

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61400-1

Troisième édition
Third edition
2005-08

Eoliennes –

**Partie 1:
Exigences de conception**

Wind turbines –

**Part 1:
Design requirements**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 61400-1:2007

Numérotation des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60000. Ainsi, la CEI 34-1 devient la CEI 60034-1.

Editions consolidées

Les versions consolidées de certaines publications de la CEI incorporant les amendements sont disponibles. Par exemple, les numéros d'édition 1.0, 1.1 et 1.2 indiquent respectivement la publication de base, la publication de base incorporant l'amendement 1, et la publication de base incorporant les amendements 1 et 2.

Informations supplémentaires sur les publications de la CEI

Le contenu technique des publications de la CEI est constamment revu par la CEI afin qu'il reflète l'état actuel de la technique. Des renseignements relatifs à cette publication, y compris sa validité, sont disponibles dans le Catalogue des publications de la CEI (voir ci-dessous) en plus des nouvelles éditions, amendements et corrigenda. Des informations sur les sujets à l'étude et l'avancement des travaux entrepris par le comité d'études qui a élaboré cette publication, ainsi que la liste des publications parues, sont également disponibles par l'intermédiaire de:

- **Site web de la CEI** (www.iec.ch)
- **Catalogue des publications de la CEI**

Le catalogue en ligne sur le site web de la CEI (www.iec.ch/searchpub) vous permet de faire des recherches en utilisant de nombreux critères, comprenant des recherches textuelles, par comité d'études ou date de publication. Des informations en ligne sont également disponibles sur les nouvelles publications, les publications remplacées ou retirées, ainsi que sur les corrigenda.

- **IEC Just Published**

Ce résumé des dernières publications parues (www.iec.ch/online_news/justpub) est aussi disponible par courrier électronique. Veuillez prendre contact avec le Service client (voir ci-dessous) pour plus d'informations.

- **Service clients**

Si vous avez des questions au sujet de cette publication ou avez besoin de renseignements supplémentaires, prenez contact avec le Service clients:

Email: custserv@iec.ch
Tél: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

Publication numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60000 series. For example, IEC 34-1 is now referred to as IEC 60034-1.

Consolidated editions

The IEC is now publishing consolidated versions of its publications. For example, edition numbers 1.0, 1.1 and 1.2 refer, respectively, to the base publication, the base publication incorporating amendment 1 and the base publication incorporating amendments 1 and 2.

Further information on IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC, thus ensuring that the content reflects current technology. Information relating to this publication, including its validity, is available in the IEC Catalogue of publications (see below) in addition to new editions, amendments and corrigenda. Information on the subjects under consideration and work in progress undertaken by the technical committee which has prepared this publication, as well as the list of publications issued, is also available from the following:

- **IEC Web Site** (www.iec.ch)
- **Catalogue of IEC publications**

The on-line catalogue on the IEC web site (www.iec.ch/searchpub) enables you to search by a variety of criteria including text searches, technical committees and date of publication. On-line information is also available on recently issued publications, withdrawn and replaced publications, as well as corrigenda.

- **IEC Just Published**

This summary of recently issued publications (www.iec.ch/online_news/justpub) is also available by email. Please contact the Customer Service Centre (see below) for further information.

- **Customer Service Centre**

If you have any questions regarding this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre:

Email: custserv@iec.ch
Tel: +41 22 919 02 11
Fax: +41 22 919 03 00

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

61400-1

Troisième édition
Third edition
2005-08

Eoliennes –

**Partie 1:
Exigences de conception**

Wind turbines –

**Part 1:
Design requirements**

© IEC 2007 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.

International Electrotechnical Commission, 3, rue de Varembé, PO Box 131, CH-1211 Geneva 20, Switzerland
Telephone: +41 22 919 02 11 Telefax: +41 22 919 03 00 E-mail: inmail@iec.ch Web: www.iec.ch



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX
PRICE CODE **XC**

*Pour prix, voir catalogue en vigueur
For price, see current catalogue*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS	8
INTRODUCTION	12
1 Domaine d'application	14
2 Références normatives	14
3 Termes et définitions	16
4 Symboles et abréviations	32
4.1 Symboles et unités	32
4.2 Abréviations	36
5 Éléments principaux	38
5.1 Généralités	38
5.2 Méthodes relatives à la conception	38
5.3 Classes de sécurité	38
5.4 Assurance qualité	40
5.5 Marquage des éoliennes	40
6 Conditions externes	40
6.1 Généralités	40
6.2 Classes d'éoliennes	42
6.3 Conditions de vent	44
6.4 Autres conditions d'environnement	60
6.5 Conditions relatives au réseau d'alimentation électrique	64
7 Conception structurelle	64
7.1 Généralités	64
7.2 Méthodologie conceptuelle	66
7.3 Charges	66
7.4 Situations conceptuelles et cas de charge pour la conception	66
7.5 Calculs de charge	78
7.6 Analyse de l'état limite ultime	80
8 Système de commande et de protection	92
8.1 Généralités	92
8.2 Fonctions de commande	94
8.3 Fonctions de protection	94
8.4 Système de freinage	96
9 Systèmes mécaniques	98
9.1 Généralités	98
9.2 Erreurs de montage	98
9.3 Systèmes hydrauliques ou pneumatiques	100
9.4 Multiplicateur de vitesse principal	100
9.5 Système d'orientation	100
9.6 Système de calage	102
9.7 Freins mécaniques pour fonction de protection	102
9.8 Roulements	102

CONTENTS

FOREWORD.....	9
INTRODUCTION.....	13
1 Scope.....	15
2 Normative references.....	15
3 Terms and definitions	17
4 Symbols and abbreviated terms	33
4.1 Symbols and units	33
4.2 Abbreviations.....	37
5 Principal elements	39
5.1 General	39
5.2 Design methods.....	39
5.3 Safety classes	39
5.4 Quality assurance	41
5.5 Wind turbine markings	41
6 External conditions	41
6.1 General	41
6.2 Wind turbine classes	43
6.3 Wind conditions	45
6.4 Other environmental conditions.....	61
6.5 Electrical power network conditions.....	65
7 Structural design.....	65
7.1 General	65
7.2 Design methodology	67
7.3 Loads	67
7.4 Design situations and load cases	67
7.5 Load calculations.....	79
7.6 Ultimate limit state analysis.....	81
8 Control and protection system.....	93
8.1 General	93
8.2 Control functions	95
8.3 Protection functions.....	95
8.4 Braking system	97
9 Mechanical systems.....	99
9.1 General	99
9.2 Errors of fitting.....	99
9.3 Hydraulic or pneumatic systems.....	101
9.4 Main gearbox.....	101
9.5 Yaw system	101
9.6 Pitch system	103
9.7 Protection function mechanical brakes	103
9.8 Rolling bearings.....	103

10	Système électrique	104
10.1	Généralités	104
10.2	Exigences générales pour le système électrique.....	104
10.3	Dispositifs de protection	104
10.4	Dispositifs de déconnexion.....	104
10.5	Système de mise à la terre.....	104
10.6	Protection contre la foudre	106
10.7	Câbles électriques	106
10.8	Auto-excitation.....	106
10.9	Protection contre l'impulsion électromagnétique générée par la foudre	106
10.10	Qualité de puissance.....	106
10.11	Compatibilité électromagnétique	108
11	Evaluation d'une éolienne pour des conditions spécifiques au site	108
11.1	Généralités	108
11.2	Evaluation de la complexité topographique du site.....	108
11.3	Conditions de vent requises pour l'évaluation	110
11.4	Evaluation des effets de sillage provenant d'éoliennes avoisinantes	112
11.5	Evaluation d'autres conditions d'environnement.....	112
11.6	Evaluation des conditions de tremblements de terre	114
11.7	Evaluation des conditions du réseau électrique	116
11.8	Evaluation des conditions du sol	116
11.9	Evaluation de l'intégrité structurelle par référence aux données du vent.....	116
11.10	Evaluation de l'intégrité structurelle par les calculs de charge par rapport aux conditions spécifiques au site	118
12	Assemblage, installation et levage	120
12.1	Généralités	120
12.2	Planification	122
12.3	Conditions d'installation	122
12.4	Accès au site	122
12.5	Conditions d'environnement	122
12.6	Documentation.....	124
12.7	Réception, manutention et stockage.....	124
12.8	Fondations / systèmes d'ancrage	124
12.9	Assemblage de l'éolienne.....	124
12.10	Levage de l'éolienne	124
12.11	Dispositifs de fixation et attaches	124
12.12	Grues, treuils et engins de levage	126
13	Mise en service, fonctionnement et maintenance.....	126
13.1	Généralités.....	126
13.2	Exigences de conception pour le fonctionnement, le contrôle et la maintenance en toute sécurité	126
13.3	Instructions concernant la mise en service	128
13.4	Manuel d'utilisation de l'opérateur	130
13.5	Manuel de maintenance	134

10	Electrical system.....	105
10.1	General	105
10.2	General requirements for the electrical system	105
10.3	Protective devices.....	105
10.4	Disconnect devices	105
10.5	Earth system.....	105
10.6	Lightning protection.....	107
10.7	Electrical cables.....	107
10.8	Self-excitation	107
10.9	Protection against lightning electromagnetic impulse	107
10.10	Power quality	107
10.11	Electromagnetic compatibility	109
11	Assessment of a wind turbine for site-specific conditions.....	109
11.1	General	109
11.2	Assessment of the topographical complexity of the site	109
11.3	Wind conditions required for assessment	111
11.4	Assessment of wake effects from neighbouring wind turbines.....	113
11.5	Assessment of other environmental conditions	113
11.6	Assessment of earthquake conditions	115
11.7	Assessment of electrical network conditions.....	117
11.8	Assessment of soil conditions	117
11.9	Assessment of structural integrity by reference to wind data	117
11.10	Assessment of structural integrity by load calculations with reference to site specific conditions	119
12	Assembly, installation and erection	121
12.1	General	121
12.2	Planning	123
12.3	Installation conditions.....	123
12.4	Site access	123
12.5	Environmental conditions	123
12.6	Documentation.....	125
12.7	Receiving, handling and storage.....	125
12.8	Foundation/anchor systems.....	125
12.9	Assembly of wind turbine	125
12.10	Erection of wind turbine.....	125
12.11	Fasteners and attachments	125
12.12	Cranes, hoists and lifting equipment.....	127
13	Commissioning, operation and maintenance	127
13.1	General	127
13.2	Design requirements for safe operation, inspection and maintenance	127
13.3	Instructions concerning commissioning	129
13.4	Operator's instruction manual.....	131
13.5	Maintenance manual	135

Annexe A (normative) Paramètres de conception destinés à décrire la classe S d'éoliennes	136
Annexe B (informative) Modèles de turbulence	138
Annexe C (informative) Evaluation de la charge sismique	150
Annexe D (informative) Turbulence de sillage et dans le parc éolien	152
Annexe E (informative) Prédiction de distribution du vent pour les sites des éoliennes par des méthodes de mesure-corrélation-prédiction (MCP) (en anglais <i>Measure-Correlate-Predict</i>).....	158
Annexe F (informative) Extrapolation statistique des charges pour l'analyse de la résistance ultime.....	162
Annexe G (informative) Analyse de fatigue à l'aide de la règle de Miner avec extrapolation des charges	168
Bibliographie	178
Figure 1 – Modèle de turbulence normale (NTM)	50
Figure 2 – Exemple de rafale extrême de fonctionnement.....	54
Figure 3 – Exemple d'amplitude de changement de direction extrême.....	56
Figure 4 – Exemple de changement de direction extrême	56
Figure 5 – Exemple d'amplitude de rafale extrême cohérente pour ECD	56
Figure 6 – Changement de direction pour ECD	58
Figure 7 – Exemple de phase transitoire de changement de direction	58
Figure 8 – Exemples de cisaillement vertical extrême du vent positif et négatif, profil du vent avant début de l'événement ($t = 0$, ligne en pointillés) et lors du cisaillement maximal ($t = 6$ s, ligne continue).....	60
Figure 9 – Les exemples de vitesses du vent au niveau des parties supérieure et inférieure du rotor, respectivement, illustrent le cisaillement positif transitoire du vent.....	60
Figure D.1 – Configuration – A l'intérieur d'un parc éolien avec plus de 2 rangées	156
Figure F.1 – Probabilité de dépassement pour la charge de flexion de la pale la plus élevée hors plan en 10 min (normalisée par la charge de flexion moyenne à la vitesse du vent assignée).....	166
Tableau 1 – Paramètres de base pour les classes d'éoliennes.....	44
Tableau 2 – Cas de charge pour la conception	70
Tableau 3 – Facteurs de sécurité partielle des charges γ_f	86
Tableau 4 – Indicateurs de la complexité du terrain	110
Tableau B.1 – Paramètres du spectre de la turbulence pour le modèle de Kaimal	146

Annex A (normative) Design parameters for describing wind turbine class S	137
Annex B (informative) Turbulence models	139
Annex C (informative) Assessment of earthquake loading.....	151
Annex D (informative) Wake and wind farm turbulence	153
Annex E (informative) Prediction of wind distribution for wind turbine sites by measure- correlate-predict (MCP) methods	159
Annex F (informative) Statistical extrapolation of loads for ultimate strength analysis	163
Annex G (informative) Fatigue analysis using Miner's rule with load extrapolation	169
 Bibliography	 179
 Figure 1 – Normal turbulence model (NTM)	 51
Figure 2 – Example of extreme operating gust.....	55
Figure 3 – Example of extreme direction change magnitude	57
Figure 4 – Example of extreme direction change	57
Figure 5 – Example of extreme coherent gust amplitude for ECD.....	57
Figure 6 – Direction change for ECD	59
Figure 7 – Example of direction change transient.....	59
Figure 8 – Examples of extreme positive and negative vertical wind shear, wind profile before onset ($t = 0$, dashed line) and at maximum shear ($t = 6$ s, full line).....	61
Figure 9 – Example of wind speeds at rotor top and bottom, respectively, illustrate the transient positive wind shear	61
Figure D.1 – Configuration – Inside a wind farm with more than 2 rows	157
Figure F.1 – Exceedance probability for largest out-of-plane blade bending load in 10 min (normalized by mean bending load at rated wind speed).....	167
 Table 1 – Basic parameters for wind turbine classes.....	 45
Table 2 – Design load cases	71
Table 3 – Partial safety factors for loads γ_f	87
Table 4 – Terrain complexity indicators	111
Table B.1 – Turbulence spectral parameters for the Kaimal model.....	147

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÉOLIENNES –

Partie 1: Exigences de conception

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (CEI) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de la CEI). La CEI a pour objet de favoriser la coopération internationale pour toutes les questions de normalisation dans les domaines de l'électricité et de l'électronique. A cet effet, la CEI – entre autres activités – publie des Normes internationales, des Spécifications techniques, des Rapports techniques, des Spécifications accessibles au public (PAS) et des Guides (ci-après dénommés "Publication(s) de la CEI"). Leur élaboration est confiée à des comités d'études, aux travaux desquels tout Comité national intéressé par le sujet traité peut participer. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec la CEI, participent également aux travaux. La CEI collabore étroitement avec l'Organisation Internationale de Normalisation (ISO), selon des conditions fixées par accord entre les deux organisations.
- 2) Les décisions ou accords officiels de la CEI concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés, étant donné que les Comités nationaux de la CEI intéressés sont représentés dans chaque comité d'études.
- 3) Les Publications de la CEI se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de la CEI. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que la CEI s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; la CEI ne peut pas être tenue responsable de l'éventuelle mauvaise utilisation ou interprétation qui en est faite par un quelconque utilisateur final.
- 4) Dans le but d'encourager l'uniformité internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de la CEI dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de la CEI et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) La CEI n'a prévu aucune procédure de marquage valant indication d'approbation et n'engage pas sa responsabilité pour les équipements déclarés conformes à une de ses Publications.
- 6) Tous les utilisateurs doivent s'assurer qu'ils sont en possession de la dernière édition de cette publication.
- 7) Aucune responsabilité ne doit être imputée à la CEI, à ses administrateurs, employés, auxiliaires ou mandataires, y compris ses experts particuliers et les membres de ses comités d'études et des Comités nationaux de la CEI, pour tout préjudice causé en cas de dommages corporels et matériels, ou de tout autre dommage de quelque nature que ce soit, directe ou indirecte, ou pour supporter les coûts (y compris les frais de justice) et les dépenses découlant de la publication ou de l'utilisation de cette Publication de la CEI ou de toute autre Publication de la CEI, ou au crédit qui lui est accordé.
- 8) L'attention est attirée sur les références normatives citées dans cette publication. L'utilisation de publications référencées est obligatoire pour une application correcte de la présente publication.
- 9) L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments de la présente Publication de la CEI peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. La CEI ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et de ne pas avoir signalé leur existence.

La Norme internationale CEI 61400-1 a été établie par le comité d'études 88 de la CEI: Eoliennes.

Cette troisième édition annule et remplace la seconde édition, publiée en 1999 dont elle constitue une révision technique.

Les modifications principales par rapport à l'édition précédente sont les suivantes:

- le titre a été modifié en «Exigences de conception» pour montrer que la norme présente des exigences de sécurité plutôt que des exigences pour la sécurité ou la protection du personnel;
- les désignations des classes d'éoliennes ont été ajustées et ne font à présent référence qu'à la vitesse du vent de référence et à la valeur attendue des intensités de turbulence;

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

WIND TURBINES –**Part 1: Design requirements**

FOREWORD

- 1) The International Electrotechnical Commission (IEC) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of IEC is to promote international co-operation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, IEC publishes International Standards, Technical Specifications, Technical Reports, Publicly Available Specifications (PAS) and Guides (hereafter referred to as “IEC Publication(s)”). Their preparation is entrusted to technical committees; any IEC National Committee interested in the subject dealt with may participate in this preparatory work. International, governmental and non-governmental organizations liaising with the IEC also participate in this preparation. IEC collaborates closely with the International Organization for Standardization (ISO) in accordance with conditions determined by agreement between the two organizations.
- 2) The formal decisions or agreements of IEC on technical matters express, as nearly as possible, an international consensus of opinion on the relevant subjects since each technical committee has representation from all interested IEC National Committees.
- 3) IEC Publications have the form of recommendations for international use and are accepted by IEC National Committees in that sense. While all reasonable efforts are made to ensure that the technical content of IEC Publications is accurate, IEC cannot be held responsible for the way in which they are used or for any misinterpretation by any end user.
- 4) In order to promote international uniformity, IEC National Committees undertake to apply IEC Publications transparently to the maximum extent possible in their national and regional publications. Any divergence between any IEC Publication and the corresponding national or regional publication shall be clearly indicated in the latter.
- 5) IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with an IEC Publication.
- 6) All users should ensure that they have the latest edition of this publication.
- 7) No liability shall attach to IEC or its directors, employees, servants or agents including individual experts and members of its technical committees and IEC National Committees for any personal injury, property damage or other damage of any nature whatsoever, whether direct or indirect, or for costs (including legal fees) and expenses arising out of the publication, use of, or reliance upon, this IEC Publication or any other IEC Publications.
- 8) Attention is drawn to the Normative references cited in this publication. Use of the referenced publications is indispensable for the correct application of this publication.
- 9) Attention is drawn to the possibility that some of the elements of this IEC Publication may be the subject of patent rights. IEC shall not be held responsible for identifying any or all such patent rights.

International Standard IEC 61400-1 has been prepared by IEC technical committee 88: Wind turbines.

This third edition cancels and replaces the second edition published in 1999. It constitutes a technical revision.

The main changes with respect to the previous edition are listed below:

- the title has been changed to “Design requirements” in order to reflect that the standard presents safety requirements rather than requirements for safety or protection of personnel;
- wind turbine class designations have been adjusted and now refer to reference wind speed and expected value of turbulence intensities only;