

RAPPORT DE LA CEI IEC REPORT

CEI
IEC
826-4

Première édition
First edition
1987



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

Charges appliquées aux supports de lignes aériennes

Quatrième partie: Charges dues au givre

Overhead line support loadings

Part 4: Ice loadings

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 826-4:1987

Publication
826-4: 1987

Révision de la présente publication

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la Commission afin d'assurer qu'il reflète bien l'état actuel de la technique.

Les renseignements relatifs à ce travail de révision, à l'établissement des éditions révisées et aux mises à jour peuvent être obtenus auprès des Comités nationaux de la CEI et en consultant les documents ci-dessous:

- **Bulletin de la CEI**
- **Annuaire de la CEI**
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement

Terminologie

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la Publication 50 de la CEI: Vocabulaire Electrotechnique International (VEI), qui est établie sous forme de chapitres séparés traitant chacun d'un sujet défini, l'Index général étant publié séparément. Des détails complets sur le VEI peuvent être obtenus sur demande.

Les termes et définitions figurant dans la présente publication ont été soit repris du VEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Symboles graphiques et littéraux

Pour les symboles graphiques, symboles littéraux et signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera:

- la Publication 27 de la CEI: Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique;
- la Publication 617 de la CEI: Symboles graphiques pour schémas.

Les symboles et signes contenus dans la présente publication ont été soit repris des Publications 27 ou 617 de la CEI, soit spécifiquement approuvés aux fins de cette publication.

Publications de la CEI établies par le même Comité d'Etudes

L'attention du lecteur est attirée sur le deuxième feuillet de la couverture, qui énumère les publications de la CEI préparées par le Comité d'Etudes qui a établi la présente publication.

Revision of this publication

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology.

Information on the work of revision, the issue of revised editions and amendment sheets may be obtained from IEC National Committees and from the following IEC sources:

- **IEC Bulletin**
- **IEC Yearbook**
- **Catalogue of IEC Publications**
Published yearly

Terminology

For general terminology, readers are referred to IEC Publication 50: International Electrotechnical Vocabulary (IEV), which is issued in the form of separate chapters each dealing with a specific field, the General Index being published as a separate booklet. Full details of the IEV will be supplied on request.

The terms and definitions contained in the present publication have either been taken from the IEV or have been specifically approved for the purpose of this publication.

Graphical and letter symbols

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to:

- IEC Publication 27: Letter symbols to be used in electrical technology;
- IEC Publication 617: Graphical symbols for diagrams.

The symbols and signs contained in the present publication have either been taken from IEC Publications 27 or 617, or have been specifically approved for the purpose of this publication.

IEC publications prepared by the same Technical Committee

The attention of readers is drawn to the back cover, which lists IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

RAPPORT DE LA CEI IEC REPORT

CEI
IEC
826-4

Première édition
First edition
1987



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

Charges appliquées aux supports de lignes aériennes

Quatrième partie: Charges dues au givre

Overhead line support loadings

Part 4: Ice loadings

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 826-4:1987

© CEI 1987 Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

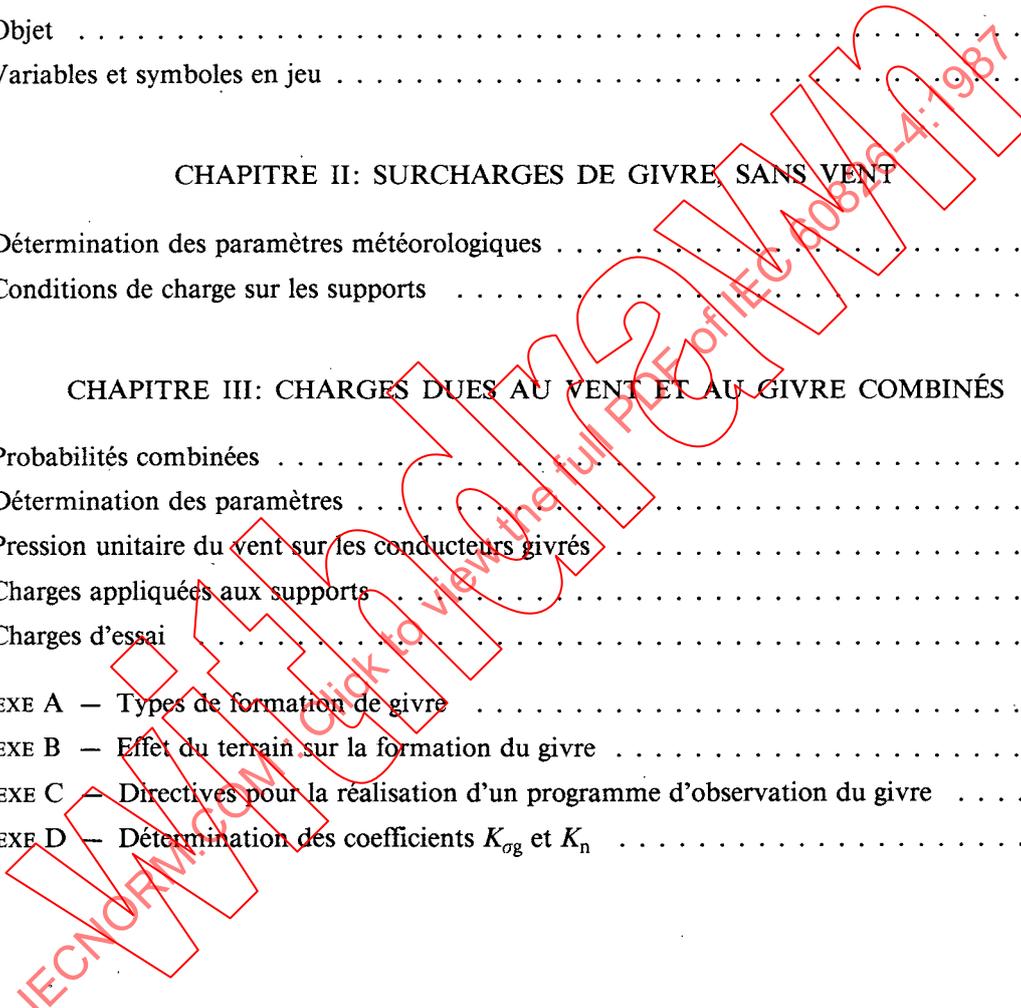
Aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

No part of this publication may be reproduced or utilized in any form or by any means, electronic or mechanical, including photocopying and microfilm, without permission in writing from the publisher.

Bureau Central de la Commission Electrotechnique Internationale 3, rue de Varembe Genève, Suisse

SOMMAIRE

	Pages
PRÉAMBULE	4
PRÉFACE	4
CHAPITRE I: GÉNÉRALITÉS	
Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
3. Variables et symboles en jeu	8
CHAPITRE II: SURCHARGES DE GIVRE SANS VENT	
4. Détermination des paramètres météorologiques	10
5. Conditions de charge sur les supports	18
CHAPITRE III: CHARGES DUES AU VENT ET AU GIVRE COMBINÉS	
6. Probabilités combinées	24
7. Détermination des paramètres	26
8. Pression unitaire du vent sur les conducteurs givrés	34
9. Charges appliquées aux supports	34
10. Charges d'essai	36
ANNEXE A — Types de formation de givre	40
ANNEXE B — Effet du terrain sur la formation du givre	42
ANNEXE C — Directives pour la réalisation d'un programme d'observation du givre	46
ANNEXE D — Détermination des coefficients K_{og} et K_n	52



CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
 CHAPTER I: GENERAL	
Clause	
1. Scope	7
2. Object	7
3. Variables and symbols involved	9
 CHAPTER II: ICE LOADINGS WITHOUT WIND	
4. Determination of meteorological parameters	11
5. Support loading conditions	19
 CHAPTER III: COMBINED WIND AND ICE LOADING	
6. Combined probabilities	25
7. Determination of parameters	27
8. Unit action of the wind on the ice-covered conductors	35
9. Loads on supports	35
10. Test loading	37
APPENDIX A — Types of icing	41
APPENDIX B — Terrain influence upon icing	43
APPENDIX C — Guidelines for the implementation of an ice observation program	47
APPENDIX D — Determination of coefficients $K_{\sigma g}$ and K_n	53

IEC NORMATIVE DOCUMENT
 Click to view the full PDF of IEC 826-4:1987

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CHARGES APPLIQUÉES AUX SUPPORTS DE LIGNES AÉRIENNES

Quatrième partie: Charges dues au givre

PRÉAMBULE

- 1) Les décisions ou accords officiels de la CEI en ce qui concerne les questions techniques, préparés par des Comités d'Etudes où sont représentés tous les Comités nationaux s'intéressant à ces questions, expriment dans la plus grande mesure possible un accord international sur les sujets examinés.
- 2) Ces décisions constituent des recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 3) Dans le but d'encourager l'unification internationale, la CEI exprime le vœu que tous les Comités nationaux adoptent dans leurs règles nationales le texte de la recommandation de la CEI, dans la mesure où les conditions nationales le permettent. Toute divergence entre la recommandation de la CEI et la règle nationale correspondante doit, dans la mesure du possible, être indiquée en termes clairs dans cette dernière.

PRÉFACE

Le présent rapport a été établi par le Comité d'Etudes n° 11 de la CEI: Recommandations pour les lignes aériennes.

Le texte de ce rapport est issu des documents suivants:

Règle des Six Mois	Rapport de Vote	Procédure des Deux Mois	Rapport de Vote
11(BC)11 11(BC)23	11(BC)14 11(BC)24	11(BC)17	11(BC)21

Pour de plus amples renseignements, consulter les rapports de vote correspondants, mentionnés dans le tableau ci-dessus.

Le présent rapport constitue la quatrième partie de la Publication 826 de la CEI: Charges appliquées aux supports de lignes aériennes, qui comprendra:

Première partie: Généralités (Publication 826-1).

Deuxième partie: Charges dues au vent et à la température (Publication 826-2).

Troisième partie: Charges spéciales (Publication 826-3).

Quatrième partie: Charges dues au givre (Publication 826-4).

Le domaine d'application de ces documents est en cours d'extension à l'ensemble des composants d'une ligne, ce qui entraînera une adaptation des Publications de la série 826.

Cette extension permettra par ailleurs l'application des méthodes décrites à la conception d'une ligne aérienne considérée comme un ensemble, grâce à des définitions réciproques des «Charges et Résistances».

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OVERHEAD LINE SUPPORT LOADINGS**Part 4: Ice loadings**

FOREWORD

- 1) The formal decisions or agreements of the IEC on technical matters, prepared by Technical Committees on which all the National Committees having a special interest therein are represented, express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the subjects dealt with.
- 2) They have the form of recommendations for international use and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 3) In order to promote international unification, the IEC expresses the wish that all National Committees should adopt the text of the IEC recommendation for their national rules in so far as national conditions will permit. Any divergence between the IEC recommendation and the corresponding national rules should, as far as possible, be clearly indicated in the latter.

PREFACE

This report has been prepared by IEC Technical Committee No. 11: Recommendations for Overhead Lines.

The text of this report is based on the following documents:

Six Months' Rule	Report on Voting	Two Months' Procedure	Report on Voting
11(CO)11 11(CO)23	11(CO)14 11(CO)24	11(CO)17	11(CO)21

Further information can be found in the relevant Report on Voting indicated in the table above.

This report forms Part 4 of IEC Publication 826: Overhead Line Support Loadings, which will include:

- Part 1: General (Publication 826-1).
- Part 2: Wind and Temperature Loadings (Publication 826-2).
- Part 3: Special Loadings (Publication 826-3).
- Part 4: Ice Loadings (Publication 826-4).

The scope of these documents is being extended to all the components of a line, which will necessitate the adaptation of the publications of the 826 series.

This extension will also allow for the application of the described methods to the design of an overhead line considered as a system, where "Loadings and Strengths" are reciprocally defined.

CHARGES APPLIQUÉES AUX SUPPORTS DE LIGNES AÉRIENNES

Quatrième partie: Charges dues au givre

CHAPITRE I: GÉNÉRALITÉS

1. Domaine d'application

Le présent rapport est applicable aux supports de lignes aériennes de tension nominale supérieure à 45 kV.

Des méthodes sont proposées pour évaluer les surcharges de givre, ainsi que les charges d'hypothèse vent et givre combinés, sur les conducteurs, auxquelles le support doit résister sans dommage ni rupture.

La méthode statistique décrite dans ce rapport peut s'appliquer dans les zones où l'on dispose d'un nombre de données météorologiques suffisant pour appliquer les méthodes décrites dans les première et deuxième parties de la publication 826 de la CEI.

Dans les zones où le givre peut être exceptionnellement important ou bien lorsqu'il est peu fréquent, la méthode statistique proposée dans ce rapport n'est pas applicable.

La surcharge de givre sur les conducteurs à prendre en compte pour le calcul d'un support est fonction de la classe de fiabilité choisie pour le support.

2. Objet

Ce rapport est divisé en trois chapitres:

I: Généralités.

II: Surcharges de givre, sans vent.

III: Charges dues au vent et au givre combinés.

Dans le chapitre II, les valeurs de charges maximales de givre sont supposées se produire en l'absence de charges appréciables dues au vent.

L'indépendance du givre et du vent est évidemment une condition théorique. La formation du givre intervient sous l'influence d'une combinaison de conditions météorologiques qui comprennent le vent. Cependant, malgré la probabilité que l'on a d'avoir une charge de vent avant que ne soit terminé le processus de fonte/détachement, les conditions de surcharge de givre proposées dans le chapitre II sont supposées agir sur les conducteurs indépendamment d'une charge simultanée due au vent.

OVERHEAD LINE SUPPORT LOADINGS

Part 4: Ice loadings

CHAPTER I: GENERAL

1. Scope

This report applies to supports of overhead lines of nominal voltage above 45 kV.

Recommended methods are given for evaluating the design ice loadings and combined wind and ice loadings on conductors that the support must withstand without damage or failure.

The statistical method described in this report can be applied to those areas where meteorological data, sufficient for applying the methods described in Parts 1 and 2 of IEC Publication 826, are available.

In areas where exceptionally high or rare icing can occur, the statistical method given in this report is not applicable.

The ice load on conductors for the design of a support will vary according to the reliability class adopted for the support.

2. Object

This report is divided into three chapters:

- I: General
- II: Ice loadings without wind.
- III: Combined wind and ice loadings

In Chapter II, the values of maximum ice loads are assumed to occur without appreciable wind loading.

The independency for ice and wind is, of course, a theoretical condition. Ice accretion will occur under the influence of a combination of meteorological conditions which includes wind. In spite of this fact, and in spite of the probability of having wind loading before the detachment-melting process is finished, the ice loading conditions given in Chapter II are assumed to act on the conductors independently from a simultaneous wind loading.

3. Les variables et symboles en jeu sont les suivants:

T	=	période de retour de l'événement de charge (ans)
g	=	valeur moyenne des charges annuelles maximales de givre (N/m)
g_R	=	valeur de référence pour la charge de givre (N/m)
g_H	=	charge maximale de givre ayant une forte probabilité ($T = 3$ ans) (N/m)
g_L	=	charge maximale de givre ayant une faible probabilité ($T = 50$ ans à 500 ans) (N/m)
V_R	=	vitesse de référence pour la charge de vent (m/s) (voir deuxième partie)
V_e	=	vitesse météorologique du vent associée à des conditions givrantes (m/s)
V_{em}	=	vitesse maximale annuelle du vent associée à des conditions givrantes (m/s)
V_{iL}	=	vitesse du vent de référence associé au givre, à faible probabilité ($T = 50$ ans à 500 ans) (m/s)
V_{iH}	=	vitesse du vent de référence associé au givre, à forte probabilité ($T = 3$ ans) (m/s)
C_i	=	coefficient de traînée effectif du conducteur givré, en fonction de la forme du manchon
C_{iL}	=	coefficient de traînée effectif à faible probabilité ($T = 50$ ans à 500 ans)
C_{iH}	=	coefficient de traînée effectif à forte probabilité ($T = 3$ ans)
γ	=	densité du givre (t/m^3)
γ_1	=	densité la plus forte pour le type de givre considéré (t/m^3)
γ_2	=	densité la plus faible pour le type de givre considéré (t/m^3)
$K_{\sigma g}$	}	facteurs donnant l'influence du coefficient de variation et de la classe de fiabilité sur la charge de givre maximale
$K_{\sigma L}$		
$K_{\sigma H}$		
K_d	=	facteur donnant l'influence du diamètre du conducteur
K_h	=	facteur donnant l'influence de la hauteur du conducteur au-dessus du sol
K_{iH}	}	facteurs donnant l'influence du coefficient de variation et de la classe de fiabilité sur les vitesses de référence du vent
K_{iL}		
K_n	=	facteur donnant l'influence du nombre d'années avec observations
σ_g	=	écart type des charges de givre annuelles maximales
$\sigma_{V_{em}}$	=	écart type des vitesses de vent maximales V_{em} associées à la condition de givre
B_i	=	facteur de réduction sur la vitesse annuelle maximale du vent
q_o	=	pression dynamique de référence (N/m^2) (voir deuxième partie)
ρ	=	masse volumique de l'air (égale à $1,225 \text{ kg/m}^3$ à la température de 15°C sous la pression atmosphérique normale de 1013 bar)
G_c	=	facteur de réponse aux rafales (voir deuxième partie)
d	=	diamètre du conducteur (m)
D	=	diamètre du manchon de givre équivalent (m)
L	=	longueur de la portée (m)
h	=	hauteur moyenne des conducteurs au-dessus du sol (m)
a_{II}	}	facteurs réducteurs
a_{III}		
t	=	température ambiante ($^\circ\text{C}$)
ψ	=	angle d'incidence du vent par rapport à la direction de la ligne
n	=	nombre d'années d'observation

3. Variables and symbols involved

T	= return period of the load event (years)
g	= mean value of yearly maximum ice loads (N/m)
g_R	= reference design ice load (N/m)
g_H	= the maximum ice load having a high probability ($T = 3$ years) (N/m)
g_L	= the maximum ice load having a low probability ($T = 50$ years to 500 years) (N/m)
V_R	= the reference design wind velocity (m/s) (see Part 2)
V_e	= the meteorological wind velocity associated with icing conditions (m/s)
V_{em}	= the maximum yearly wind velocity associated with icing conditions (m/s)
V_{iL}	= low probability reference wind velocity associated with ice ($T = 50$ years to 500 years) (m/s)
V_{iH}	= high probability reference wind velocity associated with ice ($T = 3$ years) (m/s)
C_i	= effective drag coefficient of the ice-covered conductor depending on the shape of the ice
C_{iL}	= effective drag coefficient having a low probability ($T = 50$ years to 500 years)
C_{iH}	= effective drag coefficient having a high probability ($T = 3$ years)
γ	= density of ice (t/m^3)
γ_1	= highest density for the type of ice considered (t/m^3)
γ_2	= lowest density for the type of ice considered (t/m^3)
$K_{\sigma g}$	} = factors giving the influence of coefficient of variation and reliability class on the maximum ice load
$K_{\sigma L}$	
$K_{\sigma H}$	
K_d	= factor giving the influence of conductor diameter
K_h	= factor giving the influence of conductor height above the ground
K_{iH}	} = factors giving the influence of coefficient of variation and reliability class of reference wind velocities
K_{iL}	
K_n	= factor giving the influence of number of years with observation
σ_g	= standard deviation of the yearly maximum iceloads
σV_{em}	= standard deviation of the maximum wind velocities V_{em} associated with icing conditions
B_i	= reduction factor on the maximum yearly wind velocity
q_0	= dynamic reference pressure (N/m^2) (see Part 2)
ρ	= volume air mass (equal to 1.225 kg/m^3 at a temperature of $15 \text{ }^\circ\text{C}$ and under a normal atmospheric pressure of 1.013 mbar)
G_c	= gust response factor (see Part 2)
d	= conductor diameter (m)
D	= diameter of the equivalent circular ice shape (m)
L	= span length (m)
h	= average height of conductor above ground (m)
a_{II}	} = reduction factors
a_{III}	
t	= air temperature ($^\circ\text{C}$)
ψ	= angle of incidence of the wind with respect to the direction of the line
n	= number of years of observation

CHAPITRE II: SURCHARGES DE GIVRE, SANS VENT

4. Détermination des paramètres météorologiques

4.1 Classification des surcharges de givre

Le givre peut être classé en deux catégories principales:

- givre dû à une précipitation atmosphérique,
- givre produit par des gouttelettes de brouillard.

Dans les annexes A et B, on donne une classification des différents types de givre et la description des conditions météorologiques lors desquelles ils peuvent se produire.

Pour ces deux principaux types de givre, la méthode statistique proposée dans ce rapport devra être appliquée de façon indépendante.

Dans les régions où les deux types de givre peuvent apparaître, les valeurs respectives doivent être traitées séparément avec des distributions statistiques différentes pour fournir les bases des charges à prendre en compte pour le calcul. Si la différence entre ces charges pour les deux types de givre est significative, la plus faible de ces deux valeurs pourra être négligée.

4.2 Données concernant la formation du givre

4.2.1 Observations de référence

Les valeurs des surcharges de givre, exprimées par unité de longueur du conducteur, seront déduites d'un conducteur de référence de 30 mm de diamètre, situé à une hauteur de 10 m au-dessus du sol en un lieu représentatif de la ligne.

Néanmoins, la quantité de données recueillies sur la formation du givre varie énormément. Selon le type d'information et le nombre d'années consacrées à l'observation, l'approche statistique est limitée aux trois cas suivants:

- Des observations sur les surcharges annuelles maximales de givre, pendant au moins 10 ans, sont disponibles (paragraphe 4.2.2).
- Seule la valeur maximale de surcharge du givre ayant eu lieu au cours d'une période couvrant quelques années est disponible (pas de valeur statistique) (paragraphe 4.2.3).
- Évaluation de la valeur maximale annuelle de la surcharge de givre par l'intermédiaire de l'analyse de données météorologiques (modèle de prédiction météorologique) (paragraphe 4.2.4).

Note. — L'utilisation des informations sur les charges de givre relevées pendant quelques années seulement peut conduire à des erreurs si les périodes de givrage ne sont pas représentatives.

Si possible, une évaluation météorologique devra être effectuée pendant une période d'au moins 20 ans à 30 ans. Une telle évaluation devra se rapporter au site considéré. Cela est important pour éviter d'aboutir à des conclusions fausses basées sur des périodes trop courtes et des périodes non représentatives.

4.2.2 Des valeurs de surcharge annuelle maximale de givre sur une période d'au moins 10 ans sont disponibles

La valeur moyenne \bar{g} et l'écart type σ_g sont donnés dans le tableau I.

CHAPTER II: ICE LOADINGS WITHOUT WIND

4. Determination of meteorological parameters

4.1 Classification of ice loads

The ice can be classified into two main types:

- precipitation icing,
- in-cloud icing.

In Appendices A and B, a classification of different types of ice and a description of the meteorological conditions during which they may occur are given.

For these two main types of icing the statistical method given in this report should be applied independently.

In regions where both types may occur, the different data for the two different types shall be treated separately, with separate distributions to provide the basis for the design load. If the difference between the design loads for the two types of ice is apparent, the less important may be ignored.

4.2 Collected data on ice formation

4.2.1 Reference observations

The ice load value, expressed per unit length of the conductor, should be deduced from a reference conductor of 30 mm diameter, situated at a height of 10 m above the ground on a site representative of the line.

However, the amount of collected data on ice formation will vary to a large extent. Dependent upon the type of information and the number of years with observations, the statistical approach is limited to the three following cases:

- Records of yearly maximum ice loads during a period of at least 10 years are available (Sub-clause 4.2.2).
- Only the maximum value of ice load during a certain number of years is available (no statistical data) (Sub-clause 4.2.3).
- Evaluation of yearly maximum ice load by means of meteorological data analysis (meteorological predicting model) (Sub-clause 4.2.4).

Note. — Using the information about ice loads for only a few years may be misleading if the icing seasons have not been representative.

Whenever possible, a meteorological evaluation should be made for a period of at least 20 years to 30 years. Such an evaluation should be related to the actual terrain and region. This is recommended in order to avoid wrong conclusions based on too short periods and non-representative seasons.

4.2.2 Records of yearly maximum ice load during a period of at least 10 years are available

The mean value \bar{g} and the standard deviation σ_g are given in Table I.

TABLEAU I

Nombre d'années avec observations (n)	Valeur moyenne (\bar{g})	Ecart type (σ_g)
$10 \leq n \leq 20$	\bar{g}	$0,5 g \leq \sigma_g \leq 0,7 g$
$20 < n$	\bar{g}	$\sigma_g < 0,7 g$

\bar{g} = valeur moyenne calculée des valeurs annuelles maximales g_i d'une surcharge de givre durant la période d'observation

σ_g = écart type calculé ou estimé

4.2.3 *On dispose uniquement de la valeur maximale de surcharge de givre ayant eu lieu au cours d'une période de quelques années (aucune donnée statistique disponible)*

La valeur moyenne \bar{g} est prise égale à $0,45 g_{\max}$ et l'écart type σ_g à $0,5 \bar{g}$, où g_{\max} est la valeur maximale de surcharge de givre observée au cours de n années.

4.2.4 *Evaluation de la surcharge annuelle maximale de givre par l'analyse des données météorologiques*

Un modèle d'analyse météorologique peut être utilisé pour calculer les valeurs maximales annuelles de surcharge de givre pendant un certain nombre d'années.

Des valeurs suffisantes pour l'approche statistique, proposées dans ce rapport, peuvent être obtenues grâce à une analyse des données météorologiques et climatologiques sur une période de 20 ans ou plus, combinée avec au moins cinq années d'observation du givrage sur le site de la ligne de transport.

Les informations sur le site de la ligne, nécessaires pour valider et ajuster la méthode des prédéterminations, peuvent provenir de l'expérience passée sur des lignes de transport ou de distribution existantes, d'observations in situ des régions soumises à des tempêtes de neige et de l'examen de l'effet du givre sur la végétation.

Une telle méthode de prédétermination peut être simple ou devenir complexe selon le terrain, le climat local, le nombre ou le type de sites différents.

Les résultats de cette analyse sont utilisés pour définir la valeur moyenne g et l'écart type σ_g selon la méthode donnée au paragraphe 4.2.2.

4.3 *Surcharge de référence pour le calcul*

La valeur g_R , surcharge de référence pour le calcul, est fonction des paramètres suivants:

La classe de fiabilité du support.

\bar{g} = valeur moyenne de la surcharge maximale annuelle de givre (voir paragraphes 4.2.2, 4.2.3 ou 4.2.4)

σ_g = écart type de la surcharge maximale annuelle de givre (voir paragraphes 4.2.2, 4.2.3 ou 4.2.4)

n = nombre d'années d'observations

d = diamètre du conducteur

h = hauteur moyenne du conducteur au-dessus du sol

La surcharge de référence pour le calcul g_R est exprimée par:

$$g_R = K_{og} \cdot K_n \cdot K_d \cdot K_h \cdot g$$

TABLE I

Number of years with observations (n)	Mean value (\bar{g})	Standard deviation (σ_g)
$10 \leq n \leq 20$ $20 < n$	\bar{g} \bar{g}	$0.5 g \leq \sigma_g \leq 0.7 g$ $\sigma_g < 0.7 g$

\bar{g} = calculated mean of the yearly maximum values g_i of ice load during the period concerned

σ_g = calculated or estimated standard deviation

4.2.3 *Only the maximum value on ice load during a certain number of years is available (no statistical data)*

The mean value \bar{g} should be taken as $0.45 g_{\max}$ and the standard deviation σ_g as $0.5 \bar{g}$ where g_{\max} is the maximum ice load observed during n years.

4.2.4 *Evaluation of yearly maximum ice load by means of meteorological data analysis*

A meteorological analysis model can be used to calculate values for yearly maximum ice loads during a certain number of years.

Sufficient data for using the statistical approach in this report, may be obtained by means of an analysis of available standard weather or climatological data over a period of 20 years or more, combined with at least five years of ice observation on the transmission line sites.

The information from the line sites collected to validate and adjust the predicting model may be taken from past experience with existing transmission or distribution lines, from field observations on ice storm sites or from the effect of icing on vegetation.

Such a predicting model can be rather simple or become sophisticated depending on terrain, local weather, number or types of collecting sites.

The results of this model analysis are used to find the mean value g and the standard deviation σ_g following the method given in Sub-clause 4.2.2.

4.3 *Reference design load*

The reference design load is the value g_R , which is a function of the following parameters:

The reliability class of the support.

\bar{g} = the mean value of the yearly maximum ice loads as given in Sub-clauses 4.2.2, 4.2.3 or 4.2.4

σ_g = the standard deviation of the yearly maximum ice loads as given in Sub-clauses 4.2.2, 4.2.3 or 4.2.4

n = the number of years of observations

d = the conductor diameter

h = the average height of the conductor above the ground

The reference design load is given by the following expression:

$$g_R = K_{\sigma g} \cdot K_n \cdot K_d \cdot K_h \cdot g$$

Les valeurs des facteurs K_{σ_g} , K_n , K_d et K_h sont indiquées dans le tableau II, la figure 1, et dans les figures 2 et 3, page 16, respectivement. Les éléments pour déterminer K_{σ_g} et K_n sont donnés dans l'annexe D.

Pour simplifier, il est suggéré de prendre la même valeur de g_R pour les conducteurs de phase et les câbles de garde d'une même portée.

TABLEAU II

Coefficient de variation $\frac{\sigma_g}{g}$	K_{σ_g}		
	Classe de fiabilité 1	Classe de fiabilité 2	Classe de fiabilité 3
0,2	1,52	1,70	1,87
0,3	1,78	2,04	2,32
0,4	2,04	2,38	2,76
0,5	2,30	2,73	3,20
0,6	2,56	3,07	3,64
0,7	2,81	3,42	4,08

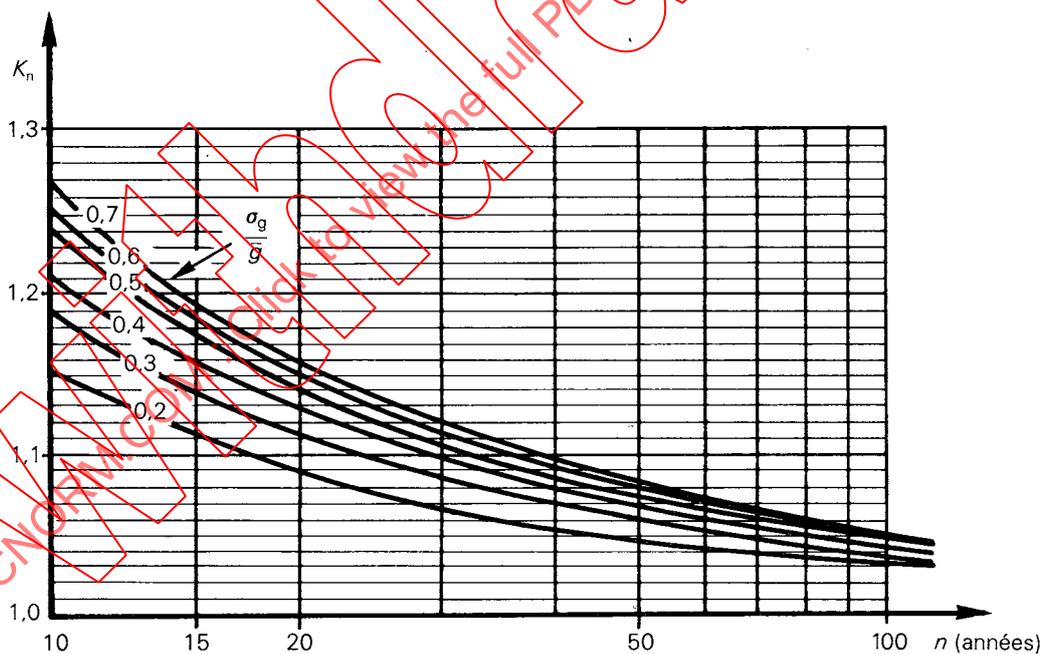


FIGURE 1

K_n est calculé pour la classe de fiabilité 2 et ne varie pas de plus de 2% pour les autres classes.

The values of the factors K_{σ_g} , K_n , K_d , K_h are given in Table II, Figure 1, and in Figures 2 and 3, page 17, respectively. The basis for determining K_{σ_g} and K_n is given in Appendix D.

As a simplification the value g_R is suggested to be equal for phase conductors and earth wires in the same span.

TABLE II

Coefficient of variation $\frac{\sigma_g}{g}$	K_{σ_g}		
	Reliability class 1	Reliability class 2	Reliability class 3
0.2	1.52	1.70	1.87
0.3	1.78	2.04	2.32
0.4	2.04	2.38	2.76
0.5	2.30	2.73	3.20
0.6	2.56	3.07	3.64
0.7	2.81	3.42	4.08

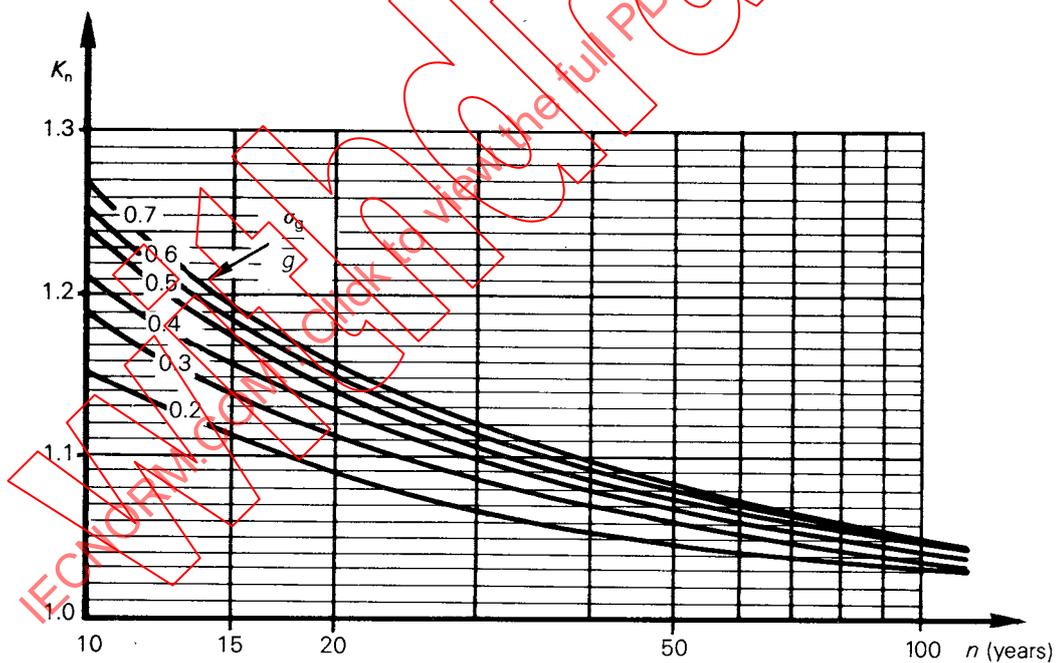
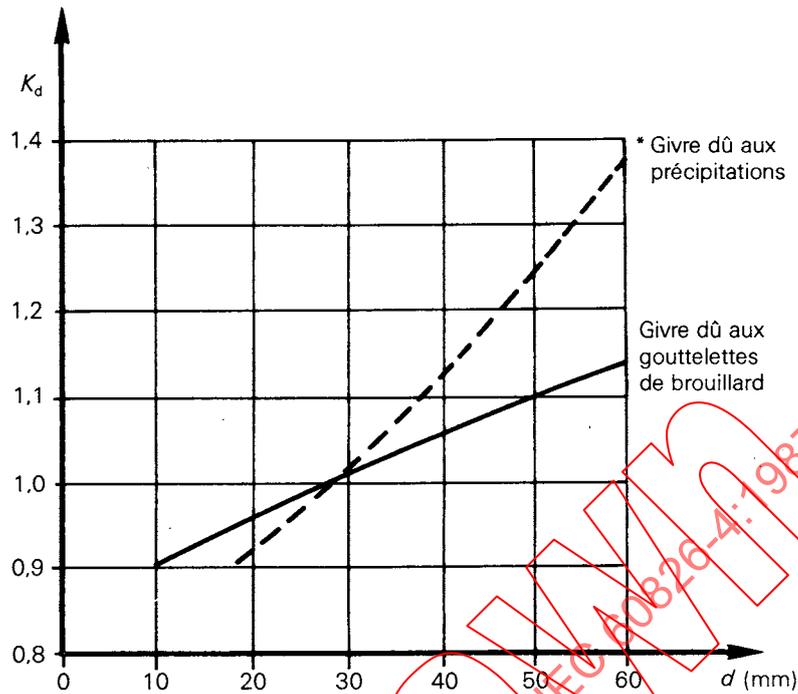


FIGURE 1

K_n is derived for Reliability Class 2 and is within 2% for other classes.



* La courbe est établie pour la pluie verglaçante. La valeur en cas de neige collante peut être plus faible.

FIGURE 2

Pour les deux types de givre, on utilisera la figure 2 tant que $K_d \cdot \bar{g} < 100 \text{ N/m}$. Au-delà, prendre $K_d = 1$ pour les conducteurs de diamètre supérieur à 30 mm.

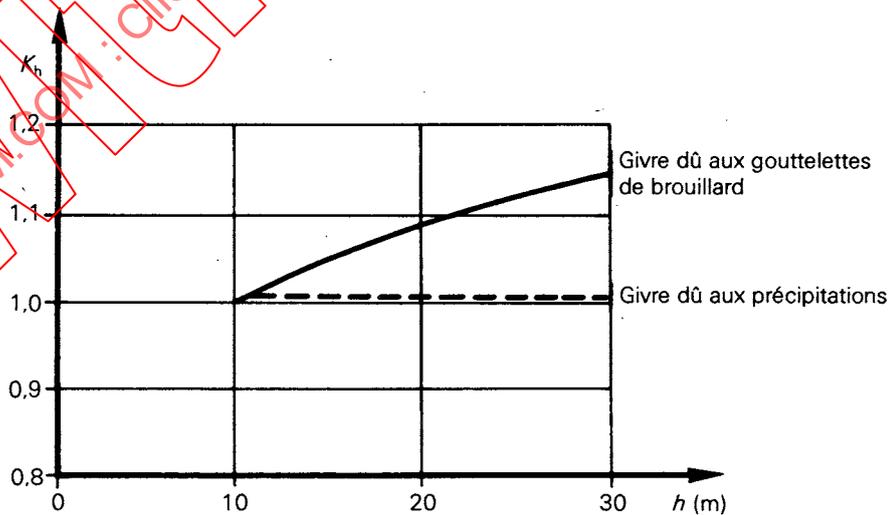
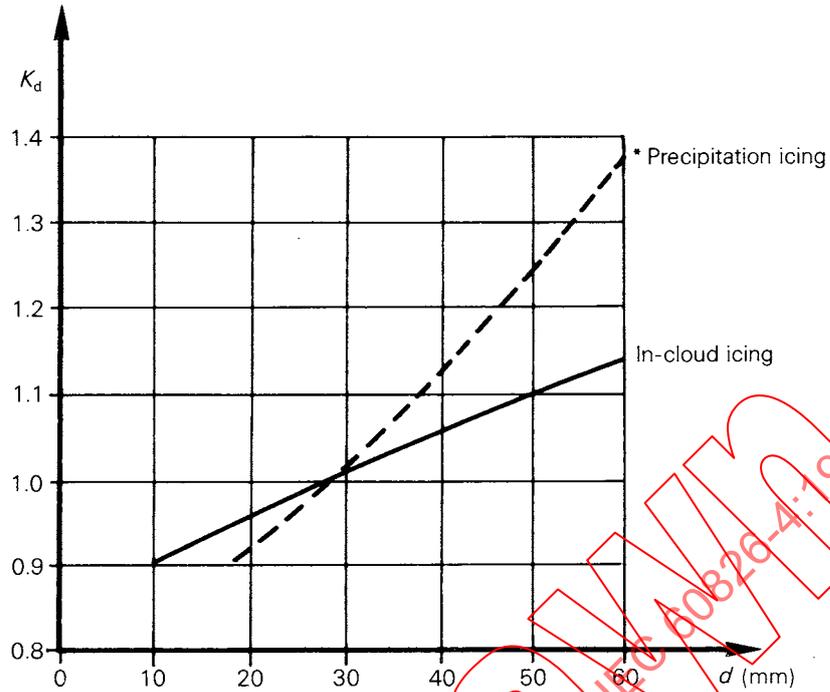


FIGURE 3

Pour le givre dû aux gouttelettes de brouillard, prendre $K_h = 1,15$ pour $h \geq 30 \text{ m}$.



* The curve is based on freezing rain. The value for wet snow may be lower.

FIGURE 2

For both types of icing, use Figure 2 for value of $K_d \cdot \bar{g}$ up to 100 N/m. Above, use $K_d = 1$ for conductor diameters greater than 30 mm.

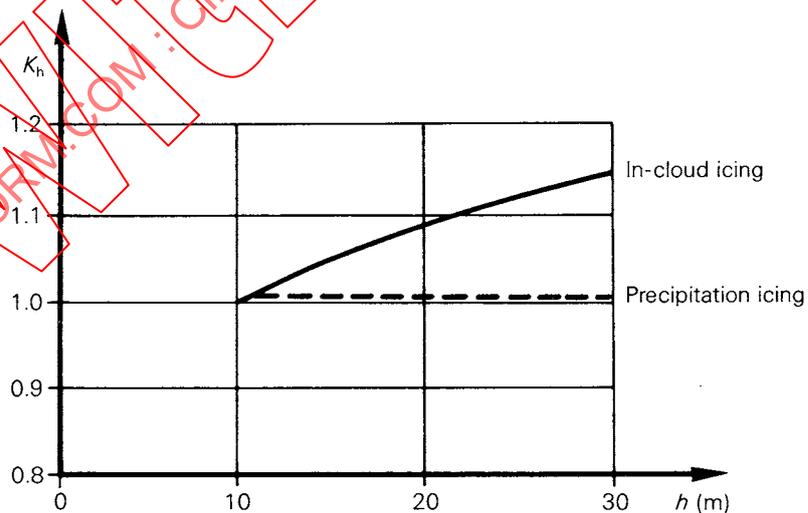


FIGURE 3

For in-cloud icing use $K_h = 1.15$ for $h \geq 30$ m.

4.4 Influence du terrain sur le givre

Une liste de paramètres qui affectent la surcharge de référence est donnée au paragraphe 4.3. Un autre facteur très important est l'influence du terrain. Néanmoins, ce facteur est extrêmement difficile à quantifier. A cause de la grande variété des configurations de terrain, il est difficile de transposer les résultats d'une étude expérimentale d'un site à un autre. De plus, l'influence du terrain dépend largement du mécanisme de formation du givre. Des remarques qualitatives concernant l'influence de la topographie locale pour les deux plus importants mécanismes de formation de givre sont données dans l'annexe B.

4.5 Température de référence

La température, dans les conditions de givre, est prise égale à -5°C pour les deux principaux types de givrage.

Note. — Des températures plus basses peuvent être choisies quand les conditions climatiques peuvent varier rapidement, par exemple chute importante de température pendant ou immédiatement après une tempête de neige.

5. Conditions de charge sur les supports

Les charges d'essais, que le support aura à tenir, seront égales aux efforts transmis par les conducteurs au support, calculés selon les trois différentes conditions de surcharges de givre suivantes, considérées comme les plus significatives et couvrant la plupart de celles qui se produisent en réalité:

- I — Formation de givre uniforme
- II — Formation de givre non uniforme: effort longitudinal de flexion
- III — Formation de givre non uniforme: effort de torsion

Les formations de givre non uniforme II et III sont supposées avoir une fréquence d'apparition dix fois plus faible que celles du givre uniforme.

5.1 Description des cas de charge

Dans la description des différents cas de charge, les valeurs des surcharges de givre sont données en fonction de la surcharge de référence g_R (voir paragraphe 4.3). Il est important de réaliser le fait que g_R peut varier d'une portée à l'autre à l'intérieur d'un même canton en fonction des conditions locales du terrain, comme il est indiqué dans l'annexe B.

Les cas de charges sont schématisés ci-dessous. Le cas de givre non uniforme apparaît normalement à la suite de certains effets de protection dus au terrain donnant lieu à une précipitation non uniforme ou bien au cours d'un processus de fonte et de décharge.

Ces cas de charges ne correspondent évidemment pas à des changements, par palier, de surcharges de givre comme indiqué dans ce rapport. Néanmoins, le but est de proposer des cas de charge conventionnels permettant de calculer les tensions mécaniques des conducteurs caractérisant les circonstances connues des charges de givre.

Pour le calcul des efforts appliqués au support par les câbles, la réduction de la tension due au balancement des chaînes isolantes, la flèche ou la rotation du support et des fondations ainsi que l'interaction avec les autres phases ou câbles de garde doivent être pris en considération. Ces différents facteurs influencent en effet la charge statique résiduelle.

Un cas de charge en givre non uniforme est défini comme la surcharge qui correspond à la probabilité de formation de givre sur un maximum de trois portées d'un côté du support. Sur toutes les autres portées du canton, la surcharge de givre doit être réduite à un certain pourcentage de cette valeur de surcharge (entre 30% et 60%). On recommande 40% de cette valeur. Cette combinaison s'avère être plus représentative que les configurations théoriques correspondant à un côté du support sans surcharge de givre. Cependant, il ne faut pas oublier que cette dernière situation peut apparaître quand la ligne présente un angle relativement important.

4.4 *Terrain influence upon icing*

In Sub-clause 4.3, a set of parameters which influence the basic design load is given. Another very important factor is the effect of the terrain. However, this factor is extremely difficult to quantify. Because of the great variety of terrain formations, it is difficult to transfer knowledge from an experimental study from one site to another site. Furthermore the terrain influence is strongly dependent on the mechanism of icing. Comments on the influence of the local topography for the two most important mechanisms for icing are given, on a qualitative basis, in Appendix B.

4.5 *Design temperature*

The temperature to be assumed in ice conditions shall be -5 °C for both main types of icing.

Note. — Lower temperatures should be assumed where climatic conditions can vary rapidly, such as severe drops in temperature during or immediately following a snowstorm.

5. **Support loading conditions**

Test loadings to be withstood by the support are equal to the loads transmitted to the support by the conductors, calculated according to the three different ice loading conditions listed below, assumed as the most significant and covering most of those which can occur:

- I — Uniform ice formation.
- II — Non-uniform ice formation: longitudinal bending condition.
- III — Non-uniform ice formation: torsion condition.

The non-uniform ice formations II and III are assumed to occur ten times less frequently than uniform ice formation.

5.1 *Loading case description*

In the description of the different loading conditions, the values of the ice loads are given as functions of the basic design load g_R (see Sub-clause 4.3). It is important to be aware of the fact that g_R may alter from one span to another in a section of a line, due to local terrain effects, as explained in Appendix B.

The conditions are shown schematically below. The non-uniform situation normally occurs due to certain sheltering effects in the terrain, giving non-uniform precipitation or during the melting/detachment process.

This does not produce the discrete changes in ice loads suggested in this report. The aim is, however, to propose conventional loading conditions for the purpose of calculating conductor tensions which are typical for known occurrences of ice loading.

When computing the loads on the support from the conductors, allowance shall be made for the reduction of the tension from the swing of the insulator assembly, deflection or rotation of the support and foundations and the interaction with other phases or wires that will influence the residual static load.

A non-uniform ice formation is defined as an ice load corresponding to the probability of the formation on up to three spans on one side of the support, whilst on the other spans in the section the ice has to be reduced to a certain percentage of that value, possibly between 30% and 60%. A recommended value is 40%. This combination is found to be more realistic than a theoretical assumption that conductors on one side of the support are without ice, although it must be appreciated that this situation may occur where there is a significant change in the line direction.

5.1.1 *Conditions de charge I: formation de givre uniforme*

La condition de charge est définie par l'existence d'une surcharge de givre uniforme sur tous les conducteurs de phase et les câbles de garde égale à la surcharge de référence déterminée pour chaque portée.

$$g_I = g_R$$

5.1.2 *Conditions de charge II: formation de givre non uniforme sur les conducteurs de phase et câbles de garde, effort longitudinal de flexion.*

Les cas de charge sont donnés sur les figures 4a, 4b et 4c.

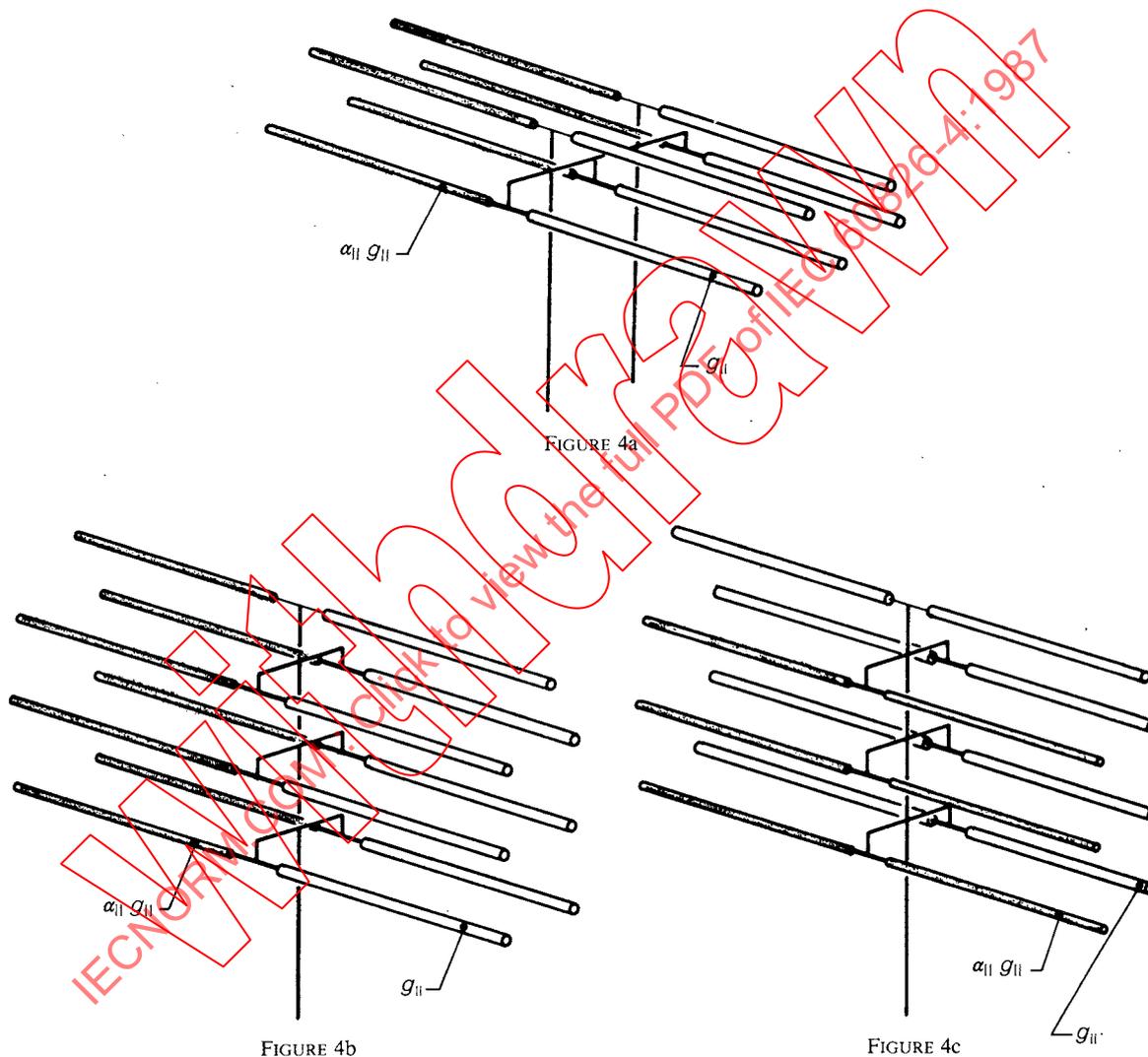


FIGURE 4

Note. — Pour les lignes multitermes, le nombre de phases soumises au givre non uniforme devra être défini par chaque Comité National. L'hypothèse de charge ne doit cependant pas être moins sévère que celle qui existe pour des lignes à deux ternes.

La valeur de la charge de givre est: $g_{II} = 0,7 \times g_R$.
 α_{II} est un facteur de réduction (valeur recommandée $\alpha_{II} = 0,4$).

5.1.1 Loading conditions I: uniform ice formation

This condition is that which results from having an ice loading on all conductors and earth wires equal to the basic design load determined for each span.

$$g_I = g_R$$

5.1.2 Loading condition II: non-uniform ice formation on phase conductors and earth wires, longitudinal bending condition

The loading conditions are given in Figures 4a, 4b and 4c.

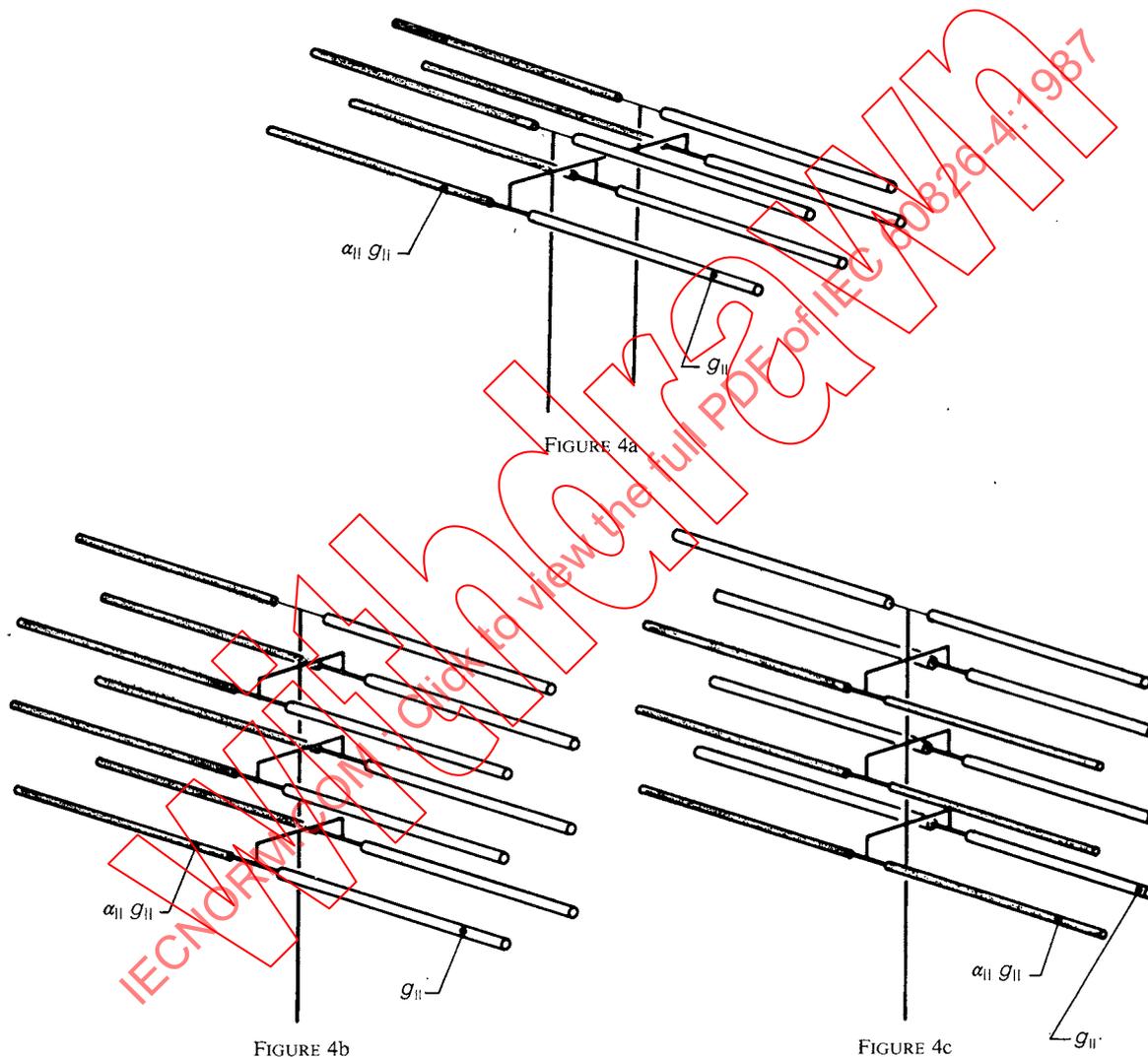


FIGURE 4

Note. — For multi-circuit lines, the number of phases subjected to non-uniform ice should be defined by each National Committee. The loading condition should, however, not be less severe than that given for double circuit lines.

The value of the ice load is: $g_{II} = 0.7 \times g_R$.
 a_{II} is a reduction factor (suggested value of $a_{II} = 0.4$).

5.1.3 Conditions de charges III: formation de givre non uniforme sur les conducteurs de phases et les câbles de garde, efforts de torsion

Les conditions de charge sont données sur les figures 5a et 5b:

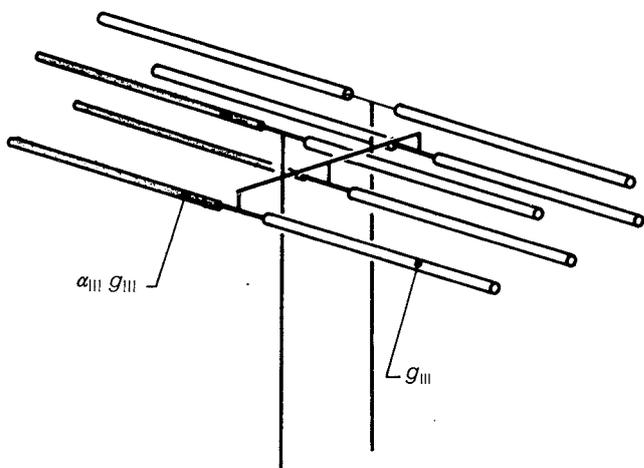


FIGURE 5a

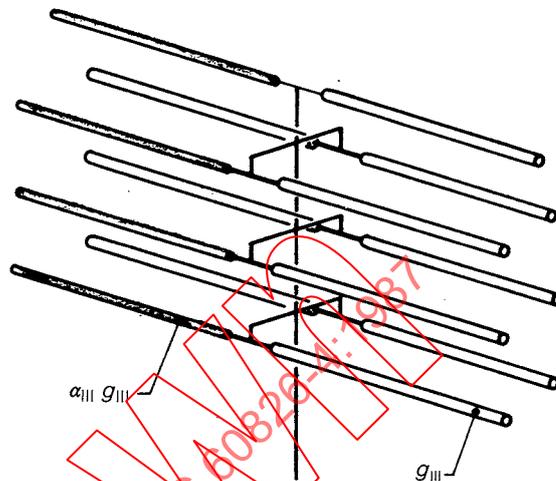
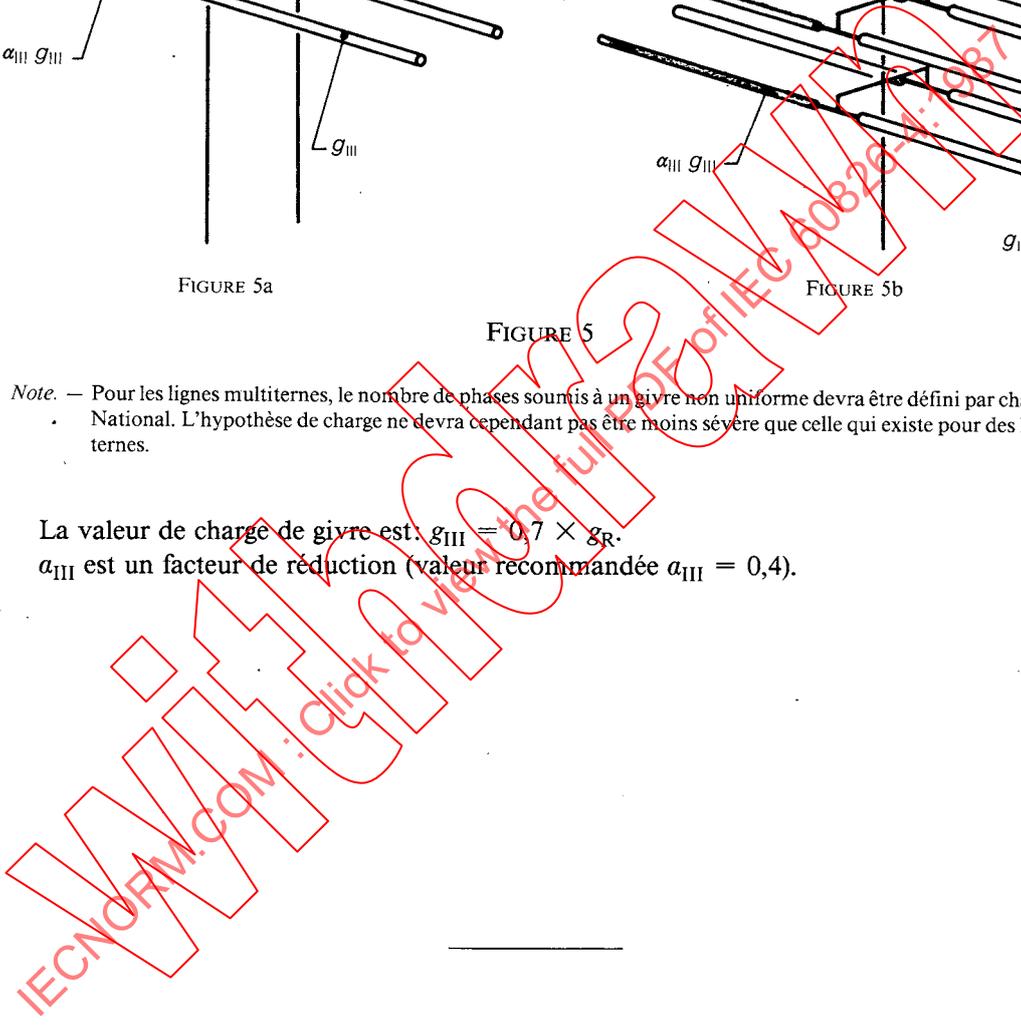


FIGURE 5b

FIGURE 5

Note. — Pour les lignes multitermes, le nombre de phases soumises à un givre non uniforme devra être défini par chaque Comité National. L'hypothèse de charge ne devra cependant pas être moins sévère que celle qui existe pour des lignes à deux ternes.

La valeur de charge de givre est: $g_{III} = 0,7 \times g_R$.
 a_{III} est un facteur de réduction (valeur recommandée $a_{III} = 0,4$).



5.1.3 Loading condition III: non-uniform ice formation on phase conductors and earth wires, torque condition

The loading conditions are given in Figures 5a and 5b:

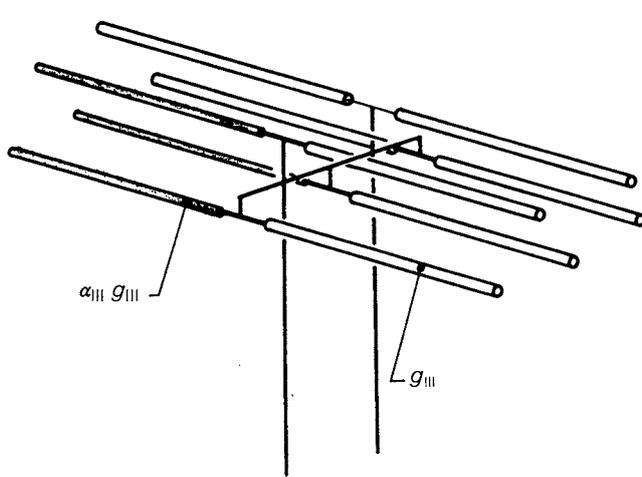


FIGURE 5a

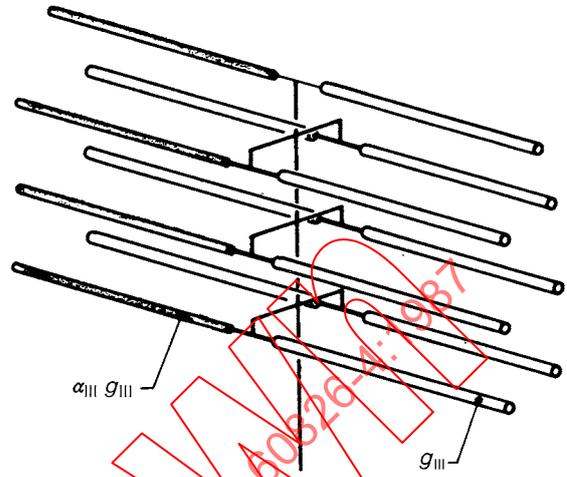


FIGURE 5b

FIGURE 5

Note. — For multi-circuit lines, the number of phases subjected to non-uniform ice should be defined by each National Committee. The loading condition should, however, not be less severe than that given for double circuit lines.

The value of the ice load is: $g_{III} = 0.7 g_p$.
 a_{III} is a reduction factor (recommended value of $a_{III} = 0.4$).

CHAPITRE III: CHARGES DUES AU VENT ET AU GIVRE COMBINÉS

Les charges combinées de vent et de givre dont il est question dans ce chapitre sont limitées au vent sur les conducteurs givrés. Le vent sur les supports et les isolateurs givrés pourrait, si nécessaire, être traité de façon similaire, en portant une attention particulière aux coefficients de traînée.

6. Probabilités combinées

L'action du vent sur les conducteurs givrés met en jeu au moins trois variables: vent associé aux conditions givrantes, poids et forme du manchon de givre. De ces effets combinés peuvent résulter à la fois des charges transversales et des charges verticales. Des mesures directes de ces charges seraient idéales pour en avoir la meilleure approximation mais cela demanderait en pratique de nombreuses années de dur travail sur des stations d'essai spéciales ou sur des lignes existantes. L'extrapolation des résultats à des lignes aériennes futures pourrait encore conduire à des incertitudes.

Comme il est possible d'obtenir des observations indépendantes sur la vitesse du vent, le poids et la forme des manchons de givre, on propose de combiner ces variables de sorte que la charge résultante ait les mêmes périodes de retour que celles qui sont adoptées au chapitre II et dans la deuxième partie.

La combinaison des probabilités de ces variables corrélées exige cependant la connaissance de diverses interactions de ces variables sur les charges. En supposant que les charges maximales sont très probablement liées aux valeurs maximales de chacune des variables (vitesse du vent, poids et forme du manchon de givre), on propose une méthode simplifiée: à une valeur d'une variable ayant une faible probabilité d'apparition sont combinées les valeurs des deux autres variables ayant une forte probabilité d'apparition, comme le montre le tableau III ci-dessous. Dans cette méthode, on accepte un certain degré d'indépendance entre les différentes variables.

TABLEAU III

	Classe de fiabilité	Période de retour T (ans)	Probabilité que la charge soit dépassée ¹⁾
Faible niveau de probabilité de la valeur maximale d'une variable	1	50	65%
	2	150	30%
	3	500	10%
Niveau élevé de probabilité de la valeur maximale d'une variable	1	3	100%
	2		
	3		

¹⁾ La probabilité que la charge soit dépassée au moins une fois durant la vie de l'ouvrage a été calculée sur une période de 50 ans, durée de vie moyenne estimée d'une ligne aérienne.

La densité du givre varie avec le type de givrage, et il est recommandé de combiner les faibles densités de givre avec les coefficients de traînée les plus élevés et vice versa (voir tableau IV et tableau VII).

Des coefficients de portance négatifs doivent également être considérés, quand on pense qu'ils engendrent une charge verticale combinée, due au vent et au givre, plus importante que le poids maximal de givre sans vent.

Pour chaque classe de fiabilité choisie, trois cas de charge sont définis, comme le montre le tableau IV.

CHAPTER III: COMBINED WIND AND ICE LOADING

The combined wind and ice loadings treated in this chapter are restricted to wind on iced conductors. Wind on ice covered supports and insulators could, if necessary, be treated in a similar way with special attention to drag coefficients.

6. Combined probabilities

The action of wind on ice covered conductors involves at least three variables: wind associated with icing situations, ice weight and ice shape. These combined effects can result in both transverse and vertical loads. Direct measurements of these loads should ideally be the best approach, but this would require in practice many years of hard work on special test sites or on existing lines. Extrapolating results to future overhead lines could still lead to uncertainties.

Since it is possible to obtain independent observations of wind velocity, ice weight and ice shape, it is proposed to combine these variables in such a way that the resulting load will have the same return periods as those adopted in Chapter II and in Part 2.

Combining the probabilities of correlated variables would, however, require the knowledge of the various interacting effects of these variables on the loadings. Assuming that maximum loads are most likely to be related to maximum values of individual variables (wind speed, ice weight and ice shape) a simplified method is proposed: a low probability value of a variable is combined with high probability values of the other two variables, as is shown in Table III. In this method, a certain degree of independence between the different variables is accepted.

TABLE III

	Reliability class	Return period T (years)	Probability that the load be exceeded ¹⁾
Low probability level of the maximum value of one variable	1	50	65%
	2	150	30%
	3	500	10%
High probability level of the maximum value of one variable	1	3	100%
	2		
	3		

¹⁾ The probability that the load may be exceeded at least once during the life-time of the line has been calculated over a period of 50 years, assumed to be the average life-time of an overhead transmission line.

The density of ice types varies with the type of icing and it is recommended that low density ice is combined with the higher drag coefficient and vice versa (see Tables IV and VII).

Negative lift coefficients should also be considered when it is suspected that they generate a combined wind and ice vertical load larger than the maximum ice weight without wind.

For any selected reliability class, three loading conditions are defined as shown in Table IV.

TABLEAU IV

Conditions de charges	Poids du givre	Vitesse du vent	Coefficient de traînée effectif	Densité
Condition 1	g_L	V_{iH}	C_{iH}	γ_1
Condition 2	g_H	V_{iL}	C_{iH}	γ_1
Condition 3	g_H	V_{iH}	C_{iL}	γ_2

Ces conditions de charge sont illustrées sur la figure 6, où V_R est la vitesse du vent de référence (deuxième partie) et g_R la charge de givre de référence (chapitre II).

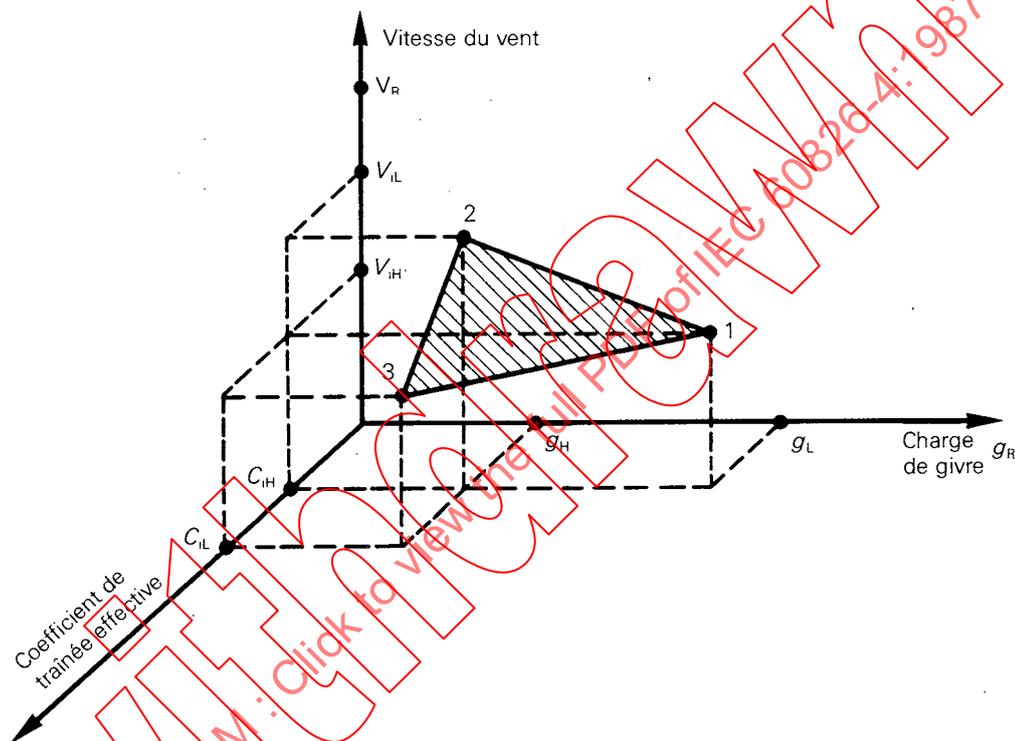


FIGURE 6

7. Détermination des paramètres

7.1 Détermination de la charge de givre

Les valeurs maximales du poids du givre utilisées dans ce rapport sont déterminées de la même façon que celle qui est décrite au paragraphe 4.3.

Les valeurs de g_L et g_H peuvent se calculer à partir de données statistiques en utilisant les expressions suivantes:

$$g_L = \bar{g} \cdot K_{\sigma L} \cdot K_n \cdot K_d \cdot K_h$$

$$g_H = \bar{g} \cdot K_{\sigma H} \cdot K_n \cdot K_d \cdot K_h$$

où:

K_n est donné à la figure 7, page 30

$K_{\sigma H}$ et $K_{\sigma L}$ sont donnés dans le tableau V

K_d et K_h sont donnés aux figures 2 et 3, page 16

TABLE IV

Loading conditions	Ice weight	Wind velocity	Effective drag coefficient	Density
Condition 1	g_L	V_{iH}	C_{iH}	γ_1
Condition 2	g_H	V_{iL}	C_{iH}	γ_1
Condition 3	g_H	V_{iH}	C_{iL}	γ_2

These loading conditions are illustrated in Figure 6 where V_R is the reference wind velocity (Part 2) and g_R is the reference design ice load (Chapter II).

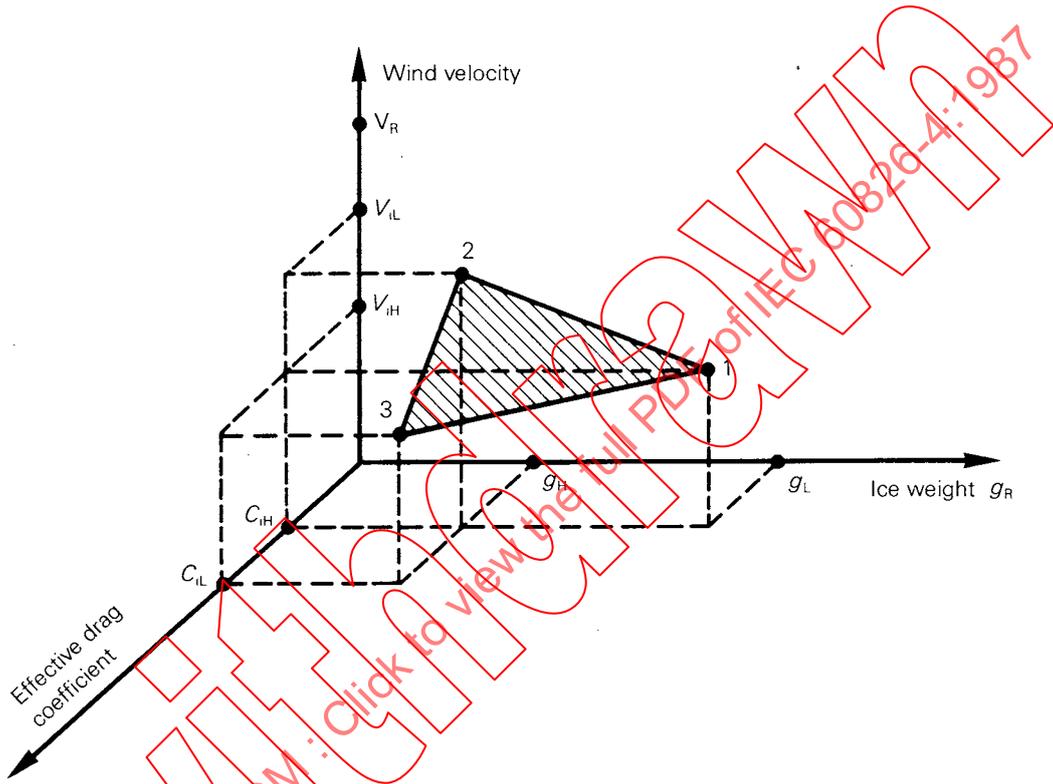


FIGURE 6

7. Determination of parameters

7.1 Determination of ice load

The maximum values of ice weight used in this report are determined in the same way as described in Sub-clause 4.3.

The values of g_L and g_H can be computed from the statistical data using the following expression:

$$g_L = \bar{g} \cdot K_{\sigma L} \cdot K_n \cdot K_d \cdot K_h$$

$$g_H = \bar{g} \cdot K_{\sigma H} \cdot K_n \cdot K_d \cdot K_h$$

where:

K_n is given in Figure 7, page 31

$K_{\sigma H}$ and $K_{\sigma L}$ are given in Table V

K_d and K_h are given in Figures 2 and 3, page 17

TABLEAU V

Coefficient de variation	$K_{\sigma H}$	$K_{\sigma L} = K_{\sigma g}$		
$\frac{\sigma_g}{\bar{g}}$	Classes de fiabilité 1, 2 et 3 $T = 3$ ans	Classe de fiabilité 1 $T = 50$ ans	Classe de fiabilité 2 $T = 150$ ans	Classe de fiabilité 3 $T = 500$ ans
0,2	1,05	1,52	1,70	1,87
0,3	1,08	1,78	2,04	2,32
0,4	1,10	2,04	2,38	2,76
0,5	1,13	2,30	2,73	3,20
0,6	1,15	2,56	3,07	3,64
0,7	1,18	2,81	3,42	4,08

Il est important de déterminer les valeurs maximales des surcharges de givre dans les deux principaux types de givrage: givre dû aux précipitations et givre dû aux gouttelettes de brouillard, quand c'est possible. Ces deux types de givre demandent, en outre, une détermination particulière des autres paramètres, c'est-à-dire de la vitesse du vent associée au phénomène de givrage et du coefficient de traînée.

7.2 Détermination de la vitesse du vent associée aux conditions de givrage

7.2.1 Pluie verglaçante

7.2.1.1 La vitesse météorologique V_e du vent associée au givrage est mesurée par convention.

C'est la vitesse moyenne du vent pendant une période de 10 min, mesurée à 10 m au-dessus du sol dans un site relativement dégagé [rugosité B] [deuxième partie], lors de la formation de manchons de givre et aussi longtemps que le givre persiste sur les conducteurs.

7.2.1.2 Vitesse maximale annuelle V_{em} du vent

La vitesse maximale annuelle V_{em} du vent est le maximum de V_e , tel que défini au paragraphe 7.2.1.1.

7.2.1.3 Détermination des vitesses du vent de référence à faible et forte probabilités, V_{iL} et V_{iH}

Les vitesses de référence du vent à faible et à forte probabilités associées au givre, respectivement V_{iL} et V_{iH} , peuvent se déduire de la moyenne \bar{V}_{em} des vitesses maximales annuelles V_{em} associées au givre, de l'écart type σ_{Vem} de la distribution statistique des vitesses et du nombre n d'années d'observations.

$$V_{iH} = \bar{V}_{em} \cdot K_{iH} \cdot K_n$$

$$V_{iL} = \bar{V}_{em} \cdot K_{iL} \cdot K_n$$

K_{iH} et K_{iL} sont donnés dans le tableau VI.

K_n est donnée à la figure 7, page 30.

7.2.1.4 Variante pour la détermination de V_{em}

Lorsqu'on ne peut établir de corrélation entre les conditions de givrage (c'est-à-dire: givre sur les conducteurs) et les enregistrements météorologiques des vitesses du vent, la distribution du vent maximal associé au givrage peut être déterminée par l'une des deux méthodes suivantes:

- a) On utilise la vitesse maximale annuelle du vent enregistrée pendant les périodes de givrage et les périodes consécutives où la température de l'air reste inférieure à 0 °C (une période maximale de 72 h est conseillée).

TABLE V

Coefficient of variation	$K_{\sigma H}$	$K_{\sigma L} = K_{\sigma g}$		
$\frac{\sigma_g}{\bar{g}}$	Reliability class 1, 2 and 3 $T = 3$ years	Reliability class 1 $T = 50$ years	Reliability class 2 $T = 150$ years	Reliability class 3 $T = 500$ years
0.2	1.05	1.52	1.70	1.87
0.3	1.08	1.78	2.04	2.32
0.4	1.10	2.04	2.38	2.76
0.5	1.13	2.30	2.73	3.20
0.6	1.15	2.56	3.07	3.64
0.7	1.18	2.81	3.42	4.08

It is important to determine maximum ice weight values for the two main types of icing: precipitation icing and in-cloud icing, when applicable. These two types of icing will also require separate determination of the other parameters, i.e. wind speed associated with icing and drag coefficient.

7.2 Determination of wind velocity associated with icing condition

7.2.1 Freezing rain

7.2.1.1 The meteorological wind velocity V_e associated with icing is measured conventionally.

Average velocity of the wind during a 10 min period at 10 m above the ground in a relatively open countryside (roughness B, Part 2) during ice accretion and as long as ice stays on conductors.

7.2.1.2 The maximum yearly wind velocity V_{em}

The maximum yearly velocity V_{em} is the maximum of V_e , as defined in Sub-clause 7.2.1.1.

7.2.1.3 Determination of the low and high probability reference wind velocities V_{iL} and V_{iH}

The low and high probability reference wind velocities associated with ice, V_{iL} and V_{iH} respectively, can be determined from the average \bar{V}_{em} of the maximum yearly velocities V_{em} associated with ice and the standard deviation $\sigma_{V_{em}}$ of the statistical distribution of the velocities and from the number of years of observation n .

$$V_{iH} = \bar{V}_{em} \cdot K_{iH} \cdot K_n$$

$$V_{iL} = \bar{V}_{em} \cdot K_{iL} \cdot K_n$$

K_{iH} and K_{iL} are given in Table VI.

K_n is given in Figure 7, page 31.

7.2.1.4 Alternative determination of V_{em}

When icing situation (i.e. ice on conductors) cannot be correlated with meteorological records of wind velocities, the maximum wind distributions associated with freezing precipitation may be determined in one of the following ways:

- By using the maximum yearly wind velocity recorded during freezing precipitation and the following period whilst the air temperature remains below 0 °C (suggested maximum period 72 h.).

- b) On utilise la vitesse maximale annuelle du vent V_M , calculée dans la deuxième partie, affectée d'un coefficient réducteur B_i basé sur l'expérience et sur l'analyse des conditions météorologiques locales. (En Europe, une valeur de B_i comprise entre 0,65 et 0,85 semble acceptable, sur la base de calculs météorologiques. Cependant, des valeurs extérieures à cet intervalle peuvent être typiques dans certains pays.)

TABLEAU VI

Coefficient de variation $\frac{\sigma_{vem}}{\bar{V}_{em}}$	K_{iH}	K_{iL}		
	Classes de fiabilité 1, 2 et 3 $T = 3$ ans	Classe de fiabilité 1 $T = 50$ ans	Classe de fiabilité 2 $T = 150$ ans	Classe de fiabilité 3 $T = 500$ ans
0,12	1,03	1,30	1,41	1,51
0,16	1,04	1,41	1,55	1,69
0,20	1,05	1,52	1,70	1,87

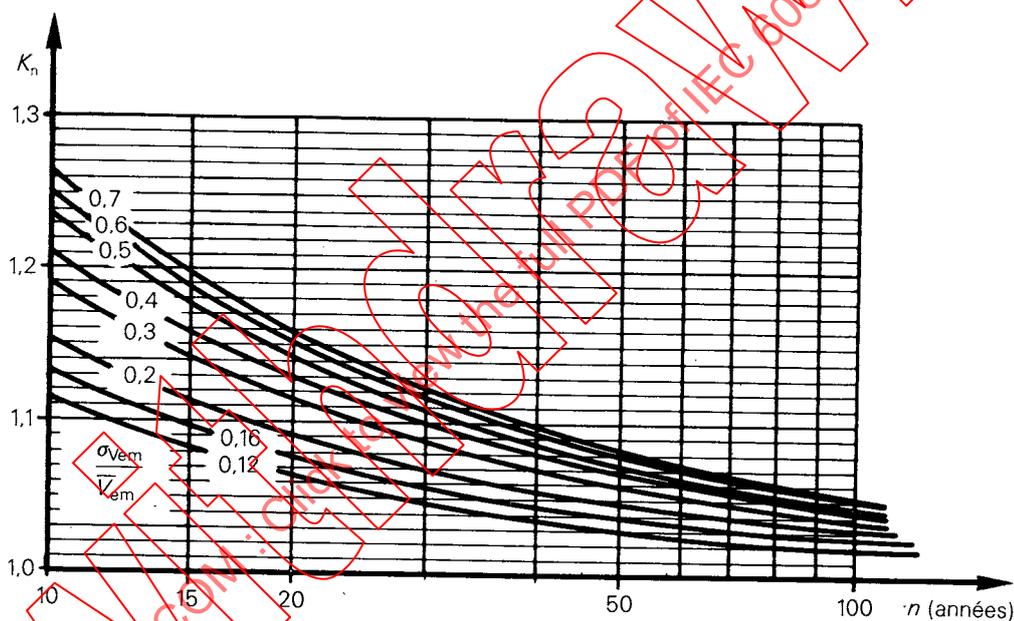


FIGURE 7

7.2.2 Neige collante

Le paragraphe 7.2.1 traite d'un seul type de givrage par précipitation, à savoir le givrage par pluie verglaçante. On peut déterminer d'une façon similaire la distribution du vent maximal associé à l'autre type de givrage par précipitation, la neige collante. Il faut noter cependant qu'un vent fort soufflant après une chute de neige collante a de fortes chances d'expulser la neige accumulée, à cause de sa faible adhérence aux conducteurs. Donc, puisque la neige collante est, en général, associée à un vent léger, on doit choisir des facteurs de réduction B_i qui soient plus faibles que ceux qui sont choisis pour la pluie verglaçante. De façon similaire, les valeurs de B_i doivent être basées sur l'expérience et sur l'analyse des conditions météorologiques locales.

7.2.3 Neige sèche

Avec la neige sèche, l'effet d'expulsion de la neige par le vent est similaire à celui décrit au paragraphe 7.2.2. Cependant, l'adhérence entre le conducteur et la neige sèche est plus faible que celle qui est admise pour la neige collante.

b) By using the maximum yearly wind velocity V_M , calculated as in Part 2, with a reduction Factor B_i based on experience and analysis of local meteorological conditions. (In Europe, values of B_i between 0.65 and 0.85 appear acceptable, based on meteorological analysis. However, values outside this range may be typical in some countries).

TABLE VI

Coefficient of variation $\frac{\sigma_{Vem}}{\bar{V}_{em}}$	K_{iH} Reliability class 1, 2 and 3 $T = 3$ years	K_{iL}		
		Reliability class 1 $T = 50$ years	Reliability class 2 $T = 150$ years	Reliability class 3 $T = 500$ years
0.12	1.03	1.30	1.41	1.51
0.16	1.04	1.41	1.55	1.69
0.20	1.05	1.52	1.70	1.87

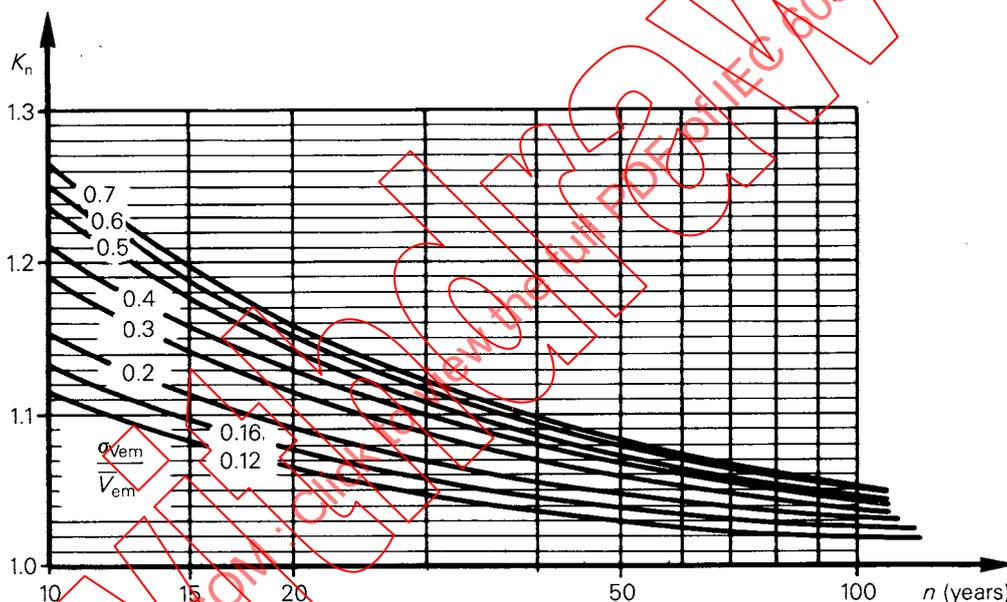


FIGURE 7

7.2.2 Wet snow

Sub-clause 7.2.1 deals with one type of precipitation icing which is freezing rain precipitation. Maximum wind distributions associated with wet snow, the other type of precipitation icing, could be established in a similar manner. It is to be remembered however that strong wind after a wet snow storm will more likely blow the snow away due to weak adhesion to conductors. Therefore, since wet snow is generally associated with light wind, a range of reduction factors B_i smaller than the ones selected for freezing precipitation should be used. In a similar way, the values of B_i have to be based on experience and analysis of local meteorological conditions.

7.2.3 Dry snow

For dry snow, the effect of wind removing the snow is similar to that described under Sub-clause 7.2.2. The adhesion between conductor and dry snow is however smaller than that inferred for wet snow.

7.2.4 Brouillard givrant

Pour déterminer la distribution des vitesses maximales du vent associé aux brouillards givrants, il faut analyser le degré de corrélation qui existe entre le poids du givre et la vitesse du vent. Il est, en effet, bien connu que, dans le cas des brouillards givrants, l'accumulation de givre dépend dans une large mesure de la vitesse du vent. Dans certains sites, au sommet d'une colline par exemple, la quantité maximale de givre déposé sur les conducteurs coïncide avec la vitesse maximale du vent associé aux brouillards givrants.

Dans de nombreux autres sites, le dépôt de givre par brouillard est associé avec des vitesses de vent relativement faibles mais peut durer très longtemps, parfois pendant de nombreux jours; le poids du givre dépend alors de la durée de la période de givrage.

Si la température ambiante se maintient en dessous de 0 °C pendant plusieurs semaines, le givre déposé sur les conducteurs peut ne pas fondre entre deux périodes de givrage par brouillard. Les conducteurs givrés seront alors soumis à des vents dont la vitesse n'est pas forcément corrélée avec le givrage par brouillard.

Pour des lignes aériennes en projet, susceptibles d'être soumises au brouillard givrant, il est important de rassembler, sur des sites types, les informations météorologiques principales, telles que: accumulation et forme du dépôt de givre, vitesse du vent, température de l'air. Certaines informations peuvent également être obtenues à partir des mesures météorologiques en altitude (ballons) ou d'observations dans des stations synoptiques. Il est important également d'étudier avec soin le tracé de la ligne en projet afin de localiser les tronçons très exposés aux nuages porteurs de gouttelettes d'eau en surfusion. On choisira, autant que possible, des variantes de tracé abritées des brouillards les plus givrants, les effets du givre sur la végétation constituant un bon guide pour le choix du tracé de la ligne (voir annexe B).

7.3 Détermination des coefficients de traînée des conducteurs givrés

La mesure sur le terrain constitue la meilleure approche pour déterminer les coefficients de traînée et de portance des conducteurs givrés. A l'heure actuelle, on ne dispose que de très peu de mesures de ce type car il n'existe pas de détecteurs simples. Il en résulte que les distributions statistiques des coefficients de traînée et de portance ne sont pas encore connues.

Tant que l'on ne dispose pas de données statistiques sur les valeurs effectives des coefficients de traînée et des densités, il est suggéré, en l'absence des valeurs expérimentales, d'utiliser les valeurs données ci-dessous dans le tableau VII.

TABLEAU VII

	Neige collante	Givre léger	Givre compact	Glace
Coefficient de traînée effectif C_{iH}	1,0	1,2	1,1	1,0
Densité (t/m^3) γ_1	0,6	0,6	0,9	0,9
Coefficient de traînée effectif C_{iL}	1,4	1,7	1,5	1,4
Densité (t/m^3) γ_2	0,4	0,4	0,7	0,9

Ces coefficients de traînée effectifs sont des coefficients multiplicateurs qui permettent de se ramener à une forme cylindrique équivalente en volume de givre (voir figure 8).

Du fait du manque actuel de données, on ne donne qu'une seule valeur de C_{iL} pour les trois classes de fiabilité.

7.2.4 In-cloud icing

For determining maximum wind velocities distributions associated with in-cloud icing, it is necessary to analyse the degree of correlation that exists between the ice weight and the wind velocity. It is, indeed, well known that in the case of in-cloud icing, the accretion is to a large extent controlled by wind velocity. In some areas, on top of a hill, for example, the maximum amount of rime accretion on conductors coincides with the maximum wind velocity associated with in-cloud icing.

In many other areas, in-cloud ice accretion is related to relatively low wind speed but can last for long periods, sometimes for many days; ice weight is then controlled by the duration of the icing situations.

If the air temperature remains below freezing for several weeks, rime on conductors may not melt between two in-cloud icing situations. Ice-covered conductors will then be exposed to wind speed not necessarily associated with in-cloud icing situations.

For future overhead lines susceptible to in-cloud icing, it is important to gather, on typical sites, basic meteorological information such as: ice accumulation, wind velocity, air temperature and ice shape. Some information can also be extracted from upper air meteorological measurements (by balloon), along with observation from synoptical stations. It is also important to carefully study proposed line routes in order to identify line sections well-exposed to incoming clouds loaded with supercooled water droplets. Alternative line routes sheltered against severe in-cloud icing should be selected when possible. The effect of icing on vegetation is a good guideline for line routing. (See Appendix B).

7.3 Determination of the drag coefficients of ice-covered conductors

Field measurement is the best approach to the determination of the drag or lift coefficients of iced conductors. Due to lack of simple sensing devices very few such measurements exist at the moment. As a result, statistical distributions of drag or lift coefficients are not yet known.

As long as statistical data or the effective drag coefficients and densities are not available, it is suggested, in the absence of other experimental values, that the values given in Table VII should be used.

TABLE VII

	Wet snow	Soft rime	Hard rime	Glaze
Effective drag coefficient C_{iH}	1.0	1.2	1.1	1.0
Density (t/m^3) γ_1	0.6	0.6	0.9	0.9
Effective drag coefficient C_{iL}	1.4	1.7	1.5	1.4
Density (t/m^3) γ_2	0.4	0.4	0.7	0.9

The effective drag coefficients give a multiplying factor on an equivalent cylindrical shape for the given ice volume (see Figure 8).

Only one value of C_{iL} is given for the three reliability classes due to the present lack of data.

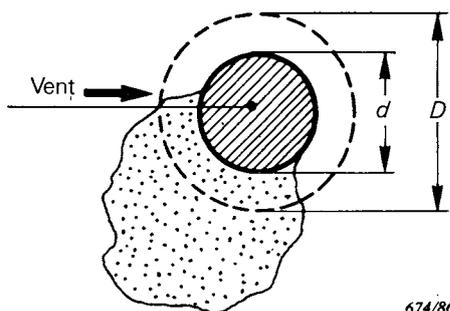


FIGURE 8

D = diamètre de la forme cylindrique équivalente du manchon de givre (m)

d = diamètre du conducteur (m)

7.4 Hypothèse de température

La température à prendre en compte dans les conditions de vent et givre combinés sera de $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ dans tous les cas de givre. Cette température représente une valeur moyenne de l'intervalle de température dans lequel le givre peut se déposer.

8. Pression unitaire du vent sur les conducteurs givrés

En rapport avec l'article 5 de la deuxième partie, la valeur caractéristique a de la pression unitaire sur les conducteurs, due à un vent soufflant horizontalement et perpendiculairement à la ligne, est donnée par l'expression:

$$a = q_0 \cdot C_i \cdot G_c$$

$$q_0 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_{iL}^2 \text{ ou } \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_{iH}^2 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

suivant les conditions de charge.

G_c = facteur de rafale tel que défini au paragraphe 6.1 de la deuxième partie.

Dans les cas de charge utilisant V_{iH} , les valeurs de G_c sont dans le sens de la sécurité.

$C_i = C_{iL}$ ou C_{iH} , en conformité avec le type de givrage considéré.

9. Charges appliquées aux supports

L'effort du vent sur un conducteur, dans une portée de longueur L , entraîne un effort A_c appliqué au point de suspension de chacun des supports de cette portée et perpendiculairement à celle-ci:

$$A_c = q_0 \cdot C_i \cdot G_c \cdot D \cdot \frac{L}{2} \cdot \sin^2 \psi$$

pour les trois conditions de charge proposées dans le tableau IV, l'effort du vent sur les conducteurs givrés sera:

Condition 1:

$$A_{c1} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_{iH}^2 \cdot C_{iH} \cdot G_c \cdot D_L \cdot \frac{L}{2} \cdot \sin^2 \psi$$

où:
$$D_L = \sqrt{d^2 + \frac{4 \cdot g_L}{\pi \cdot \gamma_1 \cdot 10^3 \cdot 9,81}} \text{ (m)}$$

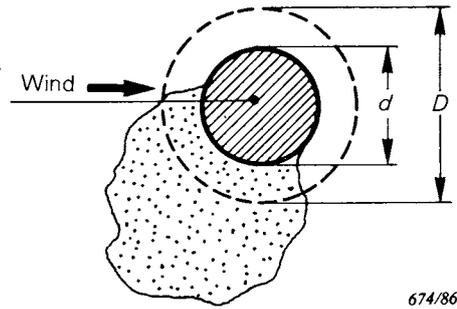


FIGURE 8

D – diameter of the equivalent cylindrical ice shape (m)

d – conductor diameter (m)

7.4 Design temperature

The temperature to be assumed in combined wind and ice conditions shall be $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ for all types of icing. This temperature represents a mean value of the temperature range in which icing can occur.

8. Unit action of the wind on the ice-covered conductors

With reference to Clause 5 of Part 2, the characteristic value a of the unit action on conductors due to wind blowing horizontally and perpendicularly to the line is given by the following expression:

$$a = q_0 \cdot C_i \cdot G_c$$

$$q_0 = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_{iL}^2 \text{ or } \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_{iH}^2 \text{ (N/m}^2\text{)}$$

dependent on the loading condition.

G_c = gust response factor as defined in Sub-clause 6.1 of Part 2.

For loading cases using V_{iH} , the values of G_c are on the conservative side.

$C_i = C_{iL}$ or C_{iH} appropriate to the type of ice being considered.

9. Loads on supports

The effect of wind upon a conductor (A_c), with a span of length L , applied at the suspension point on each support of this span and perpendicular to the span, is given by the following expression:

$$A_c = q_0 \cdot C_i \cdot G_c \cdot D \cdot \frac{L}{2} \cdot \sin^2 \psi$$

for the three loading conditions recommended in Table IV the wind force on ice-covered conductors would be:

Condition 1:

$$A_{c1} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_{iH}^2 \cdot C_{iH} \cdot G_c \cdot D_L \cdot \frac{L}{2} \cdot \sin^2 \psi$$

where:

$$D_L = \sqrt{d^2 + \frac{4 \cdot g_L}{\pi \cdot \gamma_i \cdot 10^3 \cdot 9.81}} \text{ (m)}$$

Condition 2:

$$A_{c2} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_{iH}^2 \cdot C_{iH} \cdot G_c \cdot D_{H1} \cdot \frac{L}{2} \cdot \sin^2 \psi$$

où:

$$D_{H1} = \sqrt{d^2 + \frac{4 \cdot g_H}{\pi \cdot \gamma_1 \cdot 10^3 \cdot 9.81}} \text{ (m)}$$

Condition 3:

$$A_{c3} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_{iH}^2 \cdot C_{iL} \cdot G_c \cdot D_{H2} \cdot \frac{L}{2} \cdot \sin^2 \psi$$

où:

$$D_{H2} = \sqrt{d^2 + \frac{4 \cdot g_H}{\pi \cdot \gamma_2 \cdot 10^3 \cdot 9.81}} \text{ (m)}$$

D_L , D_{H1} et D_{H2} sont les diamètres des formes circulaires équivalentes pour les types de givrages considérés

g_L et g_H = charge de givre (N/m)

γ_1 = densité la plus forte pour le type de givre considéré (t/m³)

γ_2 = densité la plus faible pour le type de givre considéré (t/m³)

ψ = angle de la direction du vent avec celle de la ligne

Dans les trois conditions ci-dessus, l'effort du vent sur les conducteurs sera combiné avec l'effort vertical dû au poids du conducteur et du givre, dans chacune des conditions.

Dans le cas où les contraintes dans les membrures du pylône sont critiques, lorsque les charges verticales exercées par les conducteurs sur le support sont les plus faibles, il faut alors tenir compte de l'effet des forces aérodynamiques de portance. On propose d'admettre que la force portante par unité de longueur ne dépasse probablement pas 50% de la force de traînée par unité de longueur des conducteurs givrés.

Les charges combinées de vent et de givre considérées dans ce rapport sont limitées au vent sur conducteurs givrés; si nécessaire, le vent sur supports et sur isolateurs givrés pourrait être traité de façon similaire, en portant une attention particulière aux coefficients de traînée.

10. Charges d'essai

Les charges d'essai auxquelles le support doit résister seront déterminées pour les trois conditions de charge considérées dans ce rapport.

En règle générale, le vent sera considéré comme soufflant dans la direction dont résulte le cas de charge le plus contraignant.

Note. — Comme la résistance des supports aux charges longitudinales relève de cas de charge spéciaux (voir troisième partie), on peut, dans la plupart des cas, négliger les charges horizontales longitudinales et calculer les charges dues au vent uniquement pour des vents soufflant perpendiculairement à la direction de la ligne ou à la bissectrice de l'angle de la ligne.

Dans certains cas cependant (par exemple supports d'arrêt et supports de grande hauteur), il faut considérer d'autres directions du vent pour déterminer le cas de charge le plus contraignant.

Les charges d'essai auxquelles le support doit résister sont calculées d'après:

- a) les charges sur les différents composants de la ligne, créées par un vent de vitesse V_{iL} et V_{iH} respectivement (voir paragraphe 7.2.1.3), à la température correspondante (voir paragraphe 7.4).
- b) la tension mécanique des conducteurs, à la température correspondante.

Notes 1. — La tension mécanique sera calculée sur la base d'un vent exerçant une pression unitaire sur les conducteurs givrés égale aux pressions unitaires données dans cet article.

Si la longueur du canton prise pour le calcul inclut un grand nombre de portées adjacentes au support considéré, cette pression unitaire peut être réduite à 60%.

Condition 2:

$$A_{c2} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_{iH}^2 \cdot C_{iH} \cdot G_c \cdot D_{H1} \cdot \frac{L}{2} \cdot \sin^2 \psi$$

where:

$$D_{H1} = \sqrt{d^2 + \frac{4 \cdot g_H}{\pi \cdot \gamma_1 \cdot 10^3 \cdot 9.81}} \text{ (m)}$$

Condition 3:

$$A_{c3} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot V_{iH}^2 \cdot C_{iL} \cdot G_c \cdot D_{H2} \cdot \frac{L}{2} \cdot \sin^2 \psi$$

where:

$$D_{H2} = \sqrt{d^2 + \frac{4 \cdot g_H}{\pi \cdot \gamma_2 \cdot 10^3 \cdot 9.81}} \text{ (m)}$$

D_L , D_{H1} and D_{H2} are diameters of the equivalent cylindrical shapes for the types of ice being considered

g_L and g_H = ice load (N/m)

γ_1 = highest density for type of ice being considered (t/m^3)

γ_2 = lowest density for type of ice being considered (t/m^3)

ψ = angle of incidence of the wind in terms of the direction of the line

The wind force on conductors for the three conditions above would be coincident with the vertical load exerted by the weight of conductor and ice for each condition.

Where support member stresses are critical, for lower conductor vertical loads at the supports, the effect of aerodynamic lift forces should be considered. It is suggested that the lift force per unit length is not likely to exceed 50% of the drag force per unit length of ice-covered conductors.

Combined wind and ice loadings considered in this report are restricted to wind on iced-covered conductors; wind on iced-covered supports and insulators could if necessary be treated similarly with special attention to drag coefficients.

10. Test loading

Test loadings to be withstood by the support will be determined for the three loading conditions considered in this report.

As a general rule, the wind will be considered as blowing in the direction that results in the worst case of loading.

Note. — As the strength of the support to longitudinal loads is governed by special loadings (see Part 3), in most of the cases, the horizontal longitudinal loads can be disregarded and the wind loads can be computed only for winds blowing perpendicularly to the direction of the line or to the bisectrix of the line angle.

However, in certain cases (e.g. dead-end supports and tall supports) other wind directions have to be computed in order to determine the worst case of loadings.

Test loadings to be withstood by the support are computed from:

- a) the loads on different components of the line created by a wind of velocity V_{iL} or V_{iH} respectively (see Sub-clause 7.2.1.3) with the corresponding coincident temperature (cf. See Sub-clause 7.4).
- b) The mechanical tension of the conductors with the corresponding coincident temperature.

Notes 1. — The mechanical tension will be calculated on the basis of a wind having a unit-action on ice-covered conductors equal to the unit-actions given in this clause.

If the length of the section taken for computation includes many spans adjacent to the support considered, this unit-action can be reduced to 60%.

2. — Les charges horizontales longitudinales qui pourraient être causées par des portées adjacentes de longueurs inégales peuvent être négligées dans la plupart des cas, car la résistance des pylônes aux charges longitudinales relève de cas de charge spéciaux (voir troisième partie).

c) le poids des conducteurs et des isolateurs givrés.

Ces hypothèses produiront pour un support les cas de charge suivants:

10.1 *Charges verticales*

Les charges verticales d'essai sont égales à la somme des charges verticales dues au poids des conducteurs givrés et des isolateurs et, le cas échéant, des charges verticales créées par la tension mécanique du fait d'une différence de niveau entre supports adjacents. Ces charges verticales totales sont également la somme des «portées poids» et du poids des isolateurs.

10.2 *Charges horizontales transversales*

Les charges horizontales transversales seront égales à la somme des charges horizontales dues à l'action du vent sur les conducteurs givrés, sur les isolateurs et sur le support lui-même, calculées conformément à l'article 9, et de la composante horizontale transversale de la tension mécanique des conducteurs dans le cas des supports d'angle.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60826-4:1987

2. — The horizontal longitudinal loads which might be caused by adjacent spans of unequal lengths can be disregarded in most cases as the strength of the supports to longitudinal loads is governed by special loadings (see Part 3).

c) The weight of ice-covered conductors and insulators.

These assumptions will produce for a support the following loadings:

10.1 *Vertical loadings*

Vertical test loadings are equal to the sum of the vertical loads due to the weight of ice-covered conductors and insulators and, where applicable, to the vertical loads created by the mechanical tension due to a difference in level of adjacent supports. This vertical total loading can also be expressed as the sum of the weight span and also the insulator weights.

10.2 *Horizontal transverse loadings*

Horizontal transverse test loadings will be equal to the sum of the horizontal loads due to the wind action on ice-covered conductors, insulators and support itself, computed according to Clause 9, and of the horizontal transverse component of the conductor mechanical tension, for angle supports.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60826:1987

Without watermark

ANNEXE A

TYPES DE FORMATION DE GIVRE

Givrage par précipitation

Glace compacte formée par une pluie ou une bruine dont les gouttelettes d'eau sont en surfusion, sur des objets à une température inférieure ou égale à 0°. Cette formation est généralement associée à une inversion de température.

Neige collante formée lorsque la neige a commencé à fondre au cours de sa chute à travers une couche d'air relativement chaude et lorsque cette neige se colle aux obstacles.

Givrage par gouttelettes de brouillard

Gelée blanche formée par des gouttelettes d'eau en surfusion existant dans un nuage, caractéristique des sites exposés, situés au-dessus de la base des nuages.

Note. — Une combinaison des différents types de givrage peut apparaître et entraîne de ce fait les surcharges les plus importantes.

TABLEAU AI
Propriétés physiques du givre

Type de givre	Densité	Adhérence	Aspect		Cohésion
			Couleur	Forme	
Glace compacte (pluie verglaçante)	0,9	Forte	Transparente	Cylindrique Glaçons	Forte
Neige collante	0,4 à 0,6	Moyenne	Blanche	Cylindrique	Forte
Givre compact (gelée blanche)	0,7 à 0,9	Forte	Opaque à transparente	Excentrique pointe dans le vent	Très forte
Givre léger (frimas)	0,4 à 0,6	Moyenne	Blanche	Excentrique pointe dans le vent	Faible à moyenne

TABLEAU AII
Paramètres météorologiques influençant la formation du givre

Type de givre	Température de l'air (°C)	Vitesse du vent (m/s)	Taille des gouttelettes	Quantité d'eau liquide incluse	Durées typiques des tempêtes
Glace compacte	$-4 < t < 0$	$0 < v < 10$	Grande	—	Heures
Neige collante	$-1 < t < 2$	$0 < v < 20$	Flocons	—	Heures
Givre compact	$-10 < t < -1$	$10 < v$	Moyenne	Moyenne à forte	Jours
Givre léger	$-20 < t < -1$	$v < 10$	Petite	Faible	Jours

APPENDIX A

TYPES OF ICING

Precipitation icing

Glaze ice is formed by supercooled rain or drizzle on objects at or below freezing. It is usually associated with a temperature inversion.

Wet snow is snow which has started to melt as it falls through a relatively warm layer and will stick to objects.

In-cloud icing

Rime is formed by supercooled water droplets existing in the clouds and is characteristic of exposed areas above cloud base.

Note. — Combinations of the different types of ice do occur and may result in the heaviest loads.

TABLE AI
Physical properties of ice

Type of ice	Density	Adhesion	Appearance		Cohesion
			Colour	Shape	
Glaze	0.9	Strong	Transparent	Cylindrical, icicles	Strong
Wet snow	0.4 to 0.6	Medium	White	Cylindrical	Strong
Hard rime	0.7 to 0.9	Strong	Opaque to transparent	Eccentric, pennants into the wind	Very strong
Soft rime	0.4 to 0.6	Medium	White	Eccentric, pennants into the wind	Low to medium

TABLE AII

Meteorological parameters controlling ice accretion

Type of ice	Air temperature (°C)	Wind speed (m/s)	Droplet size	Liquid water content	Typical storm duration
Glaze	$-4 < t < 0$	$0 < v < 10$	Large	—	Hours
Wet snow	$-1 < t < 2$	$0 < v < 20$	Flakes	—	Hours
Hard rime	$-10 < t < -1$	$10 < v$	Medium	Medium to high	Days
Soft rime	$-20 < t < -1$	$v < 10$	Small	Low	Days

ANNEXE B

EFFET DU TERRAIN SUR LA FORMATION DU GIVRE

La formation de givre est principalement due à deux mécanismes:

- à la suite d'une précipitation atmosphérique,
- provoquée par les gouttelettes de brouillard.

L'influence de la topographie locale est d'une nature différente dans ces deux cas qui seront traités séparément dans cette annexe.

Précipitation

La formation de givre due à une précipitation suppose une inversion de température dans la basse atmosphère, c'est-à-dire qu'il existe des températures inférieures à la température de formation de la glace près du sol, tandis qu'une couche d'air plus chaude se trouve au-dessus (couche fondante). Que le résultat soit de la neige mouillée, de la pluie verglaçante, une pluie fine ou des grains de glace, cela dépend de l'épaisseur de la couche froide et de la couche chaude. L'inversion de température se produit généralement dans deux cas:

- 1) En avant d'un front chaud avec contact avec un système de basse pression sur un front polaire.
- 2) Lorsque de l'air froid s'est accumulé dans une vallée ou un bassin.

Dans le cas d'un *front chaud*, la topographie a un faible effet local, si effet il y a, sur le processus, lorsqu'un front chaud de faible épaisseur conduit à la formation d'une couche fondante comprise entre des couches d'air à température inférieure à la congélation. L'inversion de température est liée au front. Le terrain peut, néanmoins, affecter jusqu'à un certain degré la distribution de la précipitation. Une carte donnant la distribution des précipitations hivernales devrait donc indiquer la sévérité de ce type de givre. Localement, le terrain peut présenter un effet d'abri sur une petite échelle. La croissance du dépôt de glace dépend de la direction du vent par rapport à la ligne. L'effet d'abri d'un obstacle dépend de la hauteur de l'abri, de sa forme et de la distance qui le sépare de la ligne.

Par temps clair en hiver, il y a une perte importante d'énergie calorifique due à la radiation de la surface. Cela implique un refroidissement de la couche la plus basse de l'air. Comme la densité de l'air augmente avec la baisse de la température, l'air le plus froid remplit les creux du relief, créant les conditions d'une *inversion locale*.

De l'air froid accumulé sur des plaines en haute altitude peut, en raison d'une pression faible à proximité, être aspiré vers les fonds des vallées, au-dessus desquelles il peut y avoir de l'air tiède et une précipitation frontale comme de la pluie. Des obstructions dans la vallée provoquent la stagnation de l'air, créant une poche d'air froid dans la vallée supérieure. Cette obstruction peut être une petite forêt traversant le fond de la vallée, une moraine ou un défilé étroit.

Dans un tel processus, la topographie locale devient incontestablement un facteur important et il faudra éviter les zones les plus basses du terrain ainsi que tout autre endroit où pourraient se former des poches d'air froid.

Gouttelettes de brouillard

Lorsque de l'air humide est soulevé par une chaîne de montagne par exemple, il se refroidit (adiabatiquement) et la vapeur d'eau se condense en gouttelettes qui, à leur tour, augmentent de volume. Sous le vent, la masse d'air est dirigée vers le bas et l'eau liquide s'évapore. Les nuages peuvent se dissoudre. En terrain plat, il n'y a ni production, ni développement de brouillards sous l'effet du vent. Dans ce cas, l'effet principal sera dû à la chute des gouttelettes les plus grosses des nuages réduisant ainsi leur contenu en eau liquide et en grosses gouttelettes et provoquant un givre modéré.

APPENDIX B

TERRAIN INFLUENCE UPON ICING

Icing is mainly due to two mechanisms:

- icing from freezing precipitation,
- in-cloud icing.

The influence of the local topography is of a different nature in these two cases and they are treated separately in this appendix.

Precipitation

Icing due to precipitation presupposes a temperature inversion in the lower atmosphere. That is, there must be sub-freezing temperatures near the ground with a layer of warmer air aloft (melting layer). Whether the result is wet snow, freezing rain, drizzle or ice pellets, depends on the thicknesses of the freezing layer and the melting layer. The temperature inversion occurs mostly in two cases:

- 1) Ahead of a warm front in connection with a low pressure system on a polar front.
- 2) When cold air is trapped in a valley or a basin.

In the case of a *warm front*, the topography has a small, if any, local effect on the process when a sharp warm front results in a melting layer between layers of sub-freezing air. The temperature inversion is connected to the front. The terrain may, however, influence to a certain degree the distribution of precipitation. A map showing the distribution of winter precipitation should, therefore, indicate the severity of icing of this kind. Locally, the terrain can give a sheltering effect on a small scale. The ice growth depends on the wind transverse to the line. The sheltering effect is dependent on the height of the shelter, the distance from the line to the shelter and also on its form.

In clear weather during winter there is a net loss of heat energy by radiation from surface. This means a cooling of the lowest layer of the air. As the density of the air increases with falling temperature, the coldest air fills the hollow terrain, giving the conditions of *local inversion*.

Accumulated cold air on high level plains may, due to nearby low pressure, be drawn down the valleys, above which there can be warm air and frontal precipitation as rain. Obstructions in the valley cause stagnation of the air flow, resulting in a cold air basin up-valley. Such an obstruction can be a small forest crossing the valley bottom, a moraine ridge or a narrow pass.

In this process, the local terrain is clearly an important factor and it should be important to avoid the lowest parts of the terrain and other places where cold air lakes can be formed.

In-cloud icing

When moist air is lifted for example by a mountain ridge, it is cooled (adiabatically) and the water vapour condenses to droplets which, in turn, grow larger. On the leeward side the air flow is downward, the liquid water evaporates and the clouds may dissolve. Over flat country there is no production of cloud droplets and no substantial growth as a result of wind. The main effect here is that the bigger droplets fall out of the cloud and thus reduce the number of big droplets as well as the liquid water content of the cloud, giving moderate icing.

Il paraît donc évident que l'influence de la topographie sur la formation de givre par brouillard est grande. Le givre important se produit dans des zones à haute altitude, exposées à des masses d'air ascendantes au-dessus du niveau de condensation (base du nuage). D'autre part, le côté sous le vent d'une montagne ou d'une vallée, perpendiculaire au vent, peut offrir une protection efficace. Il est improbable qu'un givre important puisse se former en dessous du niveau inférieur du nuage. Mais en approchant de la base, l'augmentation du givre est très rapide.

L'altitude de la base du nuage est déterminée par la topographie du voisinage. Si des montagnes plus hautes sont placées au vent par rapport à la ligne, celle-ci est à l'abri des brouillards à fort pouvoir givrant et il peut n'y avoir qu'une formation de givre due aux précipitations.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60826-4:1987
Without2M

Then, it should be evident that the topography has a great influence upon in-cloud icing. Severe icing is experienced on high level sites which are exposed to lifting air above the condensation level (cloud base). On the other hand, the leeward side of a mountain or valley transverse to the wind can give a quick sheltering effect. Underneath the cloud base severe icing is not likely to occur, but when reaching the base, the icing increases very rapidly.

The height to the cloud base is determined by the surrounding topography. If there are higher mountains upwind compared with the line route, the line is sheltered against severe in-cloud icing and there may be no more ice than that due to precipitation.

IECNORM.COM: Click to view the full PDF of IEC 60826-4:1987
Withdrawn

ANNEXE C

DIRECTIVES POUR LA RÉALISATION D'UN PROGRAMME D'OBSERVATION DU GIVRE

Les renseignements sur les surcharges de givre sont importants non seulement pour déterminer les critères de charges pour le calcul et les risques associés, mais aussi pour les différentes étapes de réalisation d'un réseau de transport et pour le choix du tracé des lignes.

Du fait que peu de pays ont à leur disposition de bonnes données sur les surcharges de givre, et que ces renseignements exigent un minimum de dix années d'observations in situ, il est hautement utile pour toute société projetant une ligne importante d'entreprendre un programme d'observations du givre le plus rapidement possible. Une collaboration avec les services de la météorologie permet d'obtenir des renseignements à partir des instruments placés dans les stations météorologiques, tandis que la société peut se charger de l'exploitation de stations isolées.

Il est enfin recommandé que la réalisation de tout programme important d'observations ainsi que l'analyse des données météorologiques puissent être faites sous l'autorité d'un météorologiste professionnel.

Implantation des stations

Pour obtenir un bon réseau d'observations, les stations doivent être implantées en fonction des caractéristiques des régions traversées. Comme cela a été précisé dans le rapport et dans l'appendice II, le type et la quantité du dépôt de givre sont fortement liés au terrain et aux régions considérées, spécialement dans les climats maritimes et froids.

A partir d'une recherche initiale rapide utilisant les modèles d'analyse météorologique, d'un examen de l'expérience passée sur les lignes existantes de transport et de distribution, et de l'observation des dégâts créés à la végétation par les tempêtes de neige, il est possible de déterminer grossièrement les régions caractérisées par une formation de givre par précipitation ou par brouillard, ainsi que la sévérité du givre dans chaque région.

Partant de cette étude préliminaire, il est quelquefois possible de faire des recommandations pour la localisation des postes et pour le tracé des lignes en évitant les zones à givre important. Des sites peuvent alors être recherchés pour l'installation de stations d'observations.

Dans les zones où les pluies verglaçantes sont le type principal de formation de givre, un réseau de stations suffisamment dense et uniformément distribué est nécessaire, la distance moyenne entre deux stations étant de l'ordre de 50 km. Cela permettra de dresser une carte de l'étendue des tempêtes ainsi que de la variation de leur intensité dans les zones affectées.

D'autre part, dans les zones où la formation de givre est principalement due au brouillard, telles que les zones côtières ou montagneuses, les stations d'observation doivent être implantées près des tracés prévus des lignes, les sites étant choisis de façon à représenter les tronçons les plus exposés du tracé prévu de la ligne.

Des sites non représentatifs devront être évités car ils peuvent conduire à des charges de givre grossièrement sur ou sous-estimées. Cependant, on peut faire une exception lorsque le temps disponible est court et que les conditions de givre prévues ne sont pas trop sévères ou peu fréquentes; dans ce cas, il pourrait être acceptable de choisir des sites surexposés pour obtenir une idée grossière des conditions maximales de givre.

Durée du programme d'observations

Pour obtenir un bon échantillon en vue d'une analyse statistique de la distribution des charges de givre, dix années d'observations continues sur un même site sont un minimum, 20 ans d'observations conduisent à une estimation beaucoup plus fiable.