20} + 1,3 \text{ (m)}$ | $\frac{H}{20} + 1,5 \text{ (m)}$ |

2 - HAUTEUR REGLEMENTAIRE DES CONDUCTEURS

C'est la distance verticale à respecter entre les conducteurs et le sol ou une installation quelconque.

Les conditions à retenir pour le calcul des distances aux obstacles sont à une température des conducteurs de $+ 40^\circ \text{ C}$ sans vent, ou les conditions retenues par l'arrêté interministériel dans les circonstances exceptionnelles (utilisation de DAC, voir ci-après).

DETERMINATION DE LA HAUTEUR D'UN SUPPORT LIGNE HTA RIGIDE

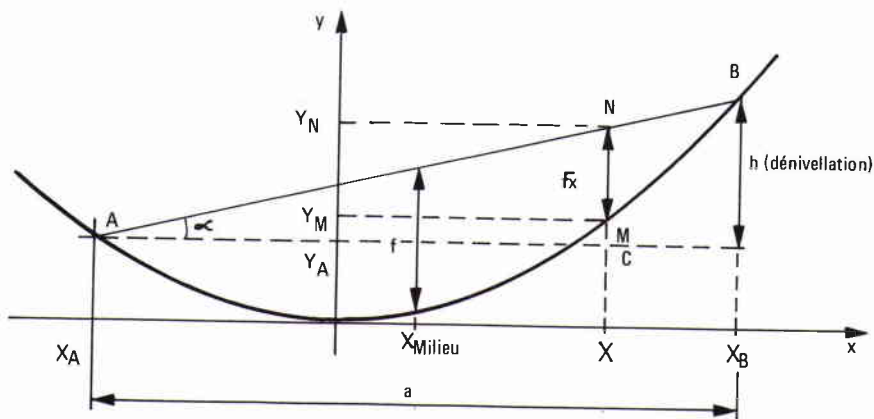
3 - FLECHE

La flèche est fonction :

- De la portée réelle.
- Du paramètre à 40° C sans vent.

$$f = \frac{a^2}{8P} \text{ en milieu de portée}$$

$$f = \frac{(\text{distance } X \text{ X } a) \times (\text{distance } X \text{ X } B)}{2P} = \text{flèche en un point quelconque de la portée.}$$



4 - DISTANCE D'ACCROCHAGE

C'est la distance d'accrochage du conducteur par rapport à la tête du support. Cette distance est fonction du type d'armement utilisé et de la façon dont est utilisé cet armement.

Exemples :

- Distance = 0,15 m pour VR en position non avifaune.
- Distance = 0,15 m pour VR en position avifaune.
- Distance = 0,25 m pour poutre d'ancrage sur support d'arrêt.
- Distance = 1,05 m pour poutre d'ancrage de dérivation ou poutre interrupteur.

DETERMINATION DE LA HAUTEUR D'UN SUPPORT LIGNE HTA RIGIDE

5 - CAS PARTICULIERS

Utilisation de DAC.

Lorsqu'une ligne est équipée de DAC, il faut également vérifier après fonctionnement de ces derniers destinés à détendre les conducteurs, la hauteur des conducteurs à - 5° C sans vent qui ne doit pas être inférieure à :

- 3 mètres au-dessus du sol et des emplacements normalement accessibles aux personnes.

- 4,5 mètres au-dessus des aires affectées au stationnement des véhicules.

- 6 mètres au-dessus des voies ouvertes à la circulation publique dans leurs parties normalement utilisées pour la circulation et l'arrêt d'urgence des véhicules, à l'exception des autoroutes pour lesquelles la hauteur minimale à respecter reste de 8 mètres.

- 4 mètres au-dessus des terrains des établissements d'enseignement et des installations d'équipement sportif visés à l'article 60.

- 0,5 mètre au-dessus des lignes de télécommunications et des lignes électriques aériennes BT et HTA. Les lignes surplombées sont supposées à - 5° C sans vent et sans surcharge verticale.

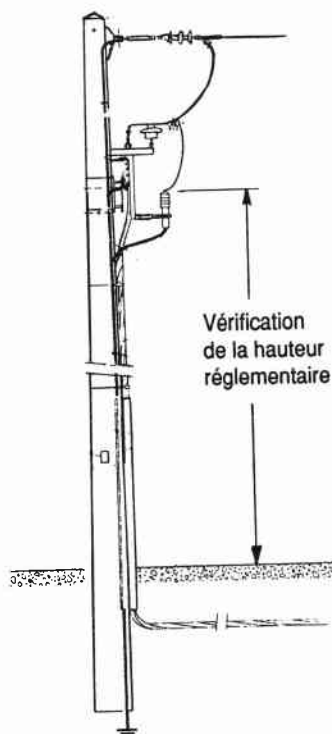
- 0,5 mètre au-dessus des arbres et obstacles divers visés à l'article 26.

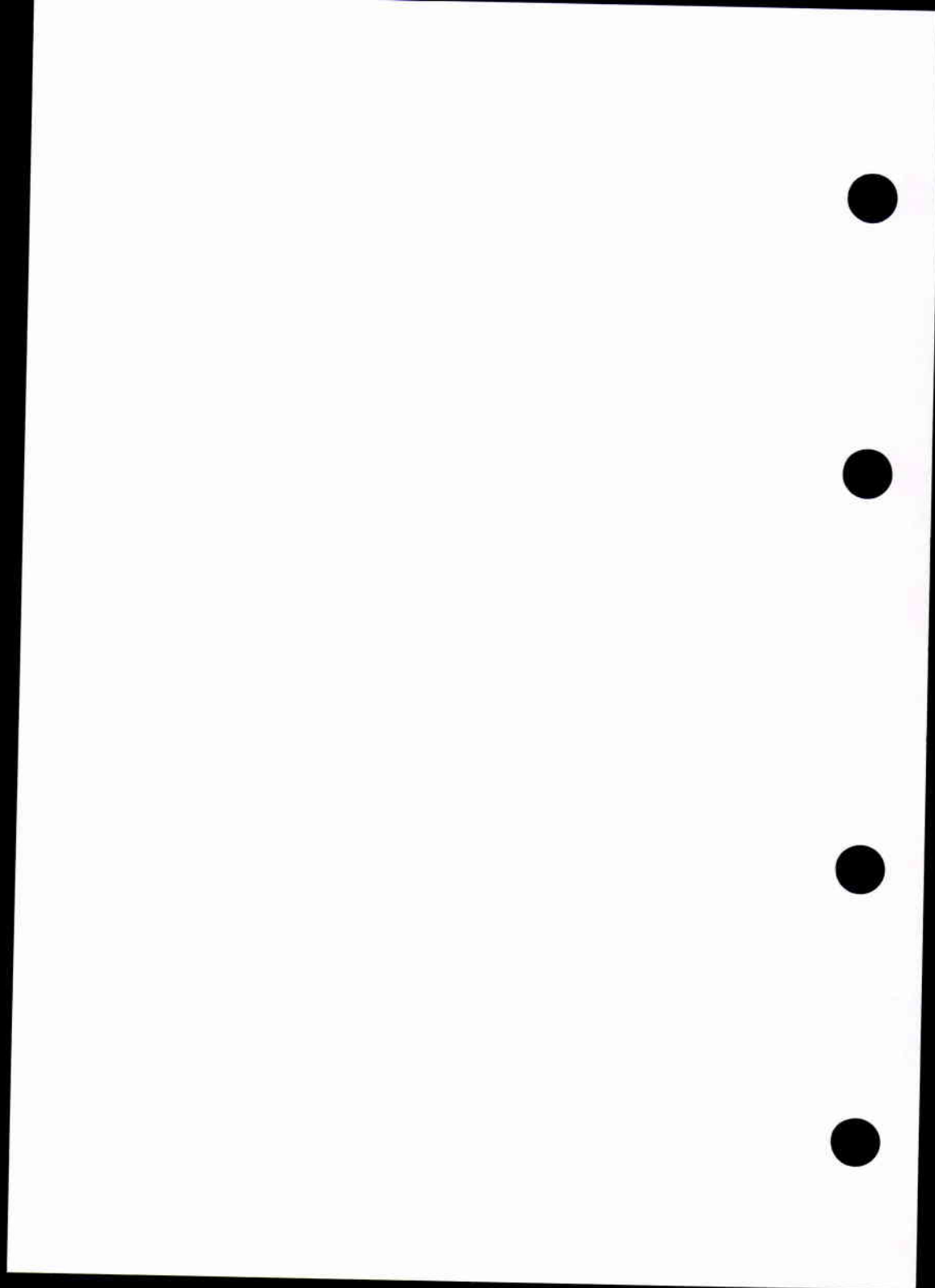
- 2 mètres au-dessus des bâtiments.

- Les distances verticales prescrites par l'article 31 pour les chemins de fer et autres voies rigides pour véhicules guidés et par l'article 32 pour les téléphériques et remonte-pentes doivent être respectées.

Support avec chaise ERAS.

En plus des vérifications ci-dessus il faut vérifier que la hauteur entre les poutres des parafoudres de la chaise ERAS et le sol soit à une distance réglementaire.





UTILISATION DU COEFFICIENT G LIGNE HTA RIGIDE

Pour déterminer l'effort d'un support nous avons besoin de connaître les éléments suivants :

- Tension des conducteurs aux différentes hypothèses climatiques.
- Effort dû au vent sur les conducteurs.
- Effort dû au vent sur le support.

En ce qui concerne ce dernier point, l'effort dû au vent sur le support est fonction de différents paramètres :

- La surface du support.
- La pression du vent sur la grande face et la petite face, elle même dépendante des conditions climatiques et de la zone de vent (normal ou fort).
- Du coefficient de travail du support ($\lambda = 1$, $\lambda = 1,6$, $\lambda = 1,75$).
- Du type de support (D, E métallique, bois, assemblage).
- De l'angle entre l'axe de grande inertie du support et l'axe du vent.

Le coefficient "g" intègre tous ces paramètres.

CALCUL MANUEL DES SUPPORTS LIGNE HTA RIGIDE

- Facteur d'utilisation du support (g).

$$g = \lambda + k_1 (\lambda - r) - r \left(\frac{k_2}{a} - k_1 \right) \times \sin^2 \omega'$$

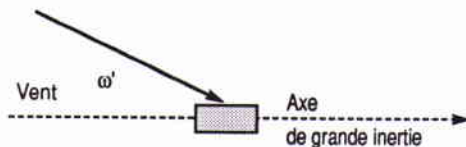
- Supports de diagramme rhombique

$$F \geq \frac{1}{\eta} \times \frac{1}{g} \times \left(F_x + \frac{F_y}{\tau} \right)$$

Supports de diagramme circulaire

$$F \geq \frac{1}{\eta} \times \frac{1}{g} \times \sqrt{F_x^2 + F_y^2}$$

- Pour les supports jumelés, F représente l'effort total de l'assemblage



| Cas généraux | Ω | ω' |
|--------------|----------|-----------------|
| Arrêt | 0 | 100 |
| Alignement | 100 | 0 |
| Angle D A | 100 | $\beta/2$ |
| Angle | 0 | $100 + \beta/2$ |

Expression des différentes valeurs

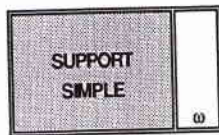
| HYPOTHESES | Lambda | r | r' |
|------------|--------|------|-------|
| A 1 | 1 * | 1 | 1 |
| A 2 | 1 * | 1,33 | 1,33 |
| B | 1 * | 0,3 | 0,45 |
| G 1 | 1,6 | 0,3 | 0,45 |
| G 3-12 | 1,6 | 0,15 | 0,225 |
| G Dissy | 1,6 | 0 | 0 |

* Pour le calcul des SA,
Lambda = 1,6

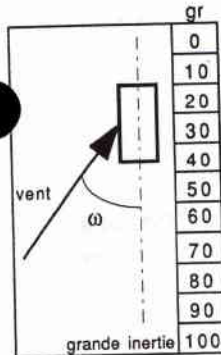
| CLASSE | a | k1 | k2 |
|-----------|-----|------|------|
| A | 0,3 | 0,1 | 0,16 |
| B | 0,6 | 0,13 | 0,16 |
| C | 1 | 0,16 | 0,16 |
| D | 0,5 | 0,13 | 0,16 |
| J D | 0,5 | 0,13 | 0,16 |
| E Carré | 1 | 0,16 | 0,16 |
| E Rond | 1 | 0,08 | 0,08 |
| J E Carré | 1 | 0,16 | 0,08 |
| J E Rond | 1 | 0,08 | 0,04 |

VALEUR DU COEFFICIENT G **SUPPORT BETON CLASSE "A"**

Cas du semi-arrêt
avec a1 ou a2 à terre



vent -----> r



| $\lambda = 1$ | | |
|---------------|-----|-------|
| ETE | | HIVER |
| V.N | V.F | |

| | | |
|------|------|------|
| 1,00 | 1,33 | 0,30 |
|------|------|------|

| | | | |
|-----|------|------|------|
| 0 | 1,00 | 0,97 | 1,07 |
| 10 | 0,99 | 0,95 | 1,07 |
| 20 | 0,96 | 0,91 | 1,06 |
| 30 | 0,91 | 0,85 | 1,04 |
| 40 | 0,85 | 0,77 | 1,03 |
| 50 | 0,78 | 0,68 | 1,01 |
| 60 | 0,72 | 0,59 | 0,98 |
| 70 | 0,66 | 0,51 | 0,97 |
| 80 | 0,61 | 0,45 | 0,95 |
| 90 | 0,58 | 0,40 | 0,94 |
| 100 | 0,57 | 0,39 | 0,94 |

| $\lambda = 1,6$ | | |
|-----------------|--------|-----|
| GVRE | | |
| 1Kg | 3-12Kg | Dis |

| | | |
|------|------|------|
| 0,30 | 0,15 | 0,00 |
|------|------|------|

| | | | |
|-----|------|------|------|
| 0 | 1,73 | 1,75 | 1,76 |
| 10 | 1,73 | 1,74 | 1,76 |
| 20 | 1,72 | 1,74 | 1,76 |
| 30 | 1,70 | 1,73 | 1,76 |
| 40 | 1,69 | 1,72 | 1,76 |
| 50 | 1,67 | 1,71 | 1,76 |
| 60 | 1,64 | 1,70 | 1,76 |
| 70 | 1,63 | 1,69 | 1,76 |
| 80 | 1,61 | 1,69 | 1,76 |
| 90 | 1,60 | 1,68 | 1,76 |
| 100 | 1,60 | 1,68 | 1,76 |

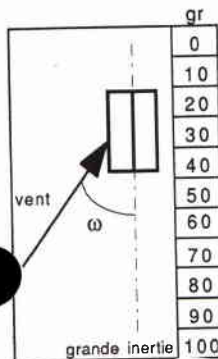
| $\lambda = 1,6$ | | |
|-----------------|-----|-------|
| ETE | | HIVER |
| V.N | V.F | |

| | | |
|------|------|------|
| 1,00 | 1,33 | 0,30 |
|------|------|------|

| | | | |
|-----|------|------|------|
| 0 | 1,66 | 1,63 | 1,73 |
| 10 | 1,65 | 1,61 | 1,73 |
| 20 | 1,62 | 1,57 | 1,72 |
| 30 | 1,57 | 1,51 | 1,70 |
| 40 | 1,51 | 1,43 | 1,69 |
| 50 | 1,44 | 1,34 | 1,67 |
| 60 | 1,38 | 1,25 | 1,64 |
| 70 | 1,32 | 1,17 | 1,63 |
| 80 | 1,27 | 1,11 | 1,61 |
| 90 | 1,24 | 1,06 | 1,60 |
| 100 | 1,23 | 1,05 | 1,60 |



vent -----> r



| $\lambda = 1$ | | |
|---------------|-----|-------|
| ETE | | HIVER |
| V.N | V.F | |

| | | |
|------|------|------|
| 1,00 | 1,33 | 0,30 |
|------|------|------|

| | | | |
|-----|------|------|------|
| 0 | 1,00 | 0,97 | 1,07 |
| 10 | 1,00 | 0,96 | 1,07 |
| 20 | 0,98 | 0,95 | 1,07 |
| 30 | 0,97 | 0,92 | 1,06 |
| 40 | 0,94 | 0,89 | 1,05 |
| 50 | 0,92 | 0,86 | 1,05 |
| 60 | 0,89 | 0,82 | 1,04 |
| 70 | 0,87 | 0,79 | 1,03 |
| 80 | 0,85 | 0,77 | 1,02 |
| 90 | 0,84 | 0,75 | 1,02 |
| 100 | 0,83 | 0,75 | 1,02 |

| $\lambda = 1,6$ | | |
|-----------------|--------|-----|
| GVRE | | |
| 1Kg | 3-12Kg | Dis |

| | | |
|------|------|------|
| 0,30 | 0,15 | 0,00 |
|------|------|------|

| | | | |
|-----|------|------|------|
| 0 | 1,73 | 1,75 | 1,76 |
| 10 | 1,73 | 1,74 | 1,76 |
| 20 | 1,73 | 1,74 | 1,76 |
| 30 | 1,72 | 1,74 | 1,76 |
| 40 | 1,71 | 1,74 | 1,76 |
| 50 | 1,71 | 1,73 | 1,76 |
| 60 | 1,70 | 1,73 | 1,76 |
| 70 | 1,69 | 1,73 | 1,76 |
| 80 | 1,68 | 1,72 | 1,76 |
| 90 | 1,68 | 1,72 | 1,76 |
| 100 | 1,68 | 1,72 | 1,76 |

| $\lambda = 1,6$ | | |
|-----------------|-----|-------|
| ETE | | HIVER |
| V.N | V.F | |

| | | |
|------|------|------|
| 1,00 | 1,33 | 0,30 |
|------|------|------|

| | | | |
|-----|------|------|------|
| 0 | 1,66 | 1,63 | 1,73 |
| 10 | 1,66 | 1,62 | 1,73 |
| 20 | 1,64 | 1,61 | 1,73 |
| 30 | 1,63 | 1,58 | 1,72 |
| 40 | 1,60 | 1,55 | 1,71 |
| 50 | 1,58 | 1,52 | 1,71 |
| 60 | 1,55 | 1,48 | 1,70 |
| 70 | 1,53 | 1,45 | 1,69 |
| 80 | 1,51 | 1,43 | 1,68 |
| 90 | 1,50 | 1,41 | 1,68 |
| 100 | 1,49 | 1,41 | 1,68 |

VALEUR DU COEFFICIENT G **SUPPORT BETON CLASSE "B"**

Cas du semi-arrêt
avec a1 ou a2 à terre

| | |
|-----------------------|----------|
| SUPPORT SIMPLE | ω |
|-----------------------|----------|

| | | |
|---------------|-------|--|
| $\lambda = 1$ | | |
| ETE | HIVER | |
| V.N | V.F | |

| | | |
|-----------------|--------|-----|
| $\lambda = 1,6$ | | |
| GVRE | | |
| 1Kg | 3-12Kg | Dis |

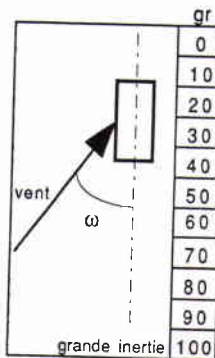
| | | |
|-----------------|-------|--|
| $\lambda = 1,6$ | | |
| ETE | HIVER | |
| V.N | V.F | |

vent -----> r

| | | |
|------|------|------|
| 1,00 | 1,33 | 0,30 |
|------|------|------|

| | | |
|------|------|------|
| 0,30 | 0,15 | 0,00 |
|------|------|------|

| | | |
|------|------|------|
| 1,00 | 1,33 | 0,30 |
|------|------|------|



| gr | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ETE | 1,00 | 0,96 | 0,95 | 0,94 | 0,92 | 0,89 | 0,87 | 0,84 | 0,81 | 0,78 | 0,86 |
| HIVER | 1,09 | 1,09 | 1,09 | 1,08 | 1,08 | 1,07 | 1,06 | 1,06 | 1,05 | 1,05 | 1,05 |

| gr | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| GVRE 1Kg | 1,77 | 1,77 | 1,77 | 1,76 | 1,75 | 1,75 | 1,74 | 1,74 | 1,73 | 1,73 | 1,73 |
| GVRE 3-12Kg | 1,79 | 1,79 | 1,79 | 1,78 | 1,78 | 1,78 | 1,78 | 1,77 | 1,77 | 1,77 | 1,77 |
| GVRE Dis | 1,81 | 1,81 | 1,81 | 1,81 | 1,81 | 1,81 | 1,81 | 1,81 | 1,81 | 1,81 | 1,81 |

| gr | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ETE | 1,68 | 1,67 | 1,66 | 1,65 | 1,63 | 1,61 | 1,59 | 1,57 | 1,55 | 1,54 | 1,54 |
| HIVER | 1,77 | 1,77 | 1,77 | 1,76 | 1,75 | 1,75 | 1,74 | 1,74 | 1,73 | 1,73 | 1,73 |

| | |
|-----------------------|----------|
| SUPPORT JUMELE | ω |
|-----------------------|----------|

| | | |
|---------------|-------|--|
| $\lambda = 1$ | | |
| ETE | HIVER | |
| V.N | V.F | |

| | | |
|-----------------|--------|-----|
| $\lambda = 1,6$ | | |
| GVRE | | |
| 1Kg | 3-12Kg | Dis |

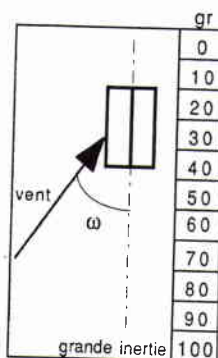
| | | |
|-----------------|-------|--|
| $\lambda = 1,6$ | | |
| ETE | HIVER | |
| V.N | V.F | |

vent -----> r

| | | |
|------|------|------|
| 1,00 | 1,33 | 0,30 |
|------|------|------|

| | | |
|------|------|------|
| 0,30 | 0,15 | 0,00 |
|------|------|------|

| | | |
|------|------|------|
| 1,00 | 1,33 | 0,30 |
|------|------|------|



| gr | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ETE | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 | 1,00 |
| HIVER | 1,09 | 1,09 | 1,09 | 1,09 | 1,09 | 1,09 | 1,09 | 1,09 | 1,09 | 1,09 | 1,09 |

| gr | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| GVRE 1Kg | 1,77 | 1,77 | 1,77 | 1,77 | 1,77 | 1,77 | 1,77 | 1,77 | 1,77 | 1,77 | 1,77 |
| GVRE 3-12Kg | 1,79 | 1,79 | 1,79 | 1,79 | 1,79 | 1,79 | 1,79 | 1,79 | 1,79 | 1,79 | 1,79 |
| GVRE Dis | 1,81 | 1,81 | 1,81 | 1,81 | 1,81 | 1,81 | 1,81 | 1,81 | 1,81 | 1,81 | 1,81 |

| gr | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 100 |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| ETE | 1,68 | 1,68 | 1,68 | 1,68 | 1,68 | 1,68 | 1,68 | 1,68 | 1,67 | 1,67 | 1,67 |
| HIVER | 1,77 | 1,77 | 1,77 | 1,77 | 1,77 | 1,77 | 1,77 | 1,77 | 1,77 | 1,77 | 1,77 |

EDM-EDF
SAINTE-TULLE

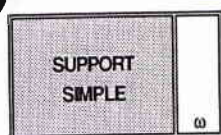
RESEAUX AERIENS

Août 1994

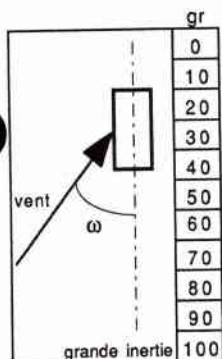
1. 035/4

VALEUR DU COEFFICIENT G **SUPPORT BETON CLASSE "C"**

**Cas du semi-arrêt
avec a1 ou a2 à terre**



vent -----> r



| $\lambda = 1$ | | |
|---------------|-----|-------|
| ETE | | HIVER |
| V.N | V.F | |

| | | |
|------|------|------|
| 1,00 | 1,33 | 0,30 |
|------|------|------|

| | | | |
|-----|------|------|------|
| 0 | 1,00 | 0,95 | 1,11 |
| 10 | 1,00 | 0,95 | 1,11 |
| 20 | 1,00 | 0,95 | 1,11 |
| 30 | 1,00 | 0,95 | 1,11 |
| 40 | 1,00 | 0,95 | 1,11 |
| 50 | 1,00 | 0,95 | 1,11 |
| 60 | 1,00 | 0,95 | 1,11 |
| 70 | 1,00 | 0,95 | 1,11 |
| 80 | 1,00 | 0,95 | 1,11 |
| 90 | 1,00 | 0,95 | 1,11 |
| 100 | 1,00 | 0,95 | 1,11 |

| $\lambda = 1,6$ | | |
|-----------------|--------|-----|
| GMRE | | |
| 1Kg | 3-12Kg | Dis |

| | | |
|------|------|------|
| 0,30 | 0,15 | 0,00 |
|------|------|------|

| | | | |
|-----|------|------|------|
| 0 | 1,81 | 1,83 | 1,86 |
| 10 | 1,81 | 1,83 | 1,86 |
| 20 | 1,81 | 1,83 | 1,86 |
| 30 | 1,81 | 1,83 | 1,86 |
| 40 | 1,81 | 1,83 | 1,86 |
| 50 | 1,81 | 1,83 | 1,86 |
| 60 | 1,81 | 1,83 | 1,86 |
| 70 | 1,81 | 1,83 | 1,86 |
| 80 | 1,81 | 1,83 | 1,86 |
| 90 | 1,81 | 1,83 | 1,86 |
| 100 | 1,81 | 1,83 | 1,86 |

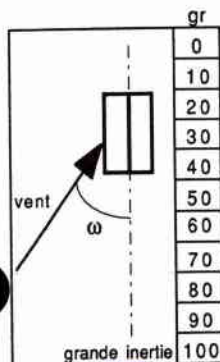
| $\lambda = 1,6$ | | |
|-----------------|-----|-------|
| ETE | | HIVER |
| V.N | V.F | |

| | | |
|------|------|------|
| 1,00 | 1,33 | 0,30 |
|------|------|------|

| | | | |
|-----|------|------|------|
| 0 | 1,70 | 1,64 | 1,81 |
| 10 | 1,70 | 1,64 | 1,81 |
| 20 | 1,70 | 1,64 | 1,81 |
| 30 | 1,70 | 1,64 | 1,81 |
| 40 | 1,70 | 1,64 | 1,81 |
| 50 | 1,70 | 1,64 | 1,81 |
| 60 | 1,70 | 1,64 | 1,81 |
| 70 | 1,70 | 1,64 | 1,81 |
| 80 | 1,70 | 1,64 | 1,81 |
| 90 | 1,70 | 1,64 | 1,81 |
| 100 | 1,70 | 1,64 | 1,81 |



vent -----> r



| $\lambda = 1$ | | |
|---------------|-----|-------|
| ETE | | HIVER |
| V.N | V.F | |

| | | |
|------|------|------|
| 1,00 | 1,33 | 0,30 |
|------|------|------|

| | | | |
|-----|------|------|------|
| 0 | 1,00 | 0,95 | 1,11 |
| 10 | 1,00 | 0,95 | 1,11 |
| 20 | 1,01 | 0,96 | 1,11 |
| 30 | 1,02 | 0,97 | 1,12 |
| 40 | 1,03 | 0,98 | 1,12 |
| 50 | 1,04 | 1,00 | 1,12 |
| 60 | 1,05 | 1,02 | 1,13 |
| 70 | 1,06 | 1,03 | 1,13 |
| 80 | 1,07 | 1,04 | 1,13 |
| 90 | 1,08 | 1,05 | 1,14 |
| 100 | 1,08 | 1,05 | 1,14 |

| $\lambda = 1,6$ | | |
|-----------------|--------|-----|
| GMRE | | |
| 1Kg | 3-12Kg | Dis |

| | | |
|------|------|------|
| 0,30 | 0,15 | 0,00 |
|------|------|------|

| | | | |
|-----|------|------|------|
| 0 | 1,81 | 1,83 | 1,86 |
| 10 | 1,81 | 1,83 | 1,86 |
| 20 | 1,81 | 1,83 | 1,86 |
| 30 | 1,81 | 1,83 | 1,86 |
| 40 | 1,82 | 1,84 | 1,86 |
| 50 | 1,82 | 1,84 | 1,86 |
| 60 | 1,82 | 1,84 | 1,86 |
| 70 | 1,83 | 1,84 | 1,86 |
| 80 | 1,83 | 1,84 | 1,86 |
| 90 | 1,83 | 1,84 | 1,86 |
| 100 | 1,83 | 1,84 | 1,86 |

| $\lambda = 1,6$ | | |
|-----------------|-----|-------|
| ETE | | HIVER |
| V.N | V.F | |

| | | |
|------|------|------|
| 1,00 | 1,33 | 0,30 |
|------|------|------|

| | | | |
|-----|------|------|------|
| 0 | 1,70 | 1,64 | 1,81 |
| 10 | 1,70 | 1,65 | 1,81 |
| 20 | 1,70 | 1,65 | 1,81 |
| 30 | 1,71 | 1,67 | 1,81 |
| 40 | 1,72 | 1,68 | 1,82 |
| 50 | 1,74 | 1,70 | 1,82 |
| 60 | 1,75 | 1,71 | 1,82 |
| 70 | 1,76 | 1,73 | 1,83 |
| 80 | 1,77 | 1,74 | 1,83 |
| 90 | 1,77 | 1,75 | 1,83 |
| 100 | 1,78 | 1,75 | 1,83 |

EDM-EDF
SAINTE-TULLE

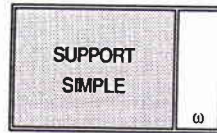
RESEAUX AERIENS

Août 1994

1. 035/5

VALEUR DU COEFFICIENT G **SUPPORT BETON CLASSE "D"**

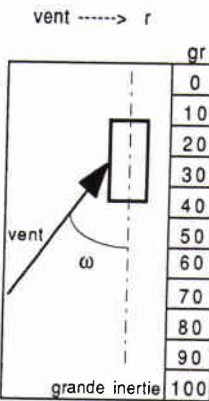
Cas du semi-arrêt
avec a1 ou a2 à terre



| $\lambda = 1$ | | |
|---------------|-----|-------|
| ETE | | HIVER |
| V.N | V.F | |

| $\lambda = 1,6$ | | |
|-----------------|--------|-----|
| GVRE | | |
| 1Kg | 3-12Kg | Dis |

| $\lambda = 1,6$ | | |
|-----------------|-----|-------|
| ETE | | HIVER |
| V.N | V.F | |



| 1,00 | 1,33 | 0,30 |
|------|------|------|
| 1,00 | 0,96 | 1,09 |
| 1,00 | 0,95 | 1,09 |
| 0,98 | 0,93 | 1,09 |
| 0,96 | 0,91 | 1,08 |
| 0,93 | 0,87 | 1,07 |
| 0,91 | 0,83 | 1,06 |
| 0,88 | 0,79 | 1,05 |
| 0,85 | 0,76 | 1,05 |
| 0,83 | 0,73 | 1,04 |
| 0,81 | 0,71 | 1,04 |
| 0,81 | 0,70 | 1,03 |

| 0,30 | 0,15 | 0,00 |
|------|------|------|
| 1,77 | 1,79 | 1,81 |
| 1,77 | 1,79 | 1,81 |
| 1,76 | 1,79 | 1,81 |
| 1,76 | 1,78 | 1,81 |
| 1,75 | 1,78 | 1,81 |
| 1,74 | 1,77 | 1,81 |
| 1,73 | 1,77 | 1,81 |
| 1,72 | 1,77 | 1,81 |
| 1,72 | 1,76 | 1,81 |
| 1,71 | 1,76 | 1,81 |
| 1,71 | 1,76 | 1,81 |

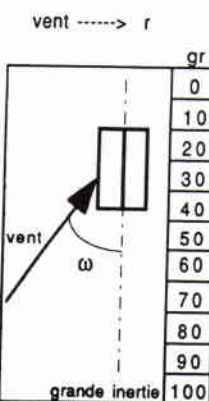
| | | |
|------|------|------|
| 1,00 | 1,33 | 0,30 |
| 1,68 | 1,64 | 1,77 |
| 1,67 | 1,63 | 1,77 |
| 1,66 | 1,61 | 1,76 |
| 1,64 | 1,58 | 1,76 |
| 1,61 | 1,55 | 1,75 |
| 1,58 | 1,51 | 1,74 |
| 1,55 | 1,47 | 1,73 |
| 1,53 | 1,43 | 1,72 |
| 1,51 | 1,41 | 1,72 |
| 1,49 | 1,39 | 1,71 |
| 1,49 | 1,38 | 1,71 |



| $\lambda = 1$ | | |
|---------------|-----|-------|
| ETE | | HIVER |
| V.N | V.F | |

| $\lambda = 1,6$ | | |
|-----------------|--------|-----|
| GVRE | | |
| 1Kg | 3-12Kg | Dis |

| $\lambda = 1,6$ | | |
|-----------------|-----|-------|
| ETE | | HIVER |
| V.N | V.F | |



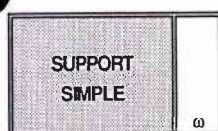
| | | |
|------|------|------|
| 1,00 | 1,33 | 0,30 |
| 1,00 | 0,96 | 1,09 |
| 1,00 | 0,96 | 1,09 |
| 1,00 | 0,95 | 1,09 |
| 0,99 | 0,95 | 1,09 |
| 0,99 | 0,94 | 1,09 |
| 0,99 | 0,94 | 1,09 |
| 0,98 | 0,93 | 1,09 |
| 0,98 | 0,93 | 1,08 |
| 0,97 | 0,92 | 1,08 |
| 0,97 | 0,92 | 1,08 |
| 0,97 | 0,92 | 1,08 |

| 0,30 | 0,15 | 0,00 |
|------|------|------|
| 1,77 | 1,79 | 1,81 |
| 1,77 | 1,79 | 1,81 |
| 1,77 | 1,79 | 1,81 |
| 1,77 | 1,79 | 1,81 |
| 1,77 | 1,79 | 1,81 |
| 1,76 | 1,79 | 1,81 |
| 1,76 | 1,79 | 1,81 |
| 1,76 | 1,78 | 1,81 |
| 1,76 | 1,78 | 1,81 |
| 1,76 | 1,78 | 1,81 |
| 1,76 | 1,78 | 1,81 |

| 1,00 | 1,33 | 0,30 |
|------|------|------|
| 1,68 | 1,64 | 1,77 |
| 1,68 | 1,63 | 1,77 |
| 1,68 | 1,63 | 1,77 |
| 1,67 | 1,63 | 1,77 |
| 1,67 | 1,62 | 1,77 |
| 1,66 | 1,62 | 1,76 |
| 1,66 | 1,61 | 1,76 |
| 1,65 | 1,60 | 1,76 |
| 1,65 | 1,60 | 1,76 |
| 1,65 | 1,60 | 1,76 |
| 1,65 | 1,60 | 1,76 |

VALEUR DU COEFFICIENT G **SUPPORT BETON CLASSE "E" CARRÉ**

*Cas du semi-arrêt
avec a1 ou a2 à terre*



| $\lambda = 1$ | | |
|---------------|-------|--|
| ETE | HIVER | |
| V.N | V.F | |

| $\lambda = 1,6$ | | |
|-----------------|--------|-----|
| GMRE | | |
| 1Kg | 3-12Kg | Dis |

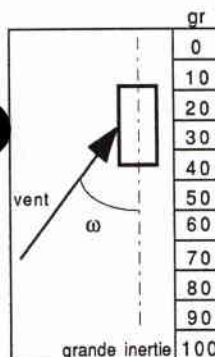
| $\lambda = 1,6$ | | |
|-----------------|-------|--|
| ETE | HIVER | |
| V.N | V.F | |

vent -----> r

| | | |
|------|------|------|
| 1,00 | 1,33 | 0,30 |
|------|------|------|

| | | |
|------|------|------|
| 0,30 | 0,15 | 0,00 |
|------|------|------|

| | | |
|------|------|------|
| 1,00 | 1,33 | 0,30 |
|------|------|------|



| | | | |
|-----|------|------|------|
| 0 | 1,00 | 0,95 | 1,11 |
| 10 | 1,00 | 0,95 | 1,11 |
| 20 | 1,00 | 0,95 | 1,11 |
| 30 | 1,00 | 0,95 | 1,11 |
| 40 | 1,00 | 0,95 | 1,11 |
| 50 | 1,00 | 0,95 | 1,11 |
| 60 | 1,00 | 0,95 | 1,11 |
| 70 | 1,00 | 0,95 | 1,11 |
| 80 | 1,00 | 0,95 | 1,11 |
| 90 | 1,00 | 0,95 | 1,11 |
| 100 | 1,00 | 0,95 | 1,11 |

| | | | |
|-----|------|------|------|
| 0 | 1,81 | 1,83 | 1,86 |
| 10 | 1,81 | 1,83 | 1,86 |
| 20 | 1,81 | 1,83 | 1,86 |
| 30 | 1,81 | 1,83 | 1,86 |
| 40 | 1,81 | 1,83 | 1,86 |
| 50 | 1,81 | 1,83 | 1,86 |
| 60 | 1,81 | 1,83 | 1,86 |
| 70 | 1,81 | 1,83 | 1,86 |
| 80 | 1,81 | 1,83 | 1,86 |
| 90 | 1,81 | 1,83 | 1,86 |
| 100 | 1,81 | 1,68 | 1,86 |

| | | | |
|-----|------|------|------|
| 0 | 1,70 | 1,64 | 1,81 |
| 10 | 1,70 | 1,64 | 1,81 |
| 20 | 1,70 | 1,64 | 1,81 |
| 30 | 1,70 | 1,64 | 1,81 |
| 40 | 1,70 | 1,64 | 1,81 |
| 50 | 1,70 | 1,64 | 1,81 |
| 60 | 1,70 | 1,64 | 1,81 |
| 70 | 1,70 | 1,64 | 1,81 |
| 80 | 1,70 | 1,64 | 1,81 |
| 90 | 1,70 | 1,64 | 1,81 |
| 100 | 1,70 | 1,64 | 1,81 |



| $\lambda = 1$ | | |
|---------------|-------|--|
| ETE | HIVER | |
| V.N | V.F | |

| $\lambda = 1,6$ | | |
|-----------------|--------|-----|
| GMRE | | |
| 1Kg | 3-12Kg | Dis |

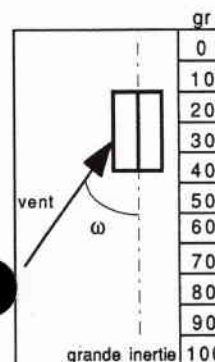
| $\lambda = 1,6$ | | |
|-----------------|-------|--|
| ETE | HIVER | |
| V.N | V.F | |

vent -----> r

| | | |
|------|------|------|
| 1,00 | 1,33 | 0,30 |
|------|------|------|

| | | |
|------|------|------|
| 0,30 | 0,15 | 0,00 |
|------|------|------|

| | | |
|------|------|------|
| 1,00 | 1,33 | 0,30 |
|------|------|------|



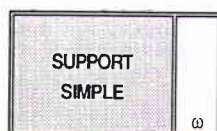
| | | | |
|-----|------|------|------|
| 0 | 1,00 | 0,95 | 1,11 |
| 10 | 1,00 | 0,95 | 1,11 |
| 20 | 1,01 | 0,96 | 1,11 |
| 30 | 1,02 | 0,97 | 1,12 |
| 40 | 1,03 | 0,98 | 1,12 |
| 50 | 1,04 | 1,00 | 1,12 |
| 60 | 1,05 | 1,02 | 1,13 |
| 70 | 1,06 | 1,03 | 1,13 |
| 80 | 1,07 | 1,04 | 1,13 |
| 90 | 1,08 | 1,05 | 1,14 |
| 100 | 1,08 | 1,05 | 1,14 |

| | | | |
|-----|------|------|------|
| 0 | 1,81 | 1,83 | 1,86 |
| 10 | 1,81 | 1,83 | 1,86 |
| 20 | 1,81 | 1,83 | 1,86 |
| 30 | 1,81 | 1,83 | 1,86 |
| 40 | 1,82 | 1,84 | 1,86 |
| 50 | 1,82 | 1,84 | 1,86 |
| 60 | 1,82 | 1,84 | 1,86 |
| 70 | 1,83 | 1,84 | 1,86 |
| 80 | 1,83 | 1,84 | 1,86 |
| 90 | 1,83 | 1,84 | 1,86 |
| 100 | 1,83 | 1,84 | 1,86 |

| | | | |
|-----|------|------|------|
| 0 | 1,70 | 1,64 | 1,81 |
| 10 | 1,70 | 1,65 | 1,81 |
| 20 | 1,70 | 1,65 | 1,81 |
| 30 | 1,71 | 1,67 | 1,81 |
| 40 | 1,72 | 1,68 | 1,82 |
| 50 | 1,74 | 1,70 | 1,82 |
| 60 | 1,75 | 1,71 | 1,82 |
| 70 | 1,76 | 1,73 | 1,83 |
| 80 | 1,77 | 1,74 | 1,83 |
| 90 | 1,77 | 1,75 | 1,83 |
| 100 | 1,78 | 1,75 | 1,83 |

VALEUR DU COEFFICIENT G **SUPPORT BETON CLASSE "E" ROND**

*Cas du semi-arrêt
avec a1 ou a2 à terre*



| $\lambda = 1$ | | |
|---------------|-----|-------|
| ETE | | HIVER |
| V.N | V.F | |

| $\lambda = 1,6$ | | |
|-----------------|--------|-----|
| GVRE | | |
| 1Kg | 3-12Kg | Dis |

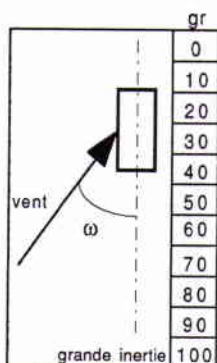
| $\lambda = 1,6$ | | |
|-----------------|-----|-------|
| ETE | | HIVER |
| V.N | V.F | |

vent -----> r

| | | |
|------|------|------|
| 1,00 | 1,33 | 0,45 |
|------|------|------|

| | | |
|------|-------|------|
| 0,45 | 0,225 | 0,00 |
|------|-------|------|

| | | |
|------|------|------|
| 1,00 | 1,33 | 0,45 |
|------|------|------|



| gr | | | |
|-----|------|------|------|
| 0 | 1,00 | 0,97 | 1,04 |
| 10 | 1,00 | 0,97 | 1,04 |
| 20 | 1,00 | 0,97 | 1,04 |
| 30 | 1,00 | 0,97 | 1,04 |
| 40 | 1,00 | 0,97 | 1,04 |
| 50 | 1,00 | 0,97 | 1,04 |
| 60 | 1,00 | 0,97 | 1,04 |
| 70 | 1,00 | 0,97 | 1,04 |
| 80 | 1,00 | 0,97 | 1,04 |
| 90 | 1,00 | 0,97 | 1,04 |
| 100 | 1,00 | 0,97 | 1,04 |

| gr | | | |
|-----|------|------|------|
| 0 | 1,69 | 1,71 | 1,73 |
| 10 | 1,69 | 1,71 | 1,73 |
| 20 | 1,69 | 1,71 | 1,73 |
| 30 | 1,69 | 1,71 | 1,73 |
| 40 | 1,69 | 1,71 | 1,73 |
| 50 | 1,69 | 1,71 | 1,73 |
| 60 | 1,69 | 1,71 | 1,73 |
| 70 | 1,69 | 1,71 | 1,73 |
| 80 | 1,69 | 1,71 | 1,73 |
| 90 | 1,69 | 1,71 | 1,73 |
| 100 | 1,69 | 1,71 | 1,73 |

| gr | | | |
|-----|------|------|------|
| 0 | 1,65 | 1,62 | 1,69 |
| 10 | 1,65 | 1,62 | 1,69 |
| 20 | 1,65 | 1,62 | 1,69 |
| 30 | 1,65 | 1,62 | 1,69 |
| 40 | 1,65 | 1,62 | 1,69 |
| 50 | 1,65 | 1,62 | 1,69 |
| 60 | 1,65 | 1,62 | 1,69 |
| 70 | 1,65 | 1,62 | 1,69 |
| 80 | 1,65 | 1,62 | 1,69 |
| 90 | 1,65 | 1,62 | 1,69 |
| 100 | 1,65 | 1,62 | 1,69 |



| $\lambda = 1$ | | |
|---------------|-----|-------|
| ETE | | HIVER |
| V.N | V.F | |

| $\lambda = 1,6$ | | |
|-----------------|--------|-----|
| GVRE | | |
| 1Kg | 3-12Kg | Dis |

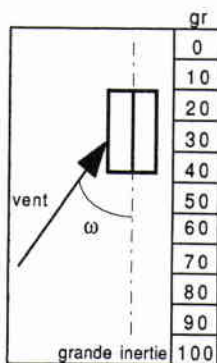
| $\lambda = 1,6$ | | |
|-----------------|-----|-------|
| ETE | | HIVER |
| V.N | V.F | |

vent -----> r

| | | |
|------|------|------|
| 1,00 | 1,33 | 0,45 |
|------|------|------|

| | | |
|------|-------|------|
| 0,45 | 0,225 | 0,00 |
|------|-------|------|

| | | |
|------|------|------|
| 1,00 | 1,33 | 0,45 |
|------|------|------|



| gr | | | |
|-----|------|------|------|
| 0 | 1,00 | 0,97 | 1,04 |
| 10 | 1,00 | 0,97 | 1,04 |
| 20 | 1,00 | 0,98 | 1,05 |
| 30 | 1,01 | 0,98 | 1,05 |
| 40 | 1,01 | 0,99 | 1,05 |
| 50 | 1,02 | 1,00 | 1,05 |
| 60 | 1,03 | 1,01 | 1,06 |
| 70 | 1,03 | 1,02 | 1,06 |
| 80 | 1,04 | 1,02 | 1,06 |
| 90 | 1,04 | 1,03 | 1,06 |
| 100 | 1,04 | 1,03 | 1,06 |

| gr | | | |
|-----|------|------|------|
| 0 | 1,69 | 1,71 | 1,73 |
| 10 | 1,69 | 1,71 | 1,73 |
| 20 | 1,69 | 1,71 | 1,73 |
| 30 | 1,70 | 1,71 | 1,73 |
| 40 | 1,70 | 1,71 | 1,73 |
| 50 | 1,70 | 1,71 | 1,73 |
| 60 | 1,70 | 1,72 | 1,73 |
| 70 | 1,71 | 1,72 | 1,73 |
| 80 | 1,71 | 1,72 | 1,73 |
| 90 | 1,71 | 1,72 | 1,73 |
| 100 | 1,71 | 1,72 | 1,73 |

| gr | | | |
|-----|------|------|------|
| 0 | 1,65 | 1,62 | 1,69 |
| 10 | 1,65 | 1,62 | 1,69 |
| 20 | 1,65 | 1,63 | 1,69 |
| 30 | 1,66 | 1,63 | 1,70 |
| 40 | 1,66 | 1,64 | 1,70 |
| 50 | 1,67 | 1,65 | 1,70 |
| 60 | 1,67 | 1,66 | 1,70 |
| 70 | 1,68 | 1,66 | 1,71 |
| 80 | 1,68 | 1,67 | 1,71 |
| 90 | 1,69 | 1,67 | 1,71 |
| 100 | 1,69 | 1,67 | 1,71 |

VALEUR DU COEFFICIENT G SUPPORT BOIS SIMPLE

Cas du semi-arrêt
avec a1 ou a2 à terre

| | |
|-------------------|----------|
| SUPPORT SIMPLE | ω |
|-------------------|----------|

| | | |
|---------------|-----|-------|
| $\lambda = 1$ | | |
| ETE | | HIVER |
| V.N | V.F | |

| | | |
|-----------------|--------|-----|
| $\lambda = 1,6$ | | |
| GVRE | | |
| 1Kg | 3-12Kg | Dis |

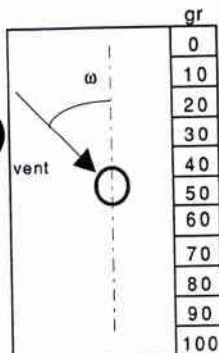
| | | |
|-----------------|-----|-------|
| $\lambda = 1,6$ | | |
| ETE | | HIVER |
| V.N | V.F | |

vent -----> r

| | | |
|------|------|------|
| 1,00 | 1,33 | 0,45 |
|------|------|------|

| | | |
|------|-------|------|
| 0,45 | 0,225 | 0,00 |
|------|-------|------|

| | | |
|------|------|------|
| 1,00 | 1,33 | 0,45 |
|------|------|------|



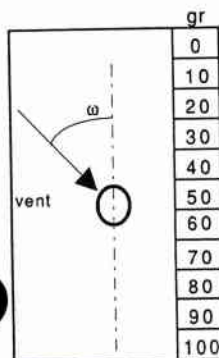
| | | | |
|-----|------|------|------|
| gr | | | |
| 0 | 1,00 | 0,97 | 1,04 |
| 10 | 1,00 | 0,97 | 1,04 |
| 20 | 1,00 | 0,97 | 1,04 |
| 30 | 1,00 | 0,97 | 1,04 |
| 40 | 1,00 | 0,97 | 1,04 |
| 50 | 1,00 | 0,97 | 1,04 |
| 60 | 1,00 | 0,97 | 1,04 |
| 70 | 1,00 | 0,97 | 1,04 |
| 80 | 1,00 | 0,97 | 1,04 |
| 90 | 1,00 | 0,97 | 1,04 |
| 100 | 1,00 | 0,97 | 1,04 |

| | | | |
|------|------|------|--|
| | | | |
| 1,69 | 1,71 | 1,73 | |
| 1,69 | 1,71 | 1,73 | |
| 1,69 | 1,71 | 1,73 | |
| 1,69 | 1,71 | 1,73 | |
| 1,69 | 1,71 | 1,73 | |
| 1,69 | 1,71 | 1,73 | |
| 1,69 | 1,71 | 1,73 | |
| 1,69 | 1,71 | 1,73 | |
| 1,69 | 1,71 | 1,73 | |
| 1,69 | 1,71 | 1,73 | |
| 1,69 | 1,71 | 1,73 | |
| 1,69 | 1,71 | 1,73 | |

| | | | |
|------|------|------|--|
| | | | |
| 1,65 | 1,62 | 1,69 | |
| 1,65 | 1,62 | 1,69 | |
| 1,65 | 1,62 | 1,69 | |
| 1,65 | 1,61 | 1,69 | |
| 1,65 | 1,61 | 1,69 | |
| 1,65 | 1,60 | 1,69 | |
| 1,65 | 1,60 | 1,69 | |
| 1,65 | 1,59 | 1,69 | |
| 1,65 | 1,59 | 1,69 | |
| 1,65 | 1,59 | 1,69 | |
| 1,65 | 1,59 | 1,69 | |
| 1,65 | 1,58 | 1,69 | |

| | |
|---------------------------|----------|
| DEFORMATION PERMANENTE | ω |
|---------------------------|----------|

| |
|-----------|
| λ |
| 0,33 |
| DP |



| | |
|-----|------|
| gr | |
| 0 | 0,36 |
| 10 | 0,36 |
| 20 | 0,36 |
| 30 | 0,36 |
| 40 | 0,36 |
| 50 | 0,36 |
| 60 | 0,36 |
| 70 | 0,36 |
| 80 | 0,36 |
| 90 | 0,36 |
| 100 | 0,36 |

VALEUR DU COEFFICIENT G SUPPORT BOIS JUMELÉ

Cas du semi-arrêt
avec a1 ou a2 à terre

| | |
|-------------------|----------|
| SUPPORT SIMPLE | ω |
|-------------------|----------|

| | | | |
|---------------|------------|-----|-------|
| $\lambda = 1$ | ETE V.N | V.F | HIVER |
|---------------|------------|-----|-------|

| | | | |
|-----------------|--------------|--------|-----|
| $\lambda = 1,6$ | GIVRE 1Kg | 3-12Kg | Dis |
|-----------------|--------------|--------|-----|

| | | | |
|-----------------|------------|-----|-------|
| $\lambda = 1,6$ | ETE V.N | V.F | HIVER |
|-----------------|------------|-----|-------|

vent \rightarrow r

| | |
|----------|----|
| ω | gr |
| 0 | |
| 10 | |
| 20 | |
| 30 | |
| 40 | |
| 50 | |
| 60 | |
| 70 | |
| 80 | |
| 90 | |
| 100 | |

| | | |
|------|------|------|
| 1,00 | 1,33 | 0,45 |
|------|------|------|

| | | |
|------|------|------|
| 1,00 | 0,97 | 1,04 |
| 1,00 | 0,97 | 1,04 |
| 1,00 | 0,98 | 1,05 |
| 1,01 | 0,98 | 1,05 |
| 1,01 | 0,99 | 1,05 |
| 1,02 | 1,00 | 1,05 |
| 1,03 | 1,01 | 1,06 |
| 1,03 | 1,02 | 1,06 |
| 1,04 | 1,02 | 1,06 |
| 1,04 | 1,03 | 1,06 |
| 1,04 | 1,03 | 1,06 |

| | | |
|------|-------|------|
| 0,45 | 0,225 | 0,00 |
|------|-------|------|

| | | |
|------|------|------|
| 1,69 | 1,71 | 1,73 |
| 1,69 | 1,71 | 1,73 |
| 1,69 | 1,71 | 1,73 |
| 1,70 | 1,71 | 1,73 |
| 1,70 | 1,71 | 1,73 |
| 1,70 | 1,71 | 1,73 |
| 1,70 | 1,72 | 1,73 |
| 1,71 | 1,72 | 1,73 |
| 1,71 | 1,72 | 1,73 |
| 1,71 | 1,72 | 1,73 |
| 1,71 | 1,72 | 1,73 |

| | | |
|------|------|------|
| 1,00 | 1,33 | 0,45 |
|------|------|------|

| | | |
|------|------|------|
| 1,65 | 1,62 | 1,69 |
| 1,65 | 1,62 | 1,69 |
| 1,65 | 1,63 | 1,69 |
| 1,66 | 1,63 | 1,70 |
| 1,66 | 1,64 | 1,70 |
| 1,67 | 1,65 | 1,70 |
| 1,67 | 1,66 | 1,70 |
| 1,68 | 1,66 | 1,71 |
| 1,68 | 1,67 | 1,71 |
| 1,69 | 1,67 | 1,71 |
| 1,69 | 1,67 | 1,71 |

| | |
|---------------------------|----------|
| DEFORMATION PERMANENTE | ω |
|---------------------------|----------|

| | |
|-------------------|----|
| λ 0,39 | DP |
|-------------------|----|

| | |
|----------|------|
| ω | gr |
| 0 | 0,42 |
| 10 | 0,42 |
| 20 | 0,42 |
| 30 | 0,42 |
| 40 | 0,42 |
| 50 | 0,42 |
| 60 | 0,42 |
| 70 | 0,42 |
| 80 | 0,42 |
| 90 | 0,42 |
| 100 | 0,42 |

EDM-EDF
SAINT-TULLE

RESEAUX AERIENS

Août 1994

1.035/10

CALCUL MANUEL SUPPORT D'ARRET SIMPLE LIGNE HTA RIGIDE

Deux cas sont à envisager :

a) $F \leq$ au support minimal que l'on a calculé. On choisira la valeur du support minimal, si celle-ci existe dans la gamme des supports, sinon on prendra la première valeur d'effort normalisé immédiatement supérieure à la valeur minimale calculée.

b) $F >$ au support minimal calculé. On choisira le support ayant pour effort nominal, la valeur de F . Si celle-ci n'existe pas dans la gamme des supports normalisés, on prendra le support dont l'effort est immédiatement supérieur à F .

5 - CALCUL DE LA HAUTEUR DU SUPPORT

Voir détail au chapitre "Détermination de la hauteur d'un support".

$H = \text{Implantation} + \text{hauteur réglementaire des conducteurs} + \text{flèche}$
 $+ \text{distance accrochage des conducteurs par rapport au sommet du support.}$

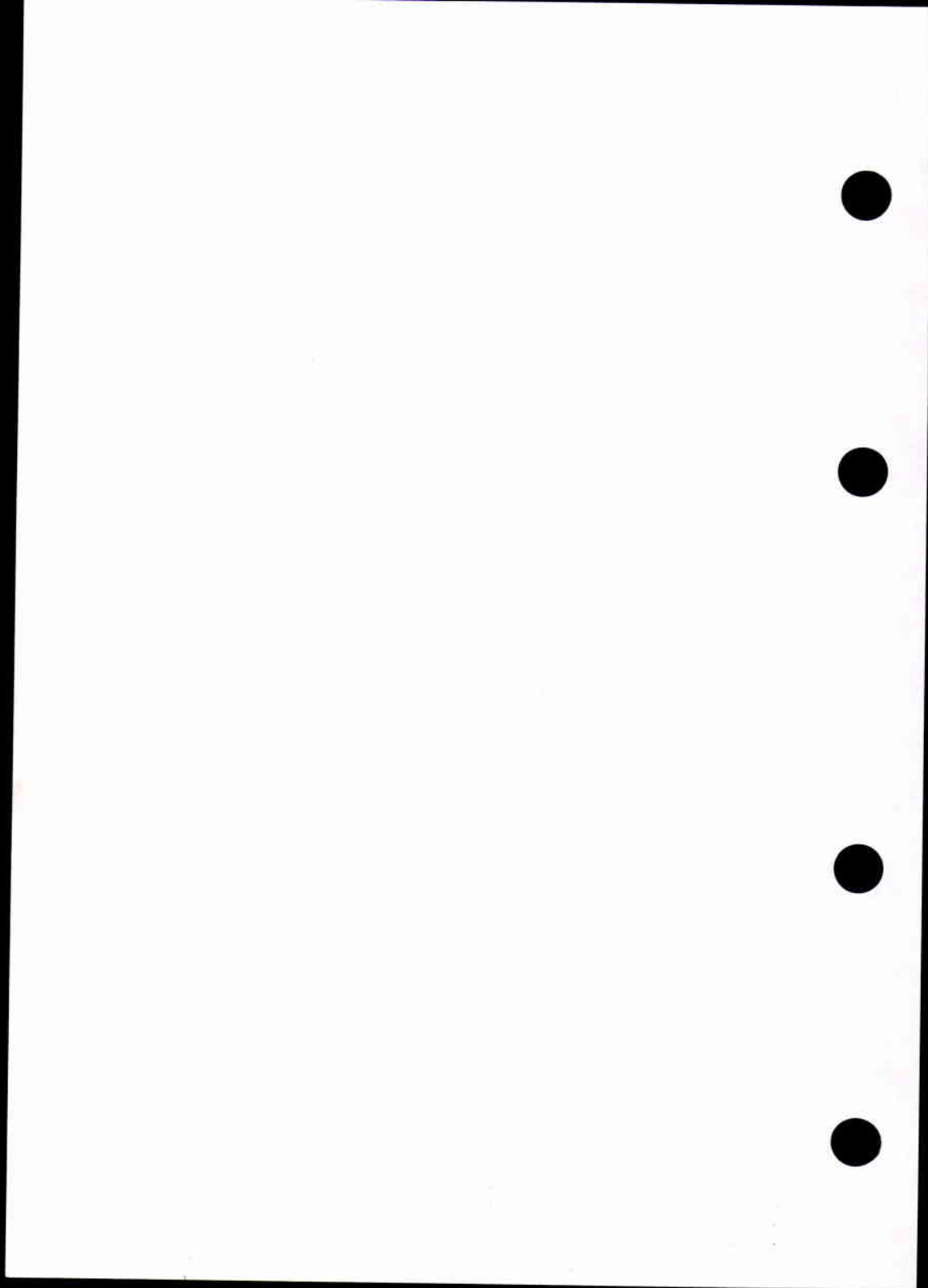
6 - CALCUL DE LA FONDATION DU SUPPORT

Voir détail au chapitre "Fondations des supports".

7 - CARNET DE PIQUETAGE

Reporter sur le carnet de piquetage les caractéristiques :

- du support
- des DAC
- de la traverse
- des isolateurs
- de l'équipement (terre, chaises ERAS, etc...).



CALCULS MÉCANIQUES DES LIGNES AÉRIENNES HTA RIGIDES Résistance mécanique des ouvrages

DEFINITIONS

- Charge de rupture :
 - C'est la charge qu'il faut appliquer à un ouvrage pour provoquer sa ruine.
- Limite élastique :
 - C'est la charge maximale que l'on peut appliquer à un matériau pour n'avoir que des déformations élastiques. Elle est sensiblement égale aux 2/3 de la charge de rupture pour les conducteurs.
- Coefficient de sécurité :
 - C'est le rapport entre la charge correspondant à la rupture ou à la ruine d'un élément et l'effort maximal auquel il peut être soumis dans l'hypothèse de calcul considérée.

DIFFÉRENTES VALEURS DU COEFFICIENT DE SECURITE (K)

- Cas des hypothèses A et B :
 - $K = 3$ pour toutes les pièces travaillant à la traction (conducteurs, chaînes d'isolateurs, haubans etc ...).
 - Nota :** $K = 3$ exceptionnellement pour les supports bois et leurs assemblages.
 - $K = 2,1$ pour toutes les pièces travaillant à la flexion (poteau béton, poteaux métalliques, les ferrures des isolateurs rigides ...).

- Cas des hypothèses de givre :

La charge maximale à laquelle peut être soumis un élément ne doit pas dépasser sa limite d'élasticité.

- $K = 1,5$ pour les conducteurs, les chaînes d'isolateurs et leurs accessoires.
- $K = 1,7$ pour les haubans.

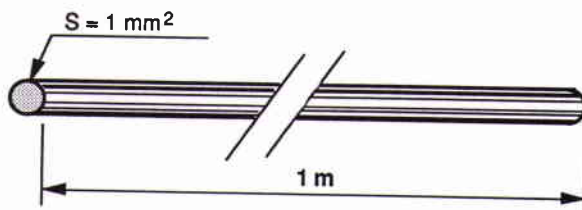
Pour les poteaux ou leurs assemblages, cela les conduit à les utiliser à 1,6 fois leur effort nominal.

Pour les supports métalliques, les utiliser à 1,75 fois leur effort nominal.

CALCULS MÉCANIQUES **DES LIGNES AÉRIENNES HTA RIGIDES** **Différents éléments employés dans les calculs**

$\bar{\omega}$ en N / m · mm²

Poids linéique du conducteur par unité de section.



| | | |
|--------|------------------------|-------------------------------|
| Cuivre | $\bar{\omega} \approx$ | 0,089 N / m · mm ² |
| Aster | $\bar{\omega} \approx$ | 0,027 N / m · mm ² |

ω en N / m

Poids linéique du conducteur

$$\omega \approx \bar{\omega} \times S \text{ (section du conducteur)}$$

(valeur réelle légèrement supérieure, car pour 1 m de câble, le toronnage allonge très légèrement la longueur).

t en N / mm²

Tension unitaire (par mm²) dans les conducteurs.

C'est la force de traction nécessaire pour vaincre le poids du conducteur et l'écarter du sol à des distances réglementaires. A l'origine elle dépend du réglage de la ligne. Elle varie ensuite en fonction des températures et des surcharges.

**T en N ou { da N
kN**

Tension totale dans le conducteur.

$$T = t \times S \text{ (section du conducteur)}$$

P m

Paramètre, c'est le rapport de la force de traction du conducteur dans les conditions de calculs envisagées au poids de ce conducteur par unité de longueur.

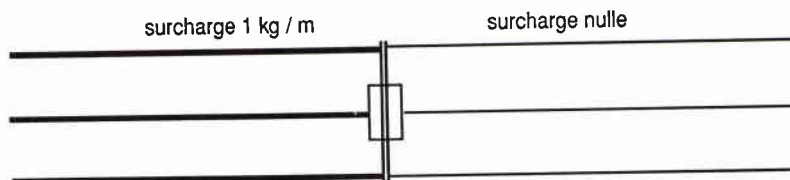
$$Pm = \frac{T \text{ N}}{\omega' \text{ N / m}} \quad \text{ou} \quad Pm = \frac{t \text{ N / mm}^2}{\bar{\omega} \text{ N / m} \cdot \text{mm}^2}$$

Cette notion est utilisée pour le calcul des lignes "suspendues". La valeur du paramètre détermine la tension de réglage à + 40° C sans vent. Il est choisi de façon que dans la plus défavorable des hypothèses, les contraintes admissibles ne soient pas dépassées.

CALCULS MÉCANIQUES **DES LIGNES AÉRIENNES HTA RIGIDES** **Hypothèses complémentaires optionnelles**

EN ZONE NORMALE

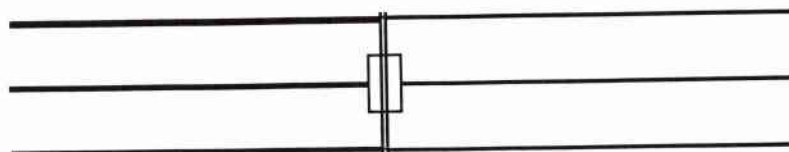
- Surcharge symétrique :
 - Les ouvrages seront calculés avec une surcharge verticale de 1 kg/m à -5° C avec un vent de 480 Pa sur les conducteurs nus.
- Surcharge dissymétrique :
 - A - 5° C avec un vent nul.



Nota : Dans les 2 cas, les efforts dans les composants devront rester à leur limite élastique.

EN ZONE GIVREE

- Surcharge dissymétrique :
 - A - 5° C avec un vent nul.



| | surcharge | surcharge partielle |
|-------------------|-----------|---------------------|
| • Zone à 3 kg / m | ===> | 1,5 kg / m |
| • Zone à 5 kg / m | ===> | 3 kg / m |
| • Zone à 8 kg / m | ===> | 5 kg / m |

Les efforts dans les composants devront rester inférieurs à leur limite élastique.

CALCULS MÉCANIQUES DES LIGNES AÉRIENNES HTA RIGIDES Récapitulation des hypothèses

| ZONES | Hypothèses | SURCHARGES VERTICALES | PRESSION DU VENT SUR | Température | LIGNES | | Coefficients de sécurité K ou contrainte admissible C pour élément travaillant à | | COEFFICIENTS DE STABILITÉ | |
|---------------|--------------------|-----------------------|---|----------------------------|------------|------------|--|-------------------|---------------------------|---------------------|
| | | | | | Principale | Secondaire | la traction | la flexion | Cas général | Cas particulier (2) |
| | | | | | | | | | | |
| A VENT NORMAL | Arrêté technique A | Néant | Conducteurs 480 Pa Surfaces planes 1000 Pa Surfaces cylindriques 400 Pa | 15°C | ○ | ○ | $K \geq 3$ | $K \geq 2,1$ | 1,2 | 1,75 |
| | Arrêté technique B | Néant | Conducteurs 180 Pa Surfaces planes 300 Pa Surfaces cylindriques 180 Pa | -10°C ou -20°C | ○ | ○ | $K \geq 3$ | $K \geq 2,1$ | | |
| A VENT FORT | Arrêté technique A | Néant | Conducteurs 640 Pa Surfaces planes 1330 Pa Surfaces cylindriques 530 Pa | 15°C | ○ | ○ | $K \geq 3$ | $K \geq 2,1$ | 1,2 | 1,75 |
| | Arrêté technique B | Néant | Conducteurs 180 Pa Surfaces planes 300 Pa Surfaces cylindriques 180 Pa | -10°C ou -20°C | ○ | ○ | $K \geq 3$ | $K \geq 2,1$ | | |
| NON GIVRÉES | Surcharges | Symétriques | 1 kg/m | 480 Pa sur conducteurs nus | -5°C | ○ | ○ | $C \leq LE^{(1)}$ | 1,2 (3) | |
| | | Disymétriques | a = 1 kg/m b = néant | Vent nul | -5°C | ○ | ○ | $C \leq LE^{(1)}$ | | |
| GIVRÉES | Surcharges | Symétriques | 3 kg/m 5 kg/m 8 kg/m | 480 Pa sur conducteurs nus | -5°C | ○ | ○ | $C \leq LE^{(1)}$ | 1,2 (3) | |
| | | Disymétriques | kg/m | | | | | | | |
| | | | a 3 5 8 b 1,5 3 5 | Vent nul | -5°C | △ | | $C \leq LE^{(1)}$ | | |

○ Hypothèses obligatoires

△ Hypothèses complémentaires optionnelles

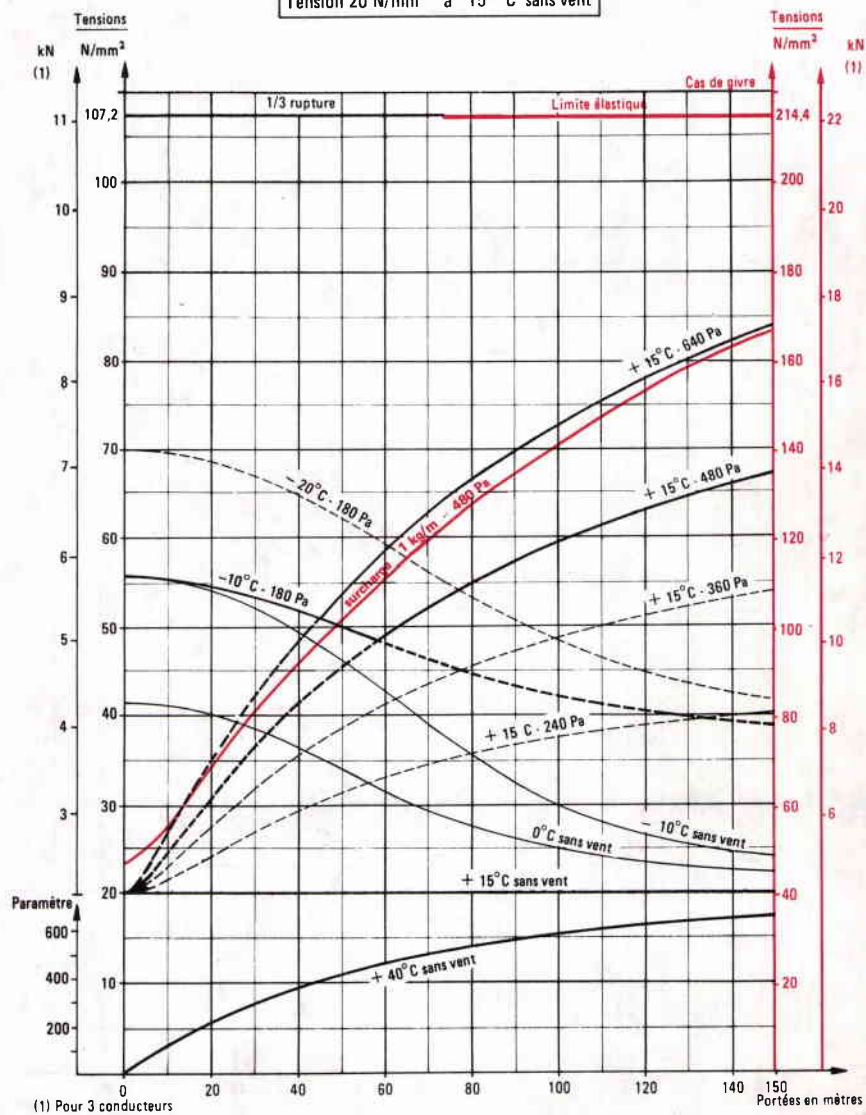
(1) LE : limite élastique

(2) Cas particuliers : supports d'ancrage (angle ou arrêt), etc., (cf. par. 322)

(3) Lorsque l'hypothèse la plus contraignante est l'hypothèse A ou B, on tiendra compte du coefficient 1,75 pour les cas particuliers (angle ou arrêt, traversées...).

CALCUL MECANIQUE DES LIGNES AERIENNES

ABAQUE DE TENSIONS
CABLE EN ALLIAGE D'ALUMINIUM
ASTER 34,4
Tension 20 N/mm² à 15° C sans vent



Guide technique B.31.4.4702 Fév. 81

E.D.M.-E.D.F.
SAINT-TULLE

RESEAUX AERIENS

Oct. 86

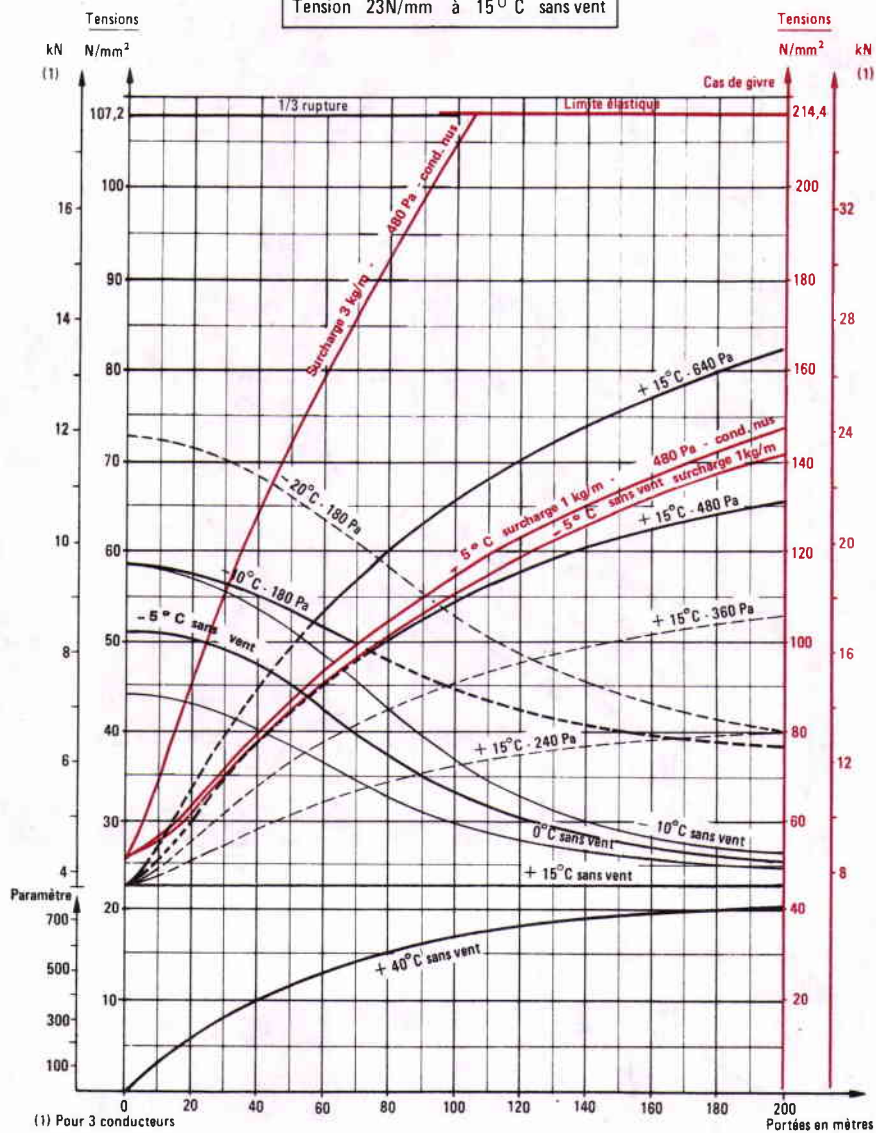
1023 - 1

CALCUL MECANIQUE DES LIGNES AERIENNES

ABAQUE DE TENSIONS
 CABLE EN ALLIAGE D'ALUMINIUM

ASTER 54.6

Tension 23N/mm à 15° C sans vent



Guide technique : B.31.4.4802 Fév. 81

E.D.M.-E.D.F.
 SAINTE-TULLE

RESEAUX AERIENS

Oct. 88

1023 - 2

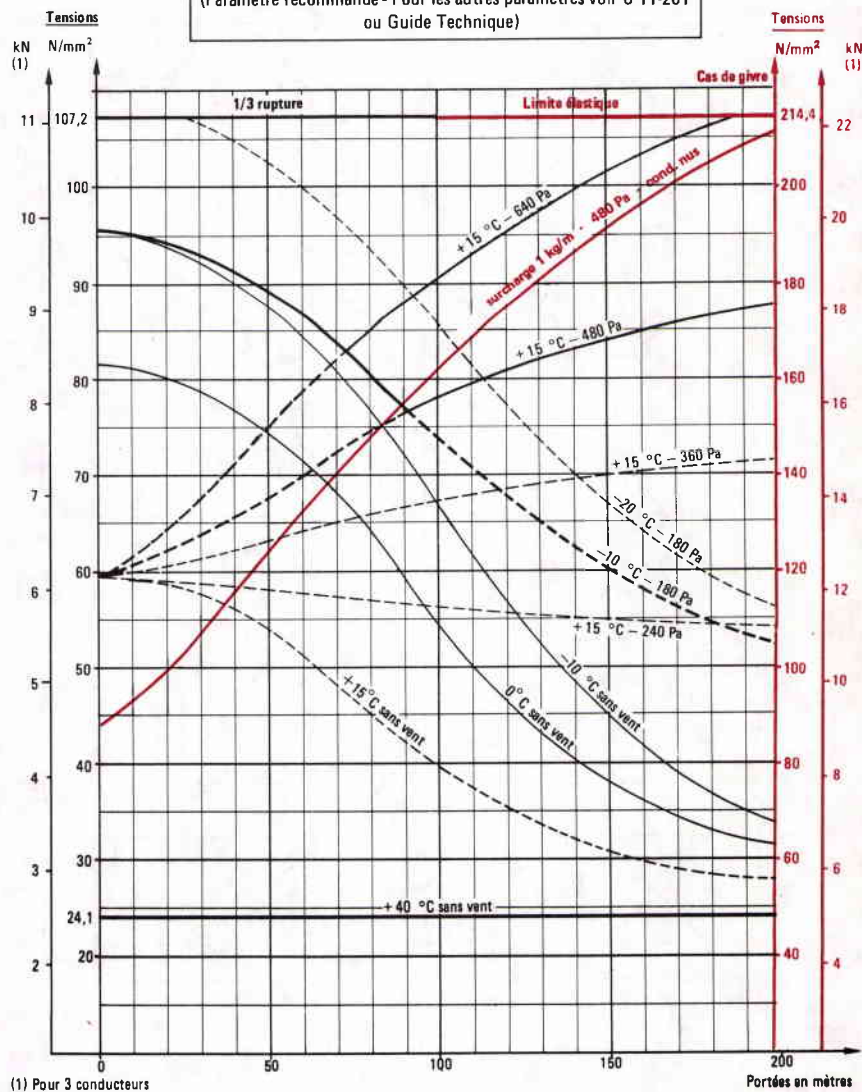
CALCUL MECANIQUE DES LIGNES AERIENNES

ABAQUE DE TENSIONS
CABLE EN ALLIAGE D'ALUMINIUM

ASTER 34,4

Paramètre 900 à 40 °C sans vent

(Paramètre recommandé - Pour les autres paramètres voir C 11-201
ou Guide Technique)



Guide technique B.31.4.4107 Fév. 81

E.D.M.-E.D.F.
SAINTE-TULLE

RESEAUX AERIENS

Oct. 86

1023 - 3

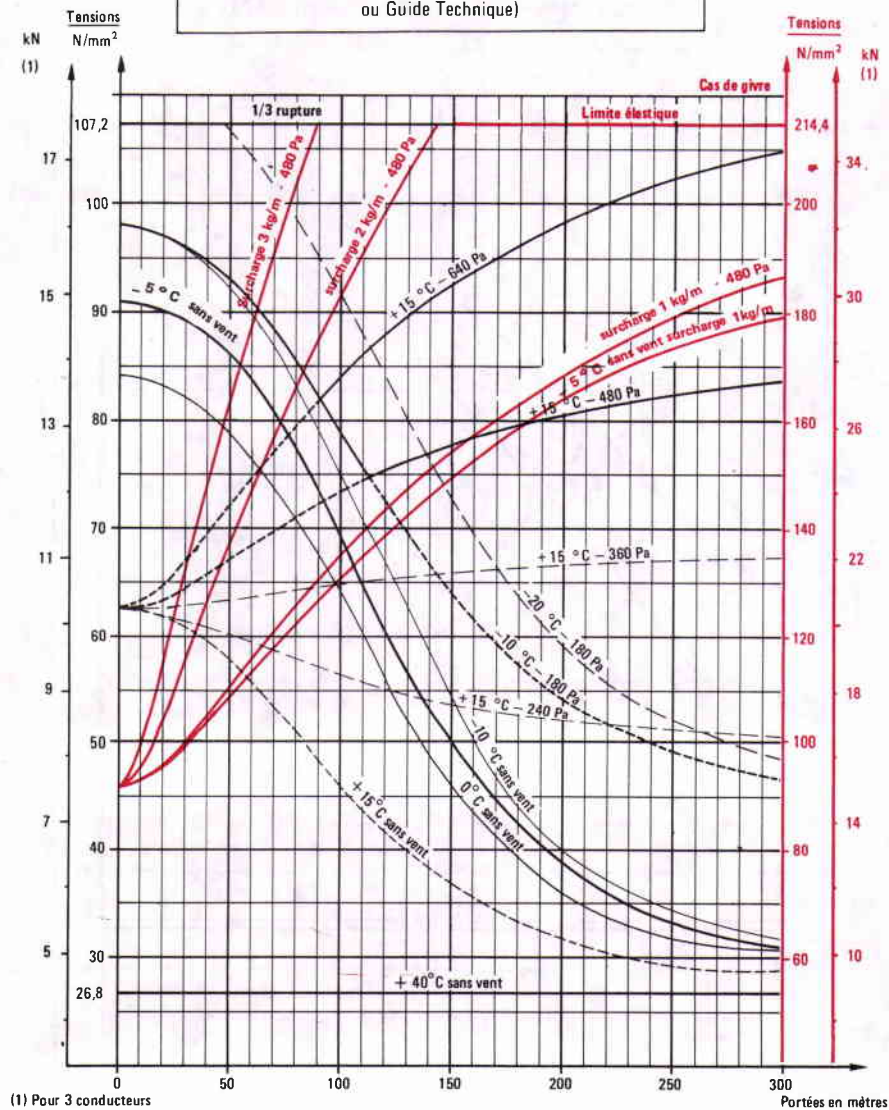
CALCUL MECANIQUE DES LIGNES AERIENNES

ABAQUE DE TENSIONS
CABLE EN ALLIAGE D'ALUMINIUM

ASTER 54,6

Paramètre 1000 à 40°C sans vent

(Paramètre recommandé - Pour les autres paramètres voir C 11-201
ou Guide Technique)



Guide technique B.31.4.4208 Fév. 81

E.D.M.-E.D.F.
SAINT-TULLE

RESEAUX AERIENS

Oct. 88

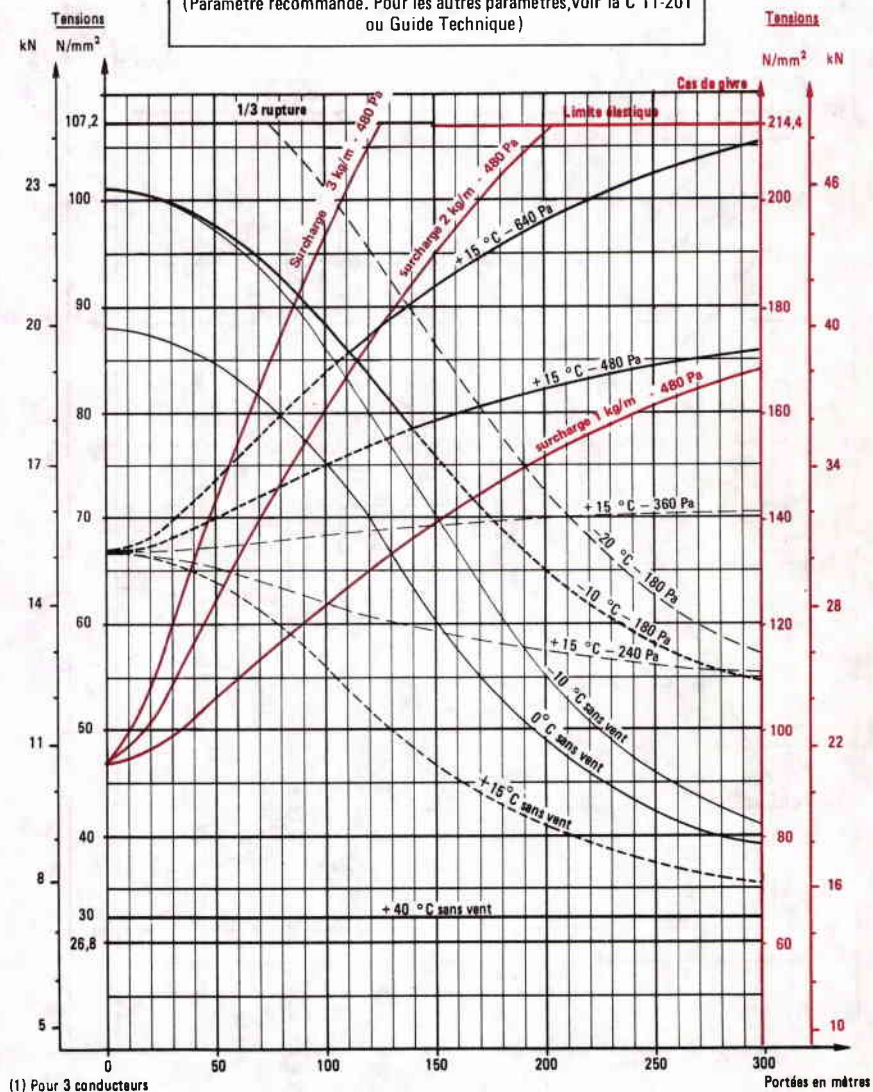
1023 - 4

ABAQUE DE TENSIONS
CABLE EN ALLIAGE D'ALUMINIUM

ASTER 75,5

Paramètre 1200 à 40°C sans vent

(Paramètre recommandé. Pour les autres paramètres, voir la C 11-201
ou Guide Technique)



Guide technique B. 31.4.4305 Fév. 81

E.D.M.-E.D.F.
SAINTE-TULLE

RESEAUX AERIENS

Oct. 86

1023 - 5

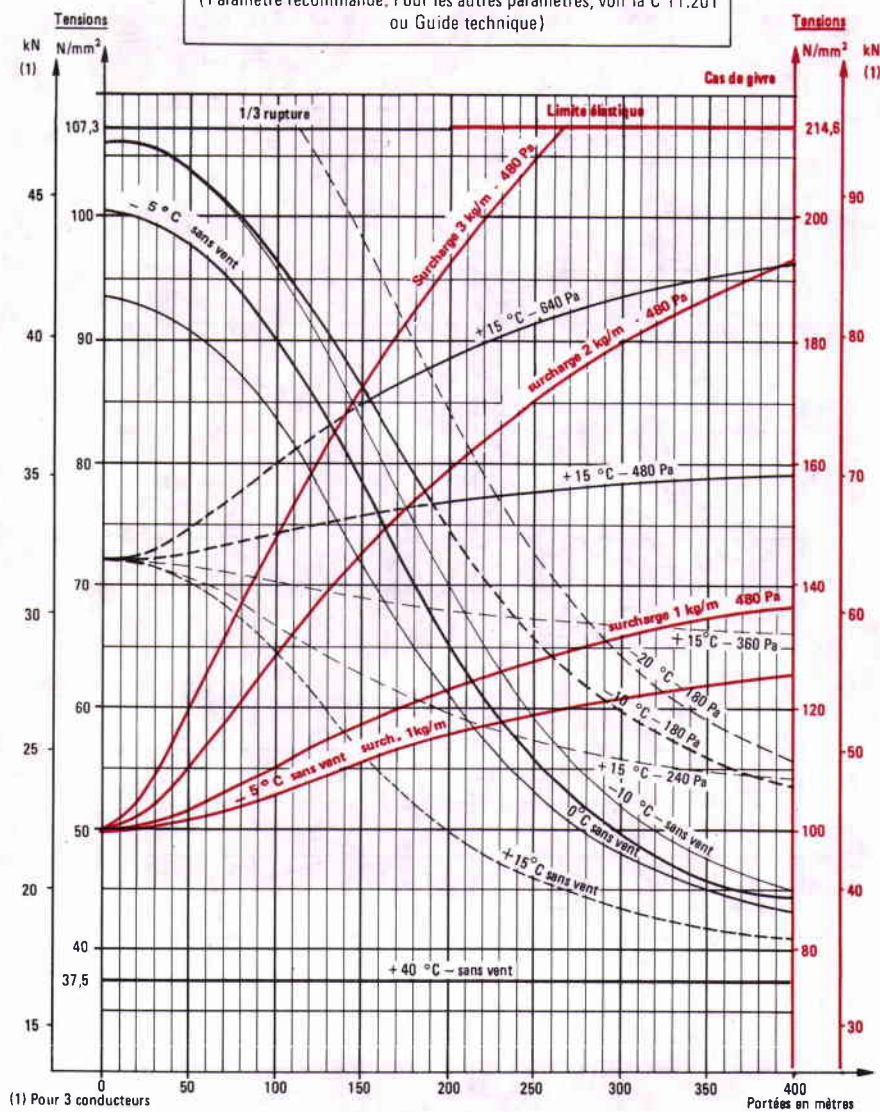
CALCUL MECANIQUE DES LIGNES AERIENNES

ABAQUE DE TENSIONS
CABLE EN ALLIAGE D'ALUMINIUM

ASTER 148

Paramètre 1400 à 40° C sans vent

(Paramètre recommandé. Pour les autres paramètres, voir la C 11.201
ou Guide technique)



Guide Technique B. 31.4.4406 Fév. 81

E.D.M.-E.D.F.
SAINT-TULLE

RESEAUX AERIENS

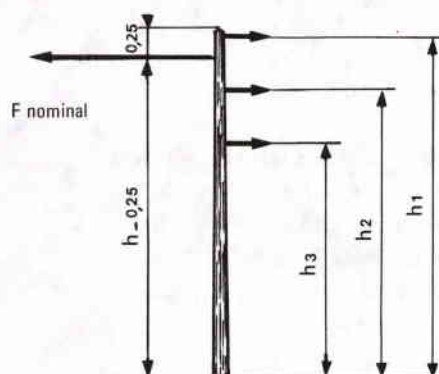
Oct. 88

1023 - 6

CALCUL MECANIQUE DES LIGNES AERIENNES

FACTEUR DE CORRECTION D'EFFORT

L'effort nominal d'un support nous est donné à 0,25 m du sommet. L'effort des conducteurs s'exerçant à différents niveaux sur le support, il est nécessaire, soit de ramener ces valeurs à 0,25 m du sommet pour vérifier l'effort nominal du support au moment du choix (As), soit de déclasser les supports ou de les surclasser (pas utile pour la tenue des supports).



Le moment des différentes forces exercées est :

$$M_1 = F_1 \times h_1$$

$$M_2 = F_2 \times h_2$$

$$M_3 = F_3 \times h_3$$

$$M_{...} = F_{...} \times h_{...}$$

Le moment de F nominal qui doit équilibrer ces différents moments est :

$$M_F = F_N \times (h - 0,25)$$

et nous pouvons écrire

$$F_N (h - 0,25) = (F_1 \times h_1) + (F_2 \times h_2) + (F_3 \times h_3) + \dots$$

$$\text{ou } F_N = \frac{(F_1 \times h_1) + (F_2 \times h_2) + (F_3 \times h_3)}{(h - 0,25)}$$

Si les conducteurs exercent des forces identiques nous pouvons simplifier les calculs.

Nous pouvons écrire

$$F_N = \frac{(F_1 + F_2 + F_3 + \dots) \left(\frac{h_1 + h_2 + h_3 + \dots}{n} \right)}{(h - 0,25)}$$

ou

$$F_N = \leq F \times \underbrace{\left(\frac{h_1 + h_2 + h_3 + \dots}{n (h - 0,25)} \right)}_{\text{on appellera K ce rapport}}$$

Pour certains calculs, on utilise aussi η $\eta = \frac{1}{K}$

VALEURS DE K OU η pour les armements usuels

| | | |
|------------------------------------|--------------------|---------------------|
| - traverse ancrage en arrêt simple | : K \approx 1 | $\eta \approx$ 1 |
| - support MT de dérivation, IACM | : K \approx 0,93 | $\eta \approx$ 1,07 |
| - nappe voûte Rigide | : K \approx 1,1 | $\eta \approx$ 0,9 |
| - nappe voûte Suspendu | : K \approx 1,1 | $\eta \approx$ 0,9 |
| - chapeau de gendarme | : K \approx 1 | $\eta \approx$ 1 |
| - alterne | : K \approx 0,9 | $\eta \approx$ 1,05 |

CALCULS MECANQUES DES LIGNES SUR ISOLATEURS RIGIDES

Si l'on veut obtenir des résultats de calculs qui ne soient pas trop éloignés de ceux restitués par le logiciel "CAMELIA", il y a lieu de tenir compte des informations suivantes:

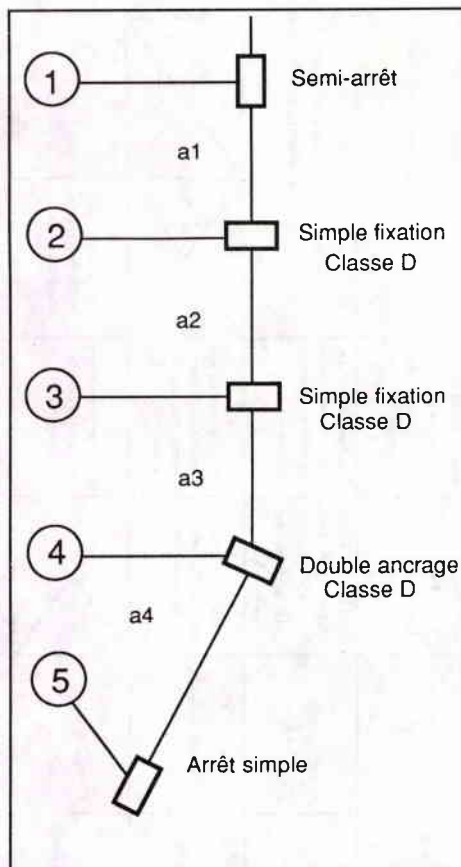
CAS COURANTS DES LIGNES SUR ISOLATEURS RIGIDES

CAMELIA traite pareillement aux lignes sur isolateurs suspendus, les lignes sur isolateurs rigides compte tenu du fait que la flexibilité des supports joue un rôle suffisant pour équilibrer les tensions de part et d'autre. Ceci ne dispense pas de respecter les directives du Guide Technique (B 23.1) qui préconisent de s'efforcer de réaliser des portées aussi égales que possible.

La délimitation du canton se fera aux points supposés fixes , c'est à dire :

ARRET-SIMPLE, SEMI-ARRET et **ARRET- DOUBLE** pour lignes principales.

EXEMPLE DE CALCULS MECANQUES DES LIGNES SUR ISOLATEURS RIGIDES Ligne secondaire



$$a_e = \sqrt{\frac{a_1^3 + a_2^3 + a_3^3 + a_4^3}{a_1 + a_2 + a_3 + a_4}}$$

En effet le canton est compris entre les supports n° 1 et n°5, (le double ancrage étant un support considéré flexible comme les simples fixations, n'est pas une limite de canton).

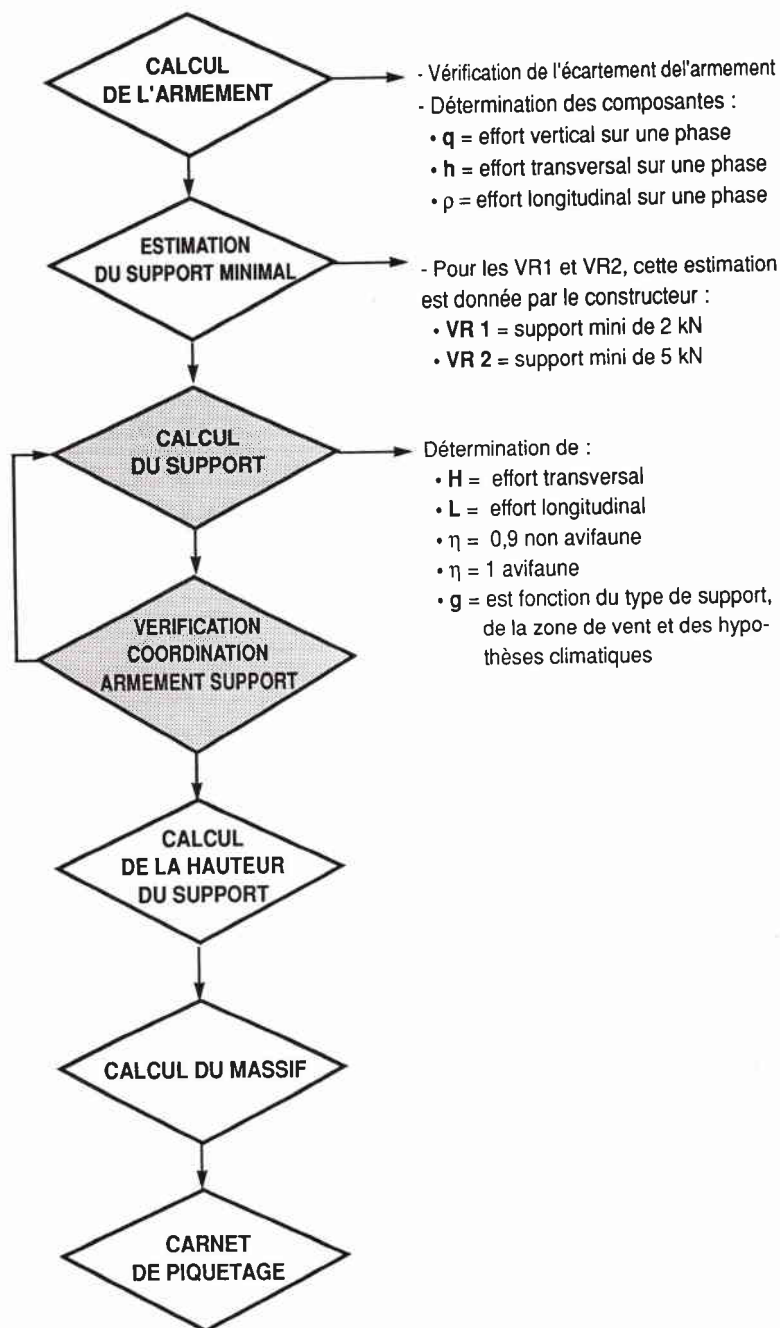
Le paramètre à 40°C sans vent peut-être trouvé dans la partie basse des abaques, (voir par exemple la page 1.023.2 de ce recueil). Il nous servira à calculer la flèche à 40°C sans vent ($f = \frac{a_2^2}{8p}$) afin de déterminer la hauteur du support.

LES SUPPORTS DE LIGNE

| λ = Coefficient de travail | | λ = Effort maximum dans l'hypothèse considérée Effort nominal | | | | |
|--|------------------------------------|--|---|---|---|---------------------------|
| FONCTIONS DES SUPPORTS ET DES ARMEMENTS DE LIGNE | | | | | | |
| Fonction | Arrêt simple | Arrêt double | Semi-arrêt | Double ancrage | Simple fixation | |
| Alignement | | | | | Rigide | Suspendue |
| Angle | | | | | | |
| Hypothèse A et B | Arrêt du canton $\lambda = 1$ | Résultante des efforts $\lambda = 1$ Arrêt de chacun des cantons $\lambda = 1$ | Résultante des efforts $\lambda = 1$ Arrêt de chacun des cantons $\lambda = 1,6$ | Résultante des efforts $\lambda = 1$ | | |
| Hypothèse givre | Arrêt du canton $\lambda = 1,6$ | Résultante des efforts en givre synchrétique $\lambda = 1,6$ Arrêt de chacun des cantons $\lambda = 1,6$ | Résultante des efforts en givre synchrétique et en givre diachronique $\lambda = 1,6$ | Résultante des efforts en givre synchrétique et, pour les lignes principales uniquement, givre diachronique $\lambda = 1,6$ | | |
| Utilisation | Ligne principale | Tête de ligne | Limite de cantons tous les 2 km (1,5 portées) interrupteurs | Limite de cantons aux points singuliers (points bas, angles importants, ...etc) | Alignement angles faibles | |
| | Ligne secondaire | Tête de ligne | | | Points singuliers (points bas, angles importants, ...etc) | Alignement angles faibles |

(ce tableau fixant en particulier les différentes valeurs du coefficient λ est aussi valable pour les armements)

CALCUL D'UN SUPPORT D'ALIGNEMENT



CALCUL D'UN SUPPORT D'ALIGNEMENT

- ϖ = poids linéique de câble par unité de section $\text{kN}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$ pour le câble Aster, $\varpi = 268 \times 10^{-7} \text{ kN}/(\text{m} \cdot \text{mm}^2)$
- S = section nominale du câble en mm^2
- a_1 = portée en mètres
- a_2 = portée en mètres
- **forfait iso.** = forfait isolateur (poids) = 0,05 kN pour VHT 20 T ou 22 T
- ϕc = diamètre extérieur du câble en mètres
- P_{vc} = pression du vent sur le conducteur en Pascals.
(Elle est fonction de l'hypothèse climatique et de la zone de vent).
- $\frac{T_1}{3}$ = tension sur un conducteur pour la portée a_1 (kN) aux différentes hypothèses climatiques
- $\frac{T_2}{3}$ = tension sur un conducteur pour la portée a_2 (kN) aux différentes hypothèses climatiques
- m = effort de surcharge de givre (en kN).

Exemple :

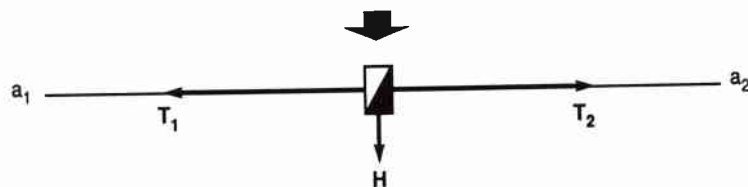
Si une surcharge est de 1 kg/m, on sait qu'une force = masse \times g (coefficient d'apesanteur de 9,81 sur terre). Pour les besoins de notre calcul, on prendra $g = 10$.

Donc $m = 1 \times 10 = 10 \text{ N}$

On veut m en kN $\Rightarrow m = 0,01 \text{ kN / mètre}$ pour une surcharge de 1 kg/m.

CALCUL D'UN SUPPORT D'ALIGNEMENT

Direction du vent sur le support et les conducteurs



T_1 et T_2 = efforts dûs aux conducteurs dans le sens longitudinal

H = effort transversal dû au vent sur les conducteurs

L = résultante des efforts longitudinaux sur un alignement

($L = 0$ avec givre symétrique)

Fonction du support : SF (simple fonction)

1 - CALCUL DE L'ARMEMENT VR

a) Il faut vérifier l'écartement des conducteurs

(voir détail au chapitre "écartement des conducteurs" page 1. 150/60).

b) Il faut déterminer les composantes q , h , l aux trois hypothèses climatiques :

• q = effort vertical sur une phase (kN)

• h = effort transversal sur une phase (kN)

• l = effort longitudinal sur une phase (kN)

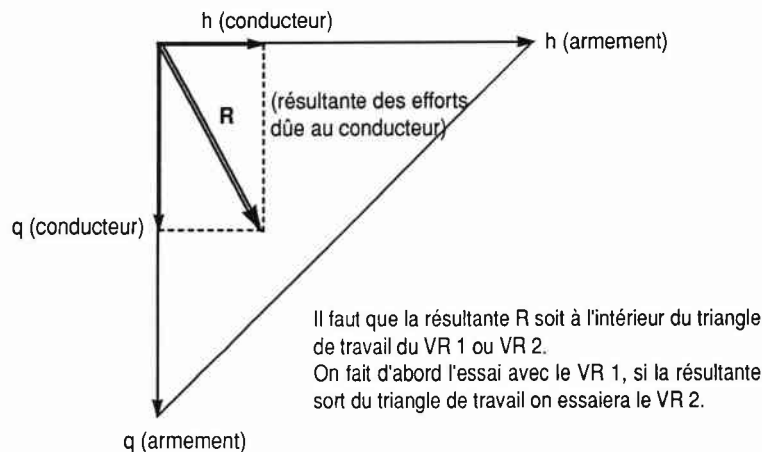
| | ETE | HIVER | GIVRE |
|-----|--|--|--|
| q | $\varpi \times S \times \frac{a_1 + a_2}{2} + \text{forfait iso}$ | | $(\varpi \times S + m) \frac{a_1 + a_2}{2} + \text{forfait iso}$ |
| h | $\frac{\varphi_c \times \frac{a_1 + a_2}{2} \times P_{vc} (\text{été})}{10^3}$ | $\frac{\varphi_c \times \frac{a_1 + a_2}{2} \times P_{vc} (\text{hiver})}{10^3}$ | $\frac{\varphi_c \times \frac{a_1 + a_2}{2} \times P_{vc} (\text{givre})}{10^3}$ |
| l | $\frac{T_1}{3} - \frac{T_2}{3} = 0$ | $\frac{T_1}{3} - \frac{T_2}{3} = 0$ | $\frac{T_1}{3} - \frac{T_2}{3} = 0$ |



CALCUL D'UN SUPPORT D'ALIGNEMENT

2 - DÉTERMINATION DE L'ARMEMENT VR

a) Méthode graphique



b) Méthode par le calcul

On ramène l'effort q dû au conducteur sur l'axe h de l'armement. Pour cela on affecte un coefficient α à la valeur de q (conducteur) pour tenir compte de la géométrie du VR. Il faut vérifier l'inéquation suivante aux trois hypothèses climatiques.

$$\alpha q_{\text{conducteur}} + h_{\text{conducteur}} \leq \lambda h_{\text{armement}}$$

avec

| | VR 1 | VR 2 |
|----------|------|-------|
| α | 1 | 0,864 |

$\lambda = 1$ hypothèses A et B

$\lambda = 1,6$ hypothèse G

λ = coefficient de travail

En fonction de l'armement choisi, on a sur la colonne de droite le support minimal associé à l'armement pour avoir la coordination entre armement et support.

| Dési- gnation | Codet | Composition | | Utilisation par phase , dans le sens : | | | | | | Support minima associé (kN) |
|------------------|-----------|------------------|----------|--|-----|--------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------------------------|
| | | | | Vertical q | | Horizontal h | | Longitudinal l | | |
| | | couleur associée | | Hypothèses | | Hypothèses | | Hypothèses | | |
| | | Montant | Traverse | réglém. complém. (kN) | 2,5 | réglém. complém. (kN) | 2,5 | réglém. complém. (kN) | 0,4 | |
| VR 1 | 68.53.335 | 50 vert | 60 rouge | 1,6 | 2,5 | 1,6 | 2,5 | 0,4 | 0,6 | 2 |
| VR 2 | 68.53.337 | 70 noir | 80 jaune | 4,4 | 7 | 3,8 | 6 | 1 | 1,6 | 5 |

CALCUL D'UN SUPPORT D'ALIGNEMENT

- **F** = effort théorique du support (kN).
- **η** = coefficient de déclassement du support.
Les efforts nominaux des supports sont donnés à 0,25 m sous son sommet. Les efforts des conducteurs pouvant s'exercer à différents niveaux en fonction de la géométrie de l'armement et de sa position sur le support, il est donc nécessaire de ramener ces valeurs à 0,25m sous la tête du support.
 - pour le VR en position avifaune $\eta = 1$
 - pour le VR en position non avifaune $\eta = 0,9$
- **H** = effort transversal dû au vent sur les 3 conducteurs (en kN).
 $H = h \times 3$
- **H_0** = effort transversal à la déformation permanente dans le cas d'un alignement **$H_0 = 0$**
- **L** = effort longitudinal à la ligne dû au 3 conducteurs en (kN). $L = l \times 3$
- **τ** = coefficient transversal du support. Pour un support de classe D, $\tau = 0,5$
- **g** = coefficient prenant en compte, à la fois la valeur de λ (coefficient de travail du support) et la valeur du vent sur le support.

(Voir le chapitre "Utilisation du coefficient "g").

CALCUL D'UN SUPPORT D'ALIGNEMENT

3 - CALCUL DU SUPPORT ET VERIFICATION DE LA COORDINATION ARMEMENT - SUPPORT

Pour un support d'alignement on doit installer un support béton de classe D (flexible) ou un support bois.

Calcul d'un support béton classe D

Sachant que le constructeur du VR nous indique un support minimal, nous allons vérifier si ce support est suffisant pour tenir aux trois hypothèses climatiques les efforts que subira réellement le support.

$$F \geq \frac{1}{\eta} \times \frac{1}{g} \left[H + \frac{L}{\tau} \right]$$

Deux cas sont à envisager :

1 - $F \leq$ au support minimal préconisé par le constructeur du VR. On choisira comme support la valeur du support minimal pour avoir la coordination armement - support.

2 - $F >$ au support minimal préconisé par le constructeur du VR. On choisira un support dont l'effort nominal sera pris dans la gamme des supports normalisés et dont la valeur sera \geq à F.

Calcul d'un support bois simple

Comme pour le poteau béton, il faut vérifier si le support bois choisi est suffisant pour tenir aux trois hypothèses climatiques A, B, G et à la déformation permanente, les efforts qu'il subira réellement.

Hypothèses A, B, G

$$F \geq \frac{1}{\eta} \times \frac{1}{g} \sqrt{H^2 + L^2}$$

Hypothèse de déformation permanente

$$F_0 \geq \frac{1}{\eta} \times \frac{1}{g} \sqrt{H_0^2 + L_0^2}$$

dans le cas d'un support bois d'alignement on aura : $F_0 = 0$

Selon le résultat de F, les deux cas que l'on a envisagés pour le support béton sont également valables pour le support bois simple.

4 - CALCUL DE LA HAUTEUR DU SUPPORT

Voir le détail au chapitre "Détermination de la hauteur d'un support".

H = Implantation + hauteur réglementaire des conducteurs + flèche + distance d'accrochage des conducteurs en fonction de la position du VR.

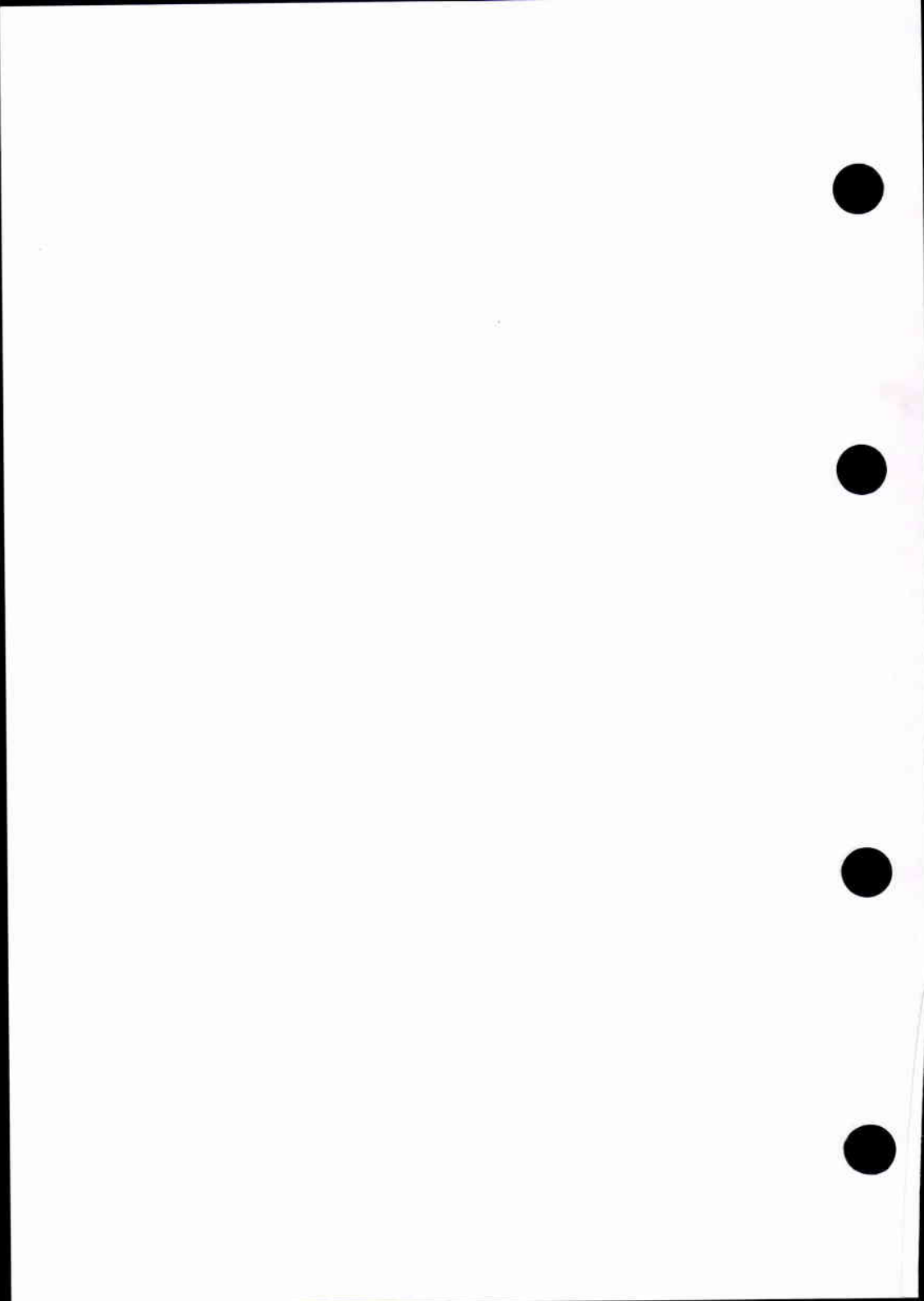
5 - CALCUL DE LA FONDATION

Voir le détail au chapitre "fondations des supports".

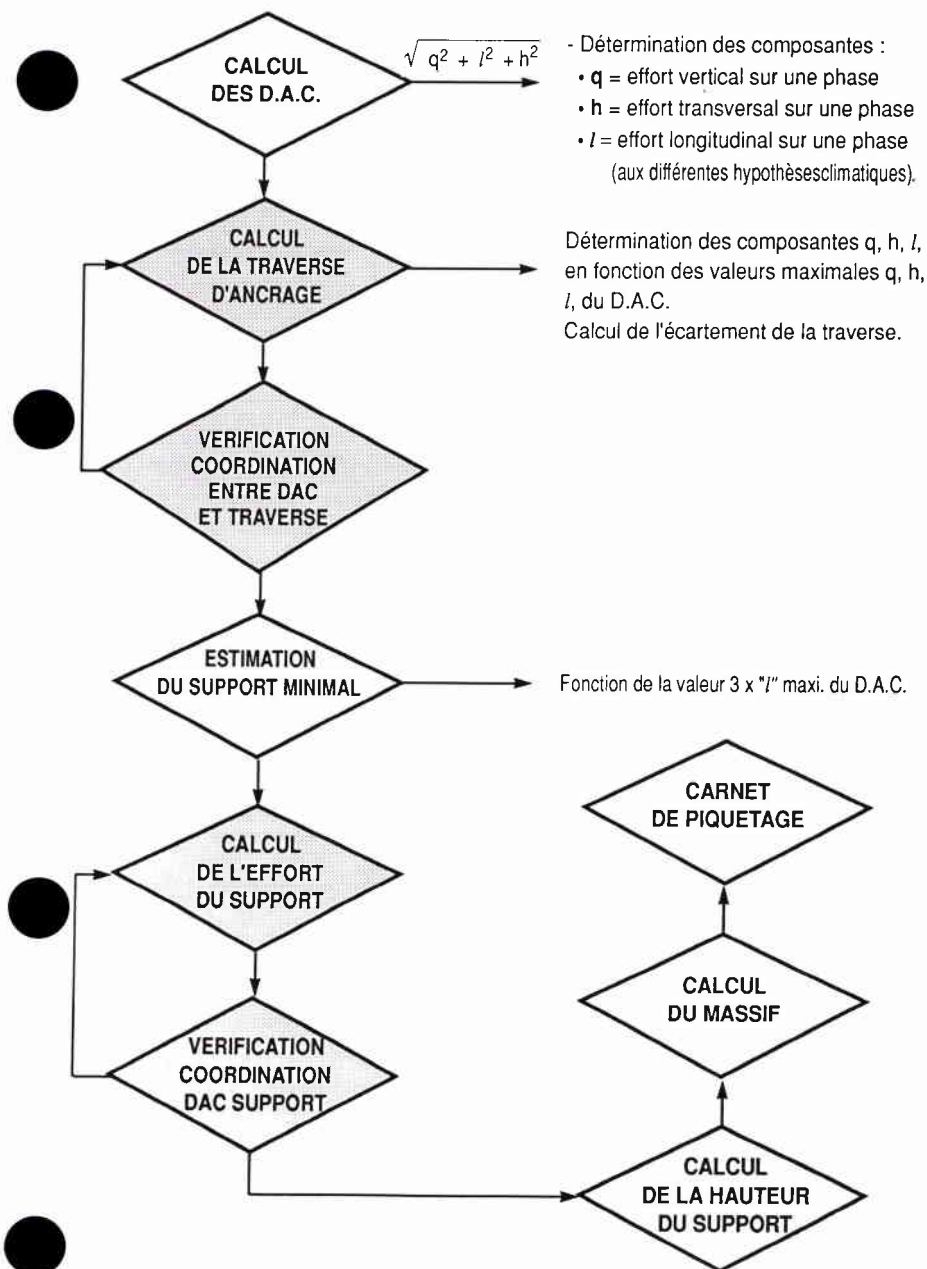
6 - CARNET DE PIQUETAGE

Reporter sur le carnet de piquetage les caractéristiques :

- du support
- de l'armement
- des isolateurs
- de l'équipement (si présence de terre) etc...

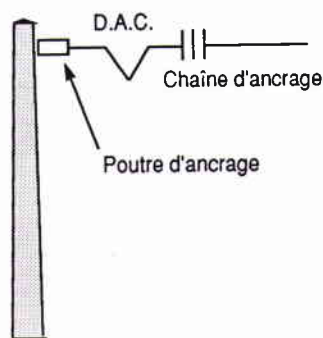
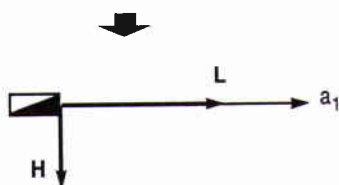


CALCUL MANUEL D'UN SUPPORT D'ARRET SIMPLE LIGNE HTA RIGIDE



CALCUL MANUEL SUPPORT D'ARRET SIMPLE LIGNE HTA RIGIDE

Direction du vent sur le support
et sur le conducteur



FONCTION DU SUPPORT ARRET SIMPLE (A S)

1 : CALCUL DES D.A.C.

D.A.C. : Dispositif à Allongement Contrôlé,
(remplace la poutre à déformation
contrôlée).

Calcul du DAC théorique à installer sur les 3
phases de la ligne.

Equation de travail du DAC

$$\lambda f_{the} \geq \sqrt{q^2 + l^2 + h^2}$$



$$f_{the} \geq \frac{\sqrt{q^2 + l^2 + h^2}}{\lambda}$$

avec λ = coefficient de travail.

$\lambda = 1$ hypothèses A et B.

$\lambda = 1,6$ hypothèse G.

f_{the} = effort théorique du DAC (kN).

q = effort vertical sur une phase
(poids du conducteur en kN).

h = Effort transversal sur une phase,
(vent sur la demi portée en kN).

l = Effort longitudinal sur une phase
(tension d'un conducteur) (kN).

N F C 11. 201 du 26 Février 1991, page
43, paragraphe 3.5.3.1.

Pour les lignes HTA, l'arrêt des
conducteurs de chaque canton est réalisé
à l'aide d'un système à déformation
contrôlée, constitué de 3 dispositifs à
allongement contrôlé (DAC) fixés à une
traverse rigide.

Dans le cas de 1 à 3 portées dans un
canton, un seul dispositif fusible (constitué
de 3 DAC) à une extrémité est suffisant.
Au delà de trois portées, on installera ce
dispositif fusible à chaque extrémité.

Nota :

- Les DAC seront installés sur des
supports ayant la fonction :

- arrêt double (ligne principale),
- arrêt simple (lignes principale et
secondaire).

- Interdiction de mettre des DAC sur
un support ayant la fonction semi-arrêt ou
double ancrage.

CALCUL MANUEL SUPPORT D'ARRET SIMPLE LIGNE HTA RIGIDE

- \overline{w} = Poids linéique du câble par unité de section kN/(m. mm²), pour le câble Aster, $\overline{w} = 268 \times 10^{-7}$ kN/(m. mm²).
- S = Section nominale du câble en mm².
- a_1 = Portée en mètres.
- **forfait iso.** = Forfait isolateur (poids de la chaîne d'ancrage) = 0,1 kN
- ϕ_c = Diamètre extérieur du câble en mètres.
- P_{vc} = Pression du vent sur le conducteur en Pascals, (fonction de l'hypothèse-climatique et de la zone de vent).
- $\frac{T_1}{3}$ = Tension sur un conducteur pour la portée a_1 (kN) aux différentes hypothèses climatiques.
- \vec{h} Dans l'expression de \vec{h} on divise le numérateur par 10^3 pour obtenir un résultat en kN.

| | ETE | HIVER | GIVRE |
|----------|--|---|--|
| q | $\overline{w} \times s \times \frac{a_1}{2} + \text{forfait iso}$ | $(\overline{w} \times s + m) \times \frac{a_1}{2} + \text{forfait iso}$ | |
| h | $\frac{\phi_c \times \frac{a_1}{2} \times P_{vc}(\text{été})}{10^3}$ | $\frac{\phi_c \times \frac{a_1}{2} \times P_{vc}(\text{hiver})}{10^3}$ | $\frac{\phi_c \times \frac{a_1}{2} \times P_{vc}(\text{givre})}{10^3}$ |
| l | $\frac{T_1}{3}$ | $\frac{T_1}{3}$ | $\frac{T_1}{3}$ |

On va donc trouver trois valeurs de $f_{\text{théorique}}$ selon l'hypothèse climatique : A, B, G.

On choisira $f_{\text{théorique}}$ = valeur la plus défavorable, c'est à dire l'effort le plus important.

Les constructeurs ont fabriqué des DAC avec des efforts bien déterminés.
Exemples : 2,5 kN - 3,15 kN - 4 kN - 5 kN etc...

La valeur de $f_{\text{théorique}}$ que l'on a trouvée, se situe bien souvent entre deux plages disponibles, on choisira donc comme DAC, celui qui a un effort :

- soit égal à $f_{\text{théorique}}$
- soit le DAC dont l'effort est immédiatement au-dessus de $f_{\text{théorique}}$

Exemple numérique :

Si par le calcul nous avons trouvé pour les différentes hypothèses climatiques les valeurs suivantes :

Été = 2,78 kN
 Hiver = 2,55 kN.
 Givre = 3,68 kN.

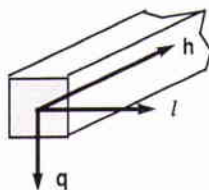
La valeur la plus défavorable étant 3,68 kN,
 on prendra le premier DAC normalisé dont
 l'effort est immédiatement au dessus de cet
 effort, dans notre cas un DAC 4 kN.

CALCUL MANUEL SUPPORT D'ARRET SIMPLE LIGNE HTA RIGIDE

2 - CALCUL DE LA TRAVERSE RIGIDE

Il existe plusieurs modèles de traverses qui se différencient par leurs diagrammes de travail et leurs utilisations.

Chaque traverse a une équation de travail correspondant à son diagramme d'effort.



| TYPES | UTILISATION | EQUATIONS | DIAGRAMME | TRAVERSE |
|-------|-------------------------------|------------------------------------|-----------|---------------------------------------|
| X | Ancrages et simples fixations | $l + 0,5 q + 0,3 h \leq \lambda f$ | | Tube rectangulaire en E 36 : 120 x 60 |
| Y | Ancrages ou | $l + q + 0,5 h \leq \lambda f$ | | Tube carré en E 36 : 70 x 70 |
| Z | arrêts | $l + 2 q + 0,8 h \leq \lambda f$ | | Tube rectangulaire en E 36 : 120 x 60 |
| U | Arrêt simple | $l + 2 q + 0,8 h \leq \lambda f$ | | Tube rectangulaire en E 36 : 120 x 60 |

Exemple : Une traverse de type NA Y a une équation de travail :

$$\lambda f \geq l + q + 0,5 h$$

$$f \geq \frac{l + q + 0,5 h}{\lambda}$$

Les valeurs à prendre en compte pour λ sont :

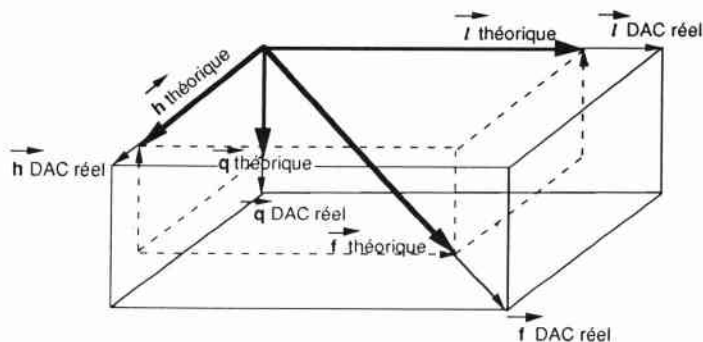
$\lambda = 1$ hypothèses A et B

$\lambda = 1,6$ hypothèse G.

CALCUL MANUEL SUPPORT D'ARRET SIMPLE LIGNE HTA RIGIDE

Il faut assurer une coordination des efforts entre le DAC et la traverse, afin d'être sûr que le DAC s'ouvrira avant que la traverse commence à céder.

Pour avoir cette coordination, il faut prendre pour les composantes q , h , l de la traverse, les valeurs maximales des composantes q , h , l du DAC réellement choisi, ceci pour les trois hypothèses climatiques.



$$q_{\text{traverse}(A, B, G)} = [q_{\text{théo. DAC}(A, B, G)}] \times \frac{\text{Effort réel du DAC}}{\text{Effort théorique du DAC}(A, B, G)} + \text{poids du DAC}$$

$$h_{\text{traverse}(A, B, G)} = [h_{\text{théo. DAC}(A, B, G)}] \times \frac{\text{Effort réel du DAC}}{\text{Effort théorique du DAC}(A, B, G)}$$

$$l_{\text{traverse}(A, B, G)} = [l_{\text{théo. DAC}(A, B, G)}] \times \frac{\text{Effort réel du DAC}}{\text{Effort théorique du DAC}(A, B, G)}$$

Il faut lire :

- $q_{\text{traverse}(A, B, G)} \Rightarrow$ Valeurs de Q de la traverse pour les hypothèses A, B, et G.
- $q_{\text{théo. DAC}(A, B, G)} \Rightarrow$ Valeurs de q du DAC théorique aux hypothèses A, B, et G.
- Effort théorique du DAC $(A, B, G) \Rightarrow$ Valeur de $f_{\text{théo.}}$ que l'on a trouvé en fonction des hypothèses A, B, et G.

Une fois que l'on a trouvé les efforts maxi de q , h , l de la traverse aux trois hypothèses climatiques, on peut appliquer l'équation de travail de la traverse choisie.

Il faut prendre comme traverse, celle qui est normalisée et qui aura son effort égal à l'effort le plus défavorable que l'on a trouvé par le calcul. si cette valeur n'existe pas dans la gamme des traverses, on prendra celle qui a un effort immédiatement supérieur à l'effort maximal calculé.

Dans la gamme des traverses, il existe trois dimensions de traverses :

- NA 1 écartement entre phases 1,05 m
- NA 2 écartement entre phases 1,20 m
- NA 3 écartement entre phases 1,50 m

CALCUL MANUEL SUPPORT D'ARRET SIMPLE LIGNE HTA RIGIDE

Il faut calculer l'écartement de la traverse :

Voir détail de ce calcul au chapitre "Ecartement des conducteurs page 1.150/60.

3 - ESTIMATION DU SUPPORT MINIMAL

Le support que l'on installera sera, soit un support béton de classe D ou E, soit un support métallique (Petit Jean).

Afin d'assurer un dépannage rapide, en cas d'incident mécanique sur la ligne, il faut obtenir une coordination des efforts entre les DAC et le support, pour préserver ce dernier.

Le support devra avoir un effort minimal égal à trois fois la valeur de l'effort I maxi du DAC.

$$F_{\text{minimal support}} = 3 \times I_{\text{maximal DAC}}$$

4 - CALCUL DU SUPPORT ET VÉRIFICATION COORDINATION DAC SUPPORT

Il faut maintenant calculer les efforts qui seront réellement appliqués au support et voir si le support minimal estimé est suffisant.

Utilisation d'un support béton classe D

$$F \geq \frac{1}{\eta} \times \frac{1}{g} \left[L + \frac{H}{\tau} \right]$$

Calcul à faire pour les trois hypothèses climatiques.

Utilisation d'un support béton classe E ou métallique.

$$F \geq \frac{1}{\eta} \times \frac{1}{g} \times \sqrt{L^2 + H^2}$$

Calcul à faire pour les trois hypothèses climatiques.

F = Effort théorique du support (kN).

η = Coefficient de déclassement du support.

Les efforts nominaux des supports sont donnés à 0,25 m sous son sommet. Les efforts des conducteurs pouvant s'exercer à différents niveaux, en fonction de la géométrie de l'armement et de sa position sur le support, il est donc nécessaire de ramener ces valeurs à : 0,25 m sous la tête du support.

(Pour une traverse ancrée en tête du support $\eta = 1$).

H = Effort transversal dû au vent sur les trois conducteurs (kN). ==> $H = h \times 3$

L = Effort longitudinal à la ligne dû au trois conducteurs (kN). ==> $L = l \times 3$

τ = Coefficient transversal du support.
(Pour un support de classe D ==> $\tau = 0,5$).

g = Coefficient prenant en compte, à la fois, la valeur de λ (coefficient de travail du support), la valeur du vent sur le support et l'angle formé entre l'axe de grande inertie du support et l'axe du vent.
(Voir le chapitre "Utilisation du coefficient g ").

CALCULS MÉCANIQUES DES LIGNES AÉRIENNES HTA RIGIDES Généralités

Le calcul mécanique consiste à rechercher les caractéristiques des différents éléments composant les lignes en fonction des efforts qu'ils pourraient (avoir à) subir.

Les règles d'étude à respecter proviennent de trois sources :

DISPOSITIONS REGLEMENTAIRES

- L'Arrêté Interministériel du 2 Avril 1991 fixant "les conditions techniques auxquelles doivent satisfaire les distributions d'énergie électrique".

- La norme NF C 11 201 de Septembre 1991 qui traite des "réseaux de distribution publique d'énergie électrique".

- Du Guide Technique de la Distribution d'Electricité (GTDE), édité par le Service Technique de la Direction ELECTRICITE DE FRANCE GAZ DE FRANCE SERVICES.

Ces différentes dispositions sont notées dans ce recueil en tête des chapitres concernant les différents types de lignes sous les titres :

- Structures - Options techniques.
- Réglementation.

CALCULS MÉCANIQUES **DES LIGNES AÉRIENNES HTA RIGIDES** **Hypothèses de calcul obligatoires**

| Hypo- thèses | Surcharges kg / m | | Température | Eléments de la ligne | Pressions du vent (Pa) V' | |
|-----------------|----------------------------|-----------------------------------|--------------------------|---|------------------------------|----------------------------|
| | Symé- trique γ_1 | Dissymé- trique $\gamma_{1/2}$ | | | Zone vent normal (ZVN) | Zone vent fort (ZVF) |
| A | 0 | 0/0 | 15° C | Conducteurs Surfaces planes Surfaces cylindriques | 480 1 000 400 | 640 1 330 530 |
| B | 0 | 0/0 | - 10° C ou - 20° C | Conducteurs Surfaces planes Surfaces cylindriques | 180 300 180 | 180 300 180 |
| G 1 | 1 | | - 5° C | Conducteurs (1) Surfaces planes Surfaces cylindriques | 480 300 180 | 480 300 180 |
| G D 1 | | 1/0 | - 5° C | | 0 | 0 |
| G 3 GD 3 | 3 | 3/ 1,5 | - 5° C | Conducteurs (1) Surfaces planes | 480 150 | 480 150 |
| G 5 GD 5 | 5 | 5/ 3 | | Surfaces cylindriques | 90 | 90 |
| G 8 GD 8 | 8 | 8/ 5 | | Pour les hypothèses de givre dissymétrique, la pression du vent à prendre en compte est nulle | | |

(1) Cette pression du vent est appliquée au diamètre nominal du conducteur.

CONTROLE DES VIBRATIONS

- Pour les lignes rigides à +15° C sans vent, la force de traction des conducteurs ne doit pas dépasser 18% de sa charge de rupture (câble ASTER).

DEFORMATION PERMANENTE DES SUPPORTS BOIS

- C'est la résultante des efforts de traction des conducteurs à 0° C sans vent, (-10° C sans vent, dans les zones où l'hypothèse B est prise à - 20° C), reportée à 0,25 m du sommet.

L'effort doit rester inférieur aux valeurs données par le tableau sur les supports bois.