

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
RAPPORT DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC REPORT

Publication 826-2
Première édition — First edition
1985

Charges appliquées aux supports de lignes aériennes
Deuxième partie: Charges dues au vent et à la température

Overhead line support loadings
Part 2: Wind and temperature loadings



© CEI 1985

Droits de reproduction réservés — Copyright — all rights reserved

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

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 la page 3 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 inside of the back cover, which lists IEC publications issued by the Technical Committee which has prepared the present publication.

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE
RAPPORT DE LA CEI

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION
IEC REPORT

Publication 826-2

Première édition — First edition

1985

Charges appliquées aux supports de lignes aériennes

Deuxième partie: Charges dues au vent et à la température

Overhead line support loadings

Part 2: Wind and temperature loadings



© CEI 1985

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
 Articles	
1. Domaine d'application	6
2. Objet	6
3. Définitions	6
4. Hypothèses de charges	8
5. Action unitaire du vent sur un élément quelconque de la ligne	10
6. Charges appliquées aux supports	12
7. Chargements d'essais	16
 FIGURES	 18
 ANNEXE A — Détermination de la vitesse de référence météorologique du vent	 26
ANNEXE B — Vitesses de vent de gradient	30
ANNEXE C — Mesure des températures et leur interprétation	32

Withholding

CONTENTS

	Page
FOREWORD	5
PREFACE	5
Clause	
1. Scope	7
2. Object	7
3. Definitions	7
4. Loading assumptions	9
5. Unit-action of the wind on any element of the line	11
6. Loads on supports	13
7. Test loadings	17
FIGURES	18
APPENDIX A — Determination of the meteorological reference wind velocity	27
APPENDIX B — Gradient wind speeds	31
APPENDIX C — Temperature measurements and their interpretation	33

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

CHARGES APPLIQUÉES AUX SUPPORTS DE LIGNES AÉRIENNES

Deuxième partie: Charges dues au vent et à la température

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)10 et 10A	11(BC)13	11(BC)16	11(BC)20

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

Le présent rapport constitue la deuxième 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).

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

OVERHEAD LINE SUPPORT LOADINGS**Part 2: Wind and temperature 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.

This text of this report is based upon the following documents:

Six Months' Rule	Report on Voting	Two Months' Procedure	Report on Voting
11(CO)10 and 10A	11(CO)13	11(CO)16	11(CO)20

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

This report forms Part 2 of IEC Publication 826: Overhead Line Support Loadings, which will include in its final form:

- 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).

CHARGES APPLIQUÉES AUX SUPPORTS DE LIGNES AÉRIENNES

Deuxième partie: Charges dues au vent et à la température

1. Domaine d'application

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

Bien qu'il soit, dans son principe, applicable à toute ligne aérienne, il est toutefois apparu préférable de limiter son application aux domaines suivants:

- Longueur des portées comprise entre 200 m et 800 m, le calcul des divers coefficients (de rafale en particulier) n'ayant pas été vérifié pour des longueurs de portées hors de cette fourchette. On pourra, toutefois, pour des portées supérieures à 800 m, prendre les coefficients de rafale correspondant à une longueur de portée de 800 m, ce qui va dans le sens de la sécurité.
- Hauteur des supports inférieure à 60 m. Des supports plus hauts pourraient être calculés selon les mêmes principes mais les valeurs des efforts dus au vent ainsi déterminées demanderaient à être vérifiées.
- Altitude des régions traversées ne dépassant pas 1 300 m au-dessus du niveau moyen de l'environnement topographique, ce qui veut dire qu'une adaptation de ces règles doit être faite pour les lignes en régions montagneuses.

Note. — La question la plus importante est vraisemblablement le choix de la rugosité du terrain (voir paragraphe 3.1) dans des reliefs tourmentés, la rugosité pouvant différer suivant la végétation (grands arbres) ou les pentes neigeuses.

2. Objet

Ce rapport définit des procédures qui peuvent être appliquées pour obtenir et interpréter les données météorologiques nécessaires au calcul des supports d'une ligne aérienne. Elles contiennent également une méthode qui peut être utilisée pour évaluer la réponse des éléments de la ligne (conducteurs, isolateurs, supports) aux effets du vent et de la température.

3. Définitions

3.1 Rugosité du terrain

L'action du vent dépend de la rugosité du terrain. Plus cette rugosité est forte, plus le vent est freiné et turbulent. La rugosité du sol intervient dans la détermination, d'une part, de la vitesse du vent pour le calcul et, d'autre part, du coefficient de rafale.

Quatre types de terrain, à rugosité croissante, sont considérés:

Rugosité	Caractéristiques du terrain traversé par la ligne
A	Grande étendue d'eau dans la direction d'où vient le vent, régions côtières plates, déserts plats
B	Terrains dégagés avec très peu d'obstacles, par exemple landes ou terres cultivées avec peu d'arbres ou de bâtiments
C	Terrains comportant de nombreux petits obstacles de faible hauteur (haies, arbres et bâtiments)
D	Régions suburbaines ou terrains avec de nombreux grands arbres

Notes 1. — Par souci de normalisation, les lignes installées en zones très urbanisées seront considérées en zone de rugosité D. La notion quantitative de la rugosité y est, en effet, très difficile d'approche.

2. — Pour une ligne qui suit la crête d'une colline, on prendra une rugosité de terrain inférieure d'une catégorie à celle choisie pour la région. Pour une ligne qui suit une vallée, la rugosité C sera choisie, quelles que soient les caractéristiques du terrain.

OVERHEAD LINE SUPPORT LOADINGS

Part 2: Wind and temperature loadings

1. Scope

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

Although it applies in principle, to any overhead line, it seemed better to limit its application to the following fields:

- Span lengths between 200 m and 800 m, as calculations of the various coefficients (in particular for gusty winds) have not been checked for span lengths beyond this range. However, for span lengths greater than 800 m, a gust coefficient corresponding to 800 m span could be chosen with safety.
- Height of supports less than 60 m. Higher supports could be designed following the same principles, but the calculated wind actions would need to be checked.
- Altitude of crossed areas not exceeding 1 300 m above the average level of the topographic environment; an adjustment should be made for lines in mountain areas.

Note. — Probably the most important question is the choice of the roughness of the ground (see Sub-clause 3.1) in mountains, as the roughness can vary according to the vegetation (big trees) or snow-covered slopes.

2. Object

This report defines the procedures which can be applied for obtaining and interpreting meteorological data required for the design of an overhead line support. They also contain a method which can be used to evaluate the response of the line components (conductors, insulators, supports) to the effects of wind and temperature.

3. Definitions

3.1 Ground roughness

Wind action depends on the ground roughness. The higher this roughness, the more turbulent and slower is the wind. The ground roughness has an influence both on the determination of the wind velocity for the design and on the determination of the gust factor.

Four categories of ground, of increasing roughness, are considered:

Roughness	Characteristics of the ground crossed by the line
A	Large stretch of water upwind, flat coastal areas, flat deserts
B	Open country with very few obstacles, for example, moorlands or cultivated fields with few trees or buildings
C	Terrains with numerous small obstacles of low height (hedges, trees and buildings)
D	Suburban areas or terrain with many tall trees

Notes 1. — Lines crossing highly urbanized areas, should be considered (for the sake of standardization) in a D ground roughness. The value of the roughness coefficient is very difficult to assess for these areas.

2. — For a line which follows the ridge of a hill, we shall take a ground roughness which is one category below the one chosen for the area. For a line running along a valley, the C roughness category will be chosen for all cases, whatever the ground characteristics may be.

3.2 Vitesse météorologique du vent V

On appelle vitesse météorologique du vent V , la vitesse mesurée conventionnellement de la façon suivante: moyenne de la vitesse du vent pendant une période de 10 min à un niveau de 10 m au-dessus du sol, en terrain relativement dégagé (rugosité B).

Une procédure est décrite dans l'annexe A pour calculer V lorsque la vitesse météorologique n'est pas mesurée dans les conditions ci-dessus.

3.3 Vitesse maximale du vent sur une année V_m

Cette vitesse V_m est le maximum de V sur une année.

4. Hypothèses de charges

Les hypothèses de charges comprennent essentiellement:

- l'hypothèse de grand vent,
- l'hypothèse de basse température.

L'hypothèse de basse température n'est jamais critique pour les supports d'alignement, mais demande à être contrôlée pour les supports d'angle ou d'arrêt, en particulier lorsque les portées sont courtes.

4.1 Hypothèse de grand vent

4.1.1 Détermination de la vitesse de grand vent V_M

Le choix de la vitesse de grand vent V_M dépend de la classe de sécurité que l'on adoptera pour les supports de la ligne projetée (voir première partie, article 7).

La vitesse de grand vent V_M est déterminée à partir de la vitesse moyenne $\bar{V}_m$ des vitesses maximales annuelles V_m et de l'écart type de la distribution de ces vitesses maximales annuelles σ_{V_m} conformément au tableau:

Classe de sécurité	$V_M / \bar{V}_m$		
	$\sigma_{V_m} = 0,12 \bar{V}_m$	$\sigma_{V_m} = 0,16 \bar{V}_m$	$\sigma_{V_m} = 0,20 \bar{V}_m$
1	1,30	1,41	1,52
2	1,41	1,55	1,70
3	1,51	1,69	1,87

- Notes 1. — La valeur de $\sigma_{V_m} = 0,12 \bar{V}_m$ a été trouvée par plusieurs pays en Europe. Les valeurs indiquées dans le tableau ci-dessus ont été déterminées pour un coefficient de variation de résistance des pylônes égal à 7,5%. D'autres valeurs (pouvant aller de 5% à 10%) ont été trouvées lors de quelques essais. Mais cette variation a une très faible influence sur la détermination de la vitesse de grand vent V_m .
2. — En général, les vitesses de vent doivent être relevées dans des stations situées à proximité du tracé de la ligne. Quand les stations météorologiques sont éloignées des sites envisagés pour la construction de la ligne, la vitesse de gradient peut être utilisée (voir annexe B).
3. — Dans le cas de zones soumises à des vents très violents mais peu fréquents (typhons par exemple), une étude spéciale est nécessaire pour déterminer la loi de distribution des valeurs maximales, qui ne peuvent se déduire des seules valeurs maximales annuelles des vitesses.

4.1.2 Vitesse de référence du vent pour le calcul V_R

La vitesse de référence du vent V_R pour le calcul est la vitesse du vent à l'emplacement de la ligne. V_R se déduit de la vitesse de grand vent V_M par la relation:

$$V_R = K_R V_M$$

3.2 Meteorological wind velocity V

V is the meteorological wind velocity, measured conventionally as follows: average velocity of the wind during a 10 min period at a level of 10 m above the ground, in relatively open country (roughness B).

A procedure is described in Appendix A to compute V whenever the meteorological velocity is not measured in the above-mentioned conditions.

3.3 Maximum yearly wind velocity V_m

This velocity V_m is the maximum of V measured over a year.

4. Loading assumptions

Loading assumptions mainly include:

- high wind assumption,
- low temperature assumption.

The low temperature assumption is never crucial for tangent supports, but must be checked for angle or dead-end supports, particularly for short spans.

4.1 High wind assumption

4.1.1 Determination of the high wind velocity V_M

The choice of the high wind velocity V_M depends upon the security class which will be adopted for the supports of the designed line (see Part 1, Clause 7).

The high wind velocity V_M is determined from the average $\bar{V}_m$ of the maximum yearly velocities V_m and the standard deviation σ_{V_m} of the statistical distribution of the velocities, according to table:

Security class	$V_M/\bar{V}_m$		
	$\sigma_{V_m} = 0.12 \bar{V}_m$	$\sigma_{V_m} = 0.16 \bar{V}_m$	$\sigma_{V_m} = 0.20 \bar{V}_m$
1	1.30	1.41	1.52
2	1.41	1.55	1.70
3	1.51	1.69	1.87

Notes 1. — In Europe, a value of $\sigma_{V_m} = 0.12 \bar{V}_m$ was found for several countries. The values indicated in this table have been calculated for a coefficient of variation of 7.5% of the strength of supports. Other values (from 5% to 10%) were found during some tests. But this variation has a very low influence on high wind velocity V_m .

2. — Generally, wind velocities must be measured in meteorological stations located not far from the route of the line. When meteorological stations are far from the expected locations for the erection of the line, the gradient wind speed can be used (see Appendix B).
3. — For areas subject to very high velocity but in frequent winds (such as typhoons), a special study is required for the determination of the distribution law of maximum values, which cannot be deduced only from the yearly maximum velocities.

4.1.2 Reference wind velocity for the design V_R

The reference wind velocity V_R for the design is the wind velocity on the site of the line. V_R is obtained from the high wind velocity V_M by the relationship:

$$V_R = K_R V_M$$

4.1.3 Coefficient de rugosité du terrain K_R

K_R est un coefficient qui tient compte de la rugosité du terrain à l'emplacement de la ligne et dans ses environs. K_R peut être choisi conformément à la valeur donnée ci-après, en fonction de la rugosité du terrain traversé par la ligne.

Pour des sites de rugosité intermédiaire, la valeur de K_R peut être interpolée. En évaluant la valeur de la rugosité du sol, il faut tenir compte de changements prévisibles dans les environs du tracé de la ligne:

Rugosité	A	B	C	D
K_R	1,08	1	0,85	0,67

Note. — Les valeurs de K_R correspondent à une vitesse de vent V (voir paragraphe 3.2) calculée sur 10 min.

4.1.4 Température coïncidente

Les vitesses de vent définies ci-dessus pour le calcul se produisent à une température de l'air égale à la moyenne des températures quotidiennes minimales, propres au site. La moyenne de la température minimale quotidienne sera obtenue par analyse des enregistrements pendant un certain nombre d'années dans une station météorologique la plus proche possible de l'emplacement de la ligne. Comme alternative, on pourra prendre pour température coïncidente de l'air la température minimale définie ci-après (voir paragraphe 4.2.1) majorée de 15 °C.

4.2 Hypothèse de basse température

4.2.1 Température minimale

La température minimale sera prise égale à la température minimale annuelle de l'air, ayant une probabilité d'apparition de 2% ou une période de retour de 50 ans.

Une méthode pour la détermination de cette valeur est donnée dans l'annexe C. Quand la ligne se trouve à un emplacement où la température minimale de l'air peut être influencée par la topographie locale, on devra en tenir compte.

4.2.2 Vitesse de vent coïncidente

On choisira une vitesse de vent coïncidente, égale à la vitesse V_R de l'hypothèse de grand vent (voir paragraphe 4.1.2) multipliée par un coefficient tenant compte des conditions météorologiques locales.

En l'absence d'une bonne connaissance des conditions locales, la valeur de 0,6 pour ce coefficient peut être choisie.

5. Action unitaire du vent sur un élément quelconque de la ligne

La valeur caractéristique a de l'action unitaire due à un vent soufflant horizontalement, perpendiculairement à un élément quelconque de la ligne (conducteurs, isolateurs, tout ou partie du support) est donnée par l'expression:

$$a = q_0 \cdot C_x \cdot G$$

où:

q_0 = pression dynamique de référence.

La pression dynamique de référence q_0 est donnée en fonction de la vitesse de référence du vent V_R à l'emplacement de la ligne (voir paragraphe 4.1.2):

$$q_0 = \frac{1}{2} \rho V_R^2$$