

CONSOLIDATED VERSION

VERSION CONSOLIDÉE



**Wind turbines –
Part 1: Design requirements**

**Eoliennes –
Partie 1: Exigences de conception**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.180

ISBN 978-2-8322-2262-1

**Warning! Make sure that you obtained this publication from an authorized distributor.
Attention! Veuillez vous assurer que vous avez obtenu cette publication via un distributeur agréé.**

REDLINE VERSION

VERSION REDLINE



**Wind turbines –
Part 1: Design requirements**

**Eoliennes –
Partie 1: Exigences de conception**

Withdrawing

CONTENTS

FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
1 Scope	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	9
4 Symbols and abbreviated terms	17
4.1 Symbols and units	17
4.2 Abbreviations	19
5 Principal elements	20
5.1 General	20
5.2 Design methods	20
5.3 Safety classes	20
5.4 Quality assurance	20
5.5 Wind turbine markings	21
6 External conditions	21
6.1 General	21
6.2 Wind turbine classes	21
6.3 Wind conditions	23
6.4 Other environmental conditions	31
6.5 Electrical power network conditions	33
7 Structural design	33
7.1 General	33
7.2 Design methodology	33
7.3 Loads	33
7.4 Design situations and load cases	34
7.5 Load calculations	39
7.6 Ultimate limit state analysis	40
8 Control and protection system	47
8.1 General	47
8.2 Control functions	47
8.3 Protection functions	48
8.4 Braking system	49
9 Mechanical systems	49
9.1 General	49
9.2 Errors of fitting	49
9.3 Hydraulic or pneumatic systems	50
9.4 Main gearbox	50
9.5 Yaw system	50
9.6 Pitch system	51
9.7 Protection function mechanical brakes	51
9.8 Rolling bearings	51
10 Electrical system	52
10.1 General	52

10.2	General requirements for the electrical system.....	52
10.3	Protective devices	52
10.4	Disconnect devices	52
10.5	Earth system	53
10.6	Lightning protection	53
10.7	Electrical cables	53
10.8	Self-excitation	53
10.9	Protection against lightning electromagnetic impulse	53
10.10	Power quality	53
10.11	Electromagnetic compatibility	54
11	Assessment of a wind turbine for site-specific conditions	54
11.1	General.....	54
11.2	Assessment of the topographical complexity of the site	54
11.3	Wind conditions required for assessment.....	55
11.4	Assessment of wake effects from neighbouring wind turbines.....	56
11.5	Assessment of other environmental conditions.....	56
11.6	Assessment of earthquake conditions	57
11.7	Assessment of electrical network conditions	58
11.8	Assessment of soil conditions.....	58
11.9	Assessment of structural integrity by reference to wind data	58
11.10	Assessment of structural integrity by load calculations with reference to site specific conditions	60
12	Assembly, installation and erection.....	60
12.1	General.....	60
12.2	Planning.....	61
12.3	Installation conditions.....	61
12.4	Site access	61
12.5	Environmental conditions.....	61
12.6	Documentation	62
12.7	Receiving, handling and storage.....	62
12.8	Foundation/anchor systems	62
12.9	Assembly of wind turbine.....	62
12.10	Erection of wind turbine	62
12.11	Fasteners and attachments.....	63
12.12	Cranes, hoists and lifting equipment	63
13	Commissioning, operation and maintenance	63
13.1	General.....	63
13.2	Design requirements for safe operation, inspection and maintenance	63
13.3	Instructions concerning commissioning	64
13.4	Operator's instruction manual	65
13.5	Maintenance manual	67

Annex A (normative) Design parameters for describing wind turbine class S.....	68
Annex B (informative) Turbulence models	69
Annex C (informative) Assessment of earthquake loading	74
Annex D (informative) Wake and wind farm turbulence	75
Annex E (informative) Prediction of wind distribution for wind turbine sites by measure-correlate-predict (MCP) methods	78
Annex F (informative) Statistical extrapolation of loads for ultimate strength analysis.....	80
Annex G (informative) Fatigue analysis using Miner’s rule with load extrapolation	92
Annex H (informative) Contemporaneous loads	97
Bibliography	100
Figure 1 – Normal turbulence model (NTM).....	26
Figure 2 – Example of extreme operating gust.....	28
Figure 3 – Example of extreme direction change magnitude	29
Figure 4 – Example of extreme direction change	29
Figure 5 – Example of extreme coherent gust amplitude for ECD.....	29
Figure 6 – Direction change for ECD.....	30
Figure 7 – Example of direction change transient	30
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).....	31
Figure 9 – Example of wind speeds at rotor top and bottom, respectively, illustrate the transient positive wind shear.....	31
Figure D.1 – Configuration Δ Inside a wind farm with more than 2 rows	77
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)
Table 1 – Basic parameters for wind turbine classes	22
Table 2 – Design load cases.....	35
Table 3 – Partial safety factors for loads γ_f	43
Table 4 – Terrain complexity indicators	55
Table 5 – Minimum required safety factor S_H and S_F for the yaw gear system.....	51
Table B.1 – Turbulence spectral parameters for the Kaimal model.....	73
Table D.1 – Number of nearest wind turbine to be considered	76
Table F.1 – Parameters needed to establish binomial-based confidence intervals.....	88
Table F.2 – Short-term load exceedance probabilities as a function of hub-height wind speed for different wind turbine classes for use with the IFORM procedure.....	90
Table H.1 – Extreme loading matrix	97

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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 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.

This Consolidated version of IEC 61400-1 bears the edition number 3.1. It consists of the third edition (2005-08) [documents 88/228/FDIS and 88/232/RVD] and its amendment 1 (2010-10) [documents 88/374/FDIS and 88/378/RVD]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.

In this Redline version, a vertical line in the margin shows where the technical content is modified by amendment 1. Additions and deletions are displayed in red, with deletions being struck through. A separate Final version with all changes accepted is available in this publication.

This publication has been prepared for user convenience.

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

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;
- turbulence models have been expanded and include an extreme turbulence model;
- gust models have been adjusted and simplified;
- design load cases have been rearranged and amended;
- the inclusion of turbulence simulations in the load calculations is emphasised and a scheme for extreme load extrapolation has been specified;
- the partial safety factors for loads have been adjusted and simplified;
- the partial safety factors for materials have been amended and specified in terms of material types and component classes;
- the requirements for the control and protection system have been amended and clarified in terms of functional characteristics;
- a new clause on assessment of structural and electrical compatibility has been introduced with detailed requirements for assessment, including information on complex terrain, earthquakes and wind farm wake effects.

The French version of this standard has not been voted upon.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts of IEC 61400 series, under the general title *Wind turbine generator systems*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendment will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

The contents of the corrigendum of February 2016 have been included in this copy.

IMPORTANT – The 'colour inside' logo on the cover page of this publication indicates that it contains colours which are considered to be useful for the correct understanding of its contents. Users should therefore print this document using a colour printer.

INTRODUCTION

This part of IEC 61400 outlines minimum design requirements for wind turbines and is not intended for use as a complete design specification or instruction manual.

Any of the requirements of this standard may be altered if it can be suitably demonstrated that the safety of the system is not compromised. This provision, however, does not apply to the classification and the associated definitions of external conditions in Clause 6. Compliance with this standard does not relieve any person, organization, or corporation from the responsibility of observing other applicable regulations.

The standard is not intended to give requirements for wind turbines installed offshore, in particular for the support structure. A future document dealing with offshore installations is under consideration.

Withdrawn

WIND TURBINES –

Part 1: Design requirements

1 Scope

This part of IEC 61400 specifies essential design requirements to ensure the engineering integrity of wind turbines. Its purpose is to provide an appropriate level of protection against damage from all hazards during the planned lifetime.

This standard is concerned with all subsystems of wind turbines such as control and protection mechanisms, internal electrical systems, mechanical systems and support structures.

This standard applies to wind turbines of all sizes. For small wind turbines IEC 61400-2 may be applied.

This standard should be used together with the appropriate IEC and ISO standards mentioned in Clause 2.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60204-1:~~1997~~, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements*

IEC 60204-11:~~2000~~, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 11: Requirements for HV equipment for voltages above 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c. and not exceeding 36 kV*

IEC 60364 (all parts), *Low-voltage electrical installations* ~~of buildings~~

IEC 60364-5-54, *Electrical installations of buildings – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors*

IEC 60721-2-1:~~1982~~, *Classification of environmental conditions – Part 2: Environmental conditions appearing in nature. Temperature and humidity*

IEC 61000-6-1:~~1997~~, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-1: Generic standards – ~~Section 1:~~ Immunity for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 61000-6-2:~~1999~~, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – ~~Section 2:~~ Immunity for industrial environments*

IEC 61000-6-4:~~1997~~, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – ~~Section 4:~~ Emission standard for industrial environments*

~~IEC 61024-1:1990, Protection of structures against lightning – Part 1: General principles~~

IEC 61400-1:2005

– 9 –

+ AMD1:2010 CSV © IEC 2014

~~IEC 61312-1:1995, Protection against lightning electromagnetic impulse – Part 1: General principle~~

IEC 61400-2, *Wind turbines – Part 2: Design requirements for small wind turbines*

IEC 61400-21:~~2004~~, *Wind turbines generator systems – Part 21: Measurement and assessment of power quality characteristics of grid connected wind turbines*

IEC 61400-24:~~2002~~, *Wind turbines generator systems – Part 24: Lightning protection*

IEC 62305-3, *Protection against lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazard*

IEC 62305-4, *Protection against lightning – Part 4: Electrical and electronic systems within structures*

ISO 76:~~1987~~ 2006, *Rolling bearings – Static load ratings*

ISO 281:~~1990~~, *Rolling bearings – Dynamic load ratings and rating life*

ISO 2394:1998, *General principles on reliability for structures*

ISO 2533:1975, *Standard Atmosphere*

ISO 4354:~~1997~~, *Wind actions on structures*

ISO 6336-2 ~~(all parts)~~, *Calculation of load capacity of spur and helical gears – Part 2: Calculation of surface durability (pitting)*

~~ISO 9001:2000, Quality management systems – Requirements~~

ISO 6336-3:2006, *Calculation of load capacity of spur and helical gears – Part 3: Calculation of tooth bending strength*

ISO 81400-4, *Wind turbines – Part 4: Design and specification of gearboxes*

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	105
INTRODUCTION	107
1 Domaine d'application	108
2 Références normatives.....	108
3 Termes et définitions	109
4 Symboles et abréviations.....	118
4.1 Symboles et unités.....	118
4.2 Abréviations.....	120
5 Éléments principaux	120
5.1 Généralités	120
5.2 Méthodes relatives à la conception.....	120
5.3 Classes de sécurité.....	121
5.4 Assurance qualité	121
5.5 Marquage des éoliennes	121
6 Conditions externes.....	122
6.1 Généralités	122
6.2 Classes d'éoliennes	122
6.3 Conditions de vent	124
6.4 Autres conditions d'environnement.....	132
6.5 Conditions relatives au réseau d'alimentation électrique	134
7 Conception structurelle.....	134
7.1 Généralités	134
7.2 Méthodologie conceptuelle.....	135
7.3 Charges.....	135
7.4 Situations conceptuelles et cas de charge pour la conception.....	135
7.5 Calculs de charge	141
7.6 Analyse de l'état limite ultime	142
8 Système de commande et de protection.....	150
8.1 Généralités	150
8.2 Fonctions de commande	151
8.3 Fonctions de protection.....	151
8.4 Système de freinage	152
9 Systèmes mécaniques.....	153
9.1 Généralités	153
9.2 Erreurs de montage	153
9.3 Systèmes hydrauliques ou pneumatiques	153
9.4 Multiplicateur de vitesse principal.....	154
9.5 Système d'orientation.....	154
9.6 Système de calage.....	155
9.7 Freins mécaniques pour fonction de protection.....	155
9.8 Roulements	156
10 Système électrique.....	156
10.1 Généralités	156

10.2	Exigences générales pour le système électrique.....	156
10.3	Dispositifs de protection.....	156
10.4	Dispositifs de déconnexion.....	157
10.5	Système de mise à la terre.....	157
10.6	Protection contre la foudre.....	157
10.7	Câbles électriques.....	157
10.8	Auto-excitation.....	157
10.9	Protection contre l'impulsion électromagnétique générée par la foudre.....	158
10.10	Qualité de puissance.....	158
10.11	Compatibilité électromagnétique.....	158
11	Evaluation d'une éolienne pour des conditions spécifiques au site.....	158
11.1	Généralités.....	158
11.2	Evaluation de la complexité topographique du site.....	159
11.3	Conditions de vent requises pour l'évaluation.....	159
11.4	Evaluation des effets de sillage provenant d'éoliennes avoisinantes.....	160
11.5	Evaluation d'autres conditions d'environnement.....	161
11.6	Evaluation des conditions de tremblements de terre.....	161
11.7	Evaluation des conditions du réseau électrique.....	162
11.8	Evaluation des conditions du sol.....	163
11.9	Evaluation de l'intégrité structurelle par référence aux données du vent.....	163
11.10	Evaluation de l'intégrité structurelle par les calculs de charge par rapport aux conditions spécifiques au site.....	164
12	Assemblage, installation et levage.....	165
12.1	Généralités.....	165
12.2	Planification.....	166
12.3	Conditions d'installation.....	166
12.4	Accès au site.....	166
12.5	Conditions d'environnement.....	166
12.6	Documentation.....	167
12.7	Réception, manutention et stockage.....	167
12.8	Fondations / systèmes d'ancrage.....	167
12.9	Assemblage de l'éolienne.....	167
12.10	Levage de l'éolienne.....	167
12.11	Dispositifs de fixation et attaches.....	167
12.12	Grues, treuils et engins de levage.....	168
13	Mise en service, fonctionnement et maintenance.....	168
13.1	Généralités.....	168
13.2	Exigences de conception pour le fonctionnement, le contrôle et la maintenance en toute sécurité.....	168
13.3	Instructions concernant la mise en service.....	169
13.4	Manuel d'utilisation de l'opérateur.....	170
13.5	Manuel de maintenance.....	172

Annexe A (normative) Paramètres de conception destinés à décrire la classe S d'éoliennes.....	173
Annexe B (informative) Modèles de turbulence.....	174
Annexe C (informative) Evaluation de la charge sismique.....	180
Annexe D (informative) Turbulence de sillage et dans le parc éolien.....	181
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-Relate-Predict</i>).....	184
Annexe F (informative) Extrapolation statistique des charges pour l'analyse de la résistance ultime.....	186
Annexe G (informative) Analyse de fatigue à l'aide de la règle de Miner avec extrapolation des charges.....	199
Annexe H (informative) Charges simultanées.....	204
Bibliographie.....	207
Figure 1 – Modèle de turbulence normale (NTM).....	127
Figure 2 – Exemple de rafale extrême de fonctionnement.....	129
Figure 3 – Exemple d'amplitude de changement de direction extrême.....	130
Figure 4 – Exemple de changement de direction extrême.....	130
Figure 5 – Exemple d'amplitude de rafale extrême cohérente pour ECD.....	130
Figure 6 – Changement de direction pour ECD.....	131
Figure 7 – Exemple de phase transitoire de changement de direction.....	131
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).....	132
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.....	132
Figure D.1 – Configuration – A l'intérieur d'un parc éolien avec plus de 2 rangées.....	183
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).....
Tableau 1 – Paramètres de base pour les classes d'éoliennes.....	123
Tableau 2 – Cas de charge pour la conception.....	137
Tableau 3 – Facteurs de sécurité partielle des charges γ_f	146
Tableau 4 – Indicateurs de la complexité du terrain.....	159
Tableau 5 – Facteur de sécurité minimale requis S_H et S_F pour le système d'orientation à engrenage.....	155
Tableau B.1 – Paramètres du spectre de la turbulence pour le modèle de Kaimal.....	178
Tableau D.1 – Nombre d'éoliennes les plus proches à prendre en considération.....	182
Tableau F.1 – Paramètres nécessaires pour définir des intervalles de confiance basés sur la distribution binomiale.....	195
Tableau F.2 – Probabilités de dépassement de la charge à court terme en fonction de la vitesse du vent à hauteur du moyeu pour différentes classes d'éoliennes à utiliser avec la procédure IFORM.....	197
Tableau H.1 – Matrice de charge extrême.....	204

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÉOLIENNES –

Partie 1: Exigences de conception

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés (étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études).
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

Cette version consolidée de l'IEC 61400-1 porte le numéro d'édition 3.1. Elle comprend la troisième édition (2005-08) [documents 88/228/FDIS et 88/232/RVD] et son amendement 1 (2010-10) [documents 88/374/FDIS et 88/378/RVD]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à son amendement.

Dans cette version Redline, une ligne verticale dans la marge indique où le contenu technique est modifié par l'amendement 1. Les ajouts et les suppressions apparaissent en rouge, les suppressions étant barrées. Une version Finale avec toutes les modifications acceptées est disponible dans cette publication.

Cette publication a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

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

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;
- les modèles de turbulence ont été étendus et comprennent un modèle de turbulence extrême;
- les modèles de rafale ont été ajustés et simplifiés;
- les cas de charge pour la conception ont été réorganisés et modifiés;
- l'ajout des simulations de turbulence dans les calculs de charge est souligné et un schéma pour l'extrapolation des charges extrêmes a été spécifié;
- les facteurs de sécurité partielle pour les charges ont été ajustés et simplifiés;
- les facteurs de sécurité partielle pour les matériaux ont été modifiés et spécifiés en termes de types de matériaux et de classes de composants;
- les exigences pour le système de commande et de protection ont été modifiées et clarifiées en termes de caractéristiques fonctionnelles;
- un nouvel article sur l'évaluation de la compatibilité structurelle et électrique a été introduit avec des exigences détaillées pour l'évaluation, y compris des informations sur les terrains complexes, les tremblements de terre et les effets de sillage dans les parcs éoliens.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61400, présentées sous le titre général *Aérogénérateurs*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

Le contenu du corrigendum de février 2016 a été pris en considération dans cet exemplaire.

IMPORTANT – Le logo "colour inside" qui se trouve sur la page de couverture de cette publication indique qu'elle contient des couleurs qui sont considérées comme utiles à une bonne compréhension de son contenu. Les utilisateurs devraient, par conséquent, imprimer cette publication en utilisant une imprimante couleur.

INTRODUCTION

Cette partie de l'IEC 61400 expose les exigences minimales de conception des éoliennes et n'est pas conçue pour servir de spécification intégrale de conception ou de manuel d'instruction.

Toute exigence de la présente norme peut être modifiée s'il peut être démontré de manière adéquate que la sécurité du système n'est pas compromise. Cette disposition, cependant, ne s'applique pas à la classification et aux définitions associées des conditions externes de l'Article 6. La conformité à la présente norme ne dégage pas toute personne, organisation ou personne morale de sa responsabilité d'observer d'autres réglementations applicables.

La norme n'est pas destinée à donner des exigences pour les éoliennes installées en pleine mer, en particulier pour la structure de support. Un futur document traitant des installations en pleine mer est à l'étude.

Withdrawal

ÉOLIENNES –

Partie 1: Exigences de conception

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61400 spécifie les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégrité technique des éoliennes. Elle a pour objet de fournir un niveau de protection approprié contre les dommages causés par tous les risques pendant la durée de vie prévue.

La présente norme concerne tous les sous-systèmes des éoliennes tels que les mécanismes de commande et de protection, les systèmes électriques internes, les systèmes mécaniques et les structures de soutien.

La présente norme s'applique aux éoliennes de toutes dimensions. Pour les petites éoliennes, l'IEC 61400-2 peut s'appliquer.

Il convient d'utiliser la présente norme avec les normes IEC et ISO appropriées mentionnées à l'Article 2.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence (y compris les éventuels amendements) s'applique.

IEC 60204-1:~~1997~~, *Sécurité des machines – Équipement électrique des machines – Partie 1: Exigences générales*

IEC 60204-11:~~2000~~, *Sécurité des machines – Équipement électrique des machines – Partie 11: Prescriptions pour les équipements HT fonctionnant à des tensions supérieures à 1 000 V c.a. ou 1 500 V c.c. et ne dépassant pas 36 kV*

IEC 60364 (toutes les parties), *Installations électriques des bâtiments*

IEC 60364-5-54, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-54: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Mises à la terre, conducteurs de protection et conducteurs d'équipotentialité de protection*

IEC 60721-2-1:~~1982~~, *Classification des conditions d'environnement – Partie 2-1: Conditions d'environnement présentes dans la nature – Température et humidité*

IEC 61000-6-1:~~1997~~, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-1: Normes génériques – ~~Section 1: Immunité pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère~~*

IEC 61000-6-2:~~1999~~, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-2: Normes génériques – ~~Section 2: Immunité pour les environnements industriels~~*

IEC 61400-1:2005

– 109 –

+AMD1:2010 © IEC 2014

IEC 61000-6-4:~~1997~~, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-4: Normes génériques – ~~Section 4: Norme sur l'émission pour les environnements industriels~~*

~~IEC 61024-1:1990, Protection des structures contre la foudre – Partie 1: Principes généraux~~

~~IEC 61312-1:1995, Protection contre l'impulsion électromagnétique générée par la foudre – Partie 1: Principes généraux~~

IEC 61400-2, *Aérogénérateurs – Partie 2: Exigences en matière de conception des petits aérogénérateurs*

IEC 61400-21:~~2001~~, *Aérogénérateurs – Partie 21: Mesurage et évaluation des caractéristiques de qualité de puissance des éoliennes connectées au réseau*

IEC 61400-24:~~2002~~, *Aérogénérateurs – Partie 24: Protection contre la foudre*

IEC 62305-3, *Protection contre la foudre – Partie 3: Dommages physiques sur les structures et risques humains*

IEC 62305-4, *Protection contre la foudre – Partie 4: Réseaux de puissance et de communication dans les structures*

ISO 76:~~1987~~ 2006, *Roulements – Charges statiques de base*

ISO 281:~~1990~~, *Roulements – Charges dynamiques de base et durée nominale*

ISO 2394:1998, *Principes généraux de la fiabilité des constructions*

ISO 2533:1975, *Atmosphère type*

ISO 4354:~~1997~~, *Actions du vent sur les structures*

ISO 6336-2 (~~toutes les parties~~), *Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques à dentures droite et hélicoïdale – Partie 2: Calcul de la résistance à la pression de contact (piqûre)*

~~ISO 9001:2000, Systèmes de management de la qualité – Exigences~~

ISO 6336-3:2006, *Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques à dentures droite et hélicoïdale – Partie 3: Calcul de la résistance à la flexion en pied de dent*

ISO 81400-4, *Aérogénérateurs – Partie 4: Conception et spécifications des boîtes de vitesses*

FINAL VERSION

VERSION FINALE

**Wind turbines –
Part 1: Design requirements**

**Eoliennes –
Partie 1: Exigences de conception**

Withdrawn

CONTENTS

FOREWORD	5
INTRODUCTION	7
1 Scope	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	9
4 Symbols and abbreviated terms	17
4.1 Symbols and units	17
4.2 Abbreviations	19
5 Principal elements	19
5.1 General	19
5.2 Design methods	20
5.3 Safety classes	20
5.4 Quality assurance	20
5.5 Wind turbine markings	20
6 External conditions	21
6.1 General	21
6.2 Wind turbine classes	21
6.3 Wind conditions	22
6.4 Other environmental conditions	30
6.5 Electrical power network conditions	32
7 Structural design	32
7.1 General	32
7.2 Design methodology	32
7.3 Loads	32
7.4 Design situations and load cases	33
7.5 Load calculations	38
7.6 Ultimate limit state analysis	39
8 Control and protection system	46
8.1 General	46
8.2 Control functions	46
8.3 Protection functions	46
8.4 Braking system	47
9 Mechanical systems	48
9.1 General	48
9.2 Errors of fitting	48
9.3 Hydraulic or pneumatic systems	48
9.4 Main gearbox	49
9.5 Yaw system	49
9.6 Pitch system	49
9.7 Protection function mechanical brakes	49
9.8 Rolling bearings	50
10 Electrical system	50
10.1 General	50

10.2	General requirements for the electrical system.....	50
10.3	Protective devices	51
10.4	Disconnect devices	51
10.5	Earth system	51
10.6	Lightning protection	51
10.7	Electrical cables	51
10.8	Self-excitation	51
10.9	Protection against lightning electromagnetic impulse	52
10.10	Power quality	52
10.11	Electromagnetic compatibility	52
11	Assessment of a wind turbine for site-specific conditions	52
11.1	General.....	52
11.2	Assessment of the topographical complexity of the site	52
11.3	Wind conditions required for assessment.....	53
11.4	Assessment of wake effects from neighbouring wind turbines.....	54
11.5	Assessment of other environmental conditions.....	54
11.6	Assessment of earthquake conditions	55
11.7	Assessment of electrical network conditions	55
11.8	Assessment of soil conditions.....	56
11.9	Assessment of structural integrity by reference to wind data	56
11.10	Assessment of structural integrity by load calculations with reference to site specific conditions	57
12	Assembly, installation and erection.....	58
12.1	General.....	58
12.2	Planning.....	58
12.3	Installation conditions.....	59
12.4	Site access	59
12.5	Environmental conditions.....	59
12.6	Documentation	59
12.7	Receiving, handling and storage.....	59
12.8	Foundation/anchor systems	60
12.9	Assembly of wind turbine.....	60
12.10	Erection of wind turbine	60
12.11	Fasteners and attachments.....	60
12.12	Cranes, hoists and lifting equipment	60
13	Commissioning, operation and maintenance	61
13.1	General.....	61
13.2	Design requirements for safe operation, inspection and maintenance	61
13.3	Instructions concerning commissioning	62
13.4	Operator's instruction manual	62
13.5	Maintenance manual	64

Annex A (normative) Design parameters for describing wind turbine class S.....	66
Annex B (informative) Turbulence models	67
Annex C (informative) Assessment of earthquake loading	72
Annex D (informative) Wake and wind farm turbulence	73
Annex E (informative) Prediction of wind distribution for wind turbine sites by measure-correlate-predict (MCP) methods	76
Annex F (informative) Statistical extrapolation of loads for ultimate strength analysis.....	78
Annex G (informative) Fatigue analysis using Miner’s rule with load extrapolation	87
Annex H (informative) Contemporaneous loads	92
Bibliography	95
Figure 1 – Normal turbulence model (NTM).....	25
Figure 2 – Example of extreme operating gust.....	27
Figure 3 – Example of extreme direction change magnitude.....	28
Figure 4 – Example of extreme direction change	28
Figure 5 – Example of extreme coherent gust amplitude for ECD.....	28
Figure 6 – Direction change for ECD.....	29
Figure 7 – Example of direction change transient	29
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).....	30
Figure 9 – Example of wind speeds at rotor top and bottom, respectively, illustrate the transient positive wind shear.....	30
Figure D.1 – Configuration Δ Inside a wind farm with more than 2 rows	75
Table 1 – Basic parameters for wind turbine classes	22
Table 2 – Design load cases.....	34
Table 3 – Partial safety factors for loads γ_f	42
Table 4 – Terrain complexity indicators	53
Table 5 – Minimum required safety factor S_H and S_F for the yaw gear system.....	49
Table B.1 – Turbulence spectral parameters for the Kaimal model.....	71
Table D.1 – Number of nearest wind turbine to be considered	74
Table F.1 – Parameters needed to establish binomial-based confidence intervals.....	83
Table F.2 – Short-term load exceedance probabilities as a function of hub-height wind speed for different wind turbine classes for use with the IFORM procedure.....	85
Table H.1 – Extreme loading matrix	92

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 itself does not provide any attestation of conformity. Independent certification bodies provide conformity assessment services and, in some areas, access to IEC marks of conformity. IEC is not responsible for any services carried out by independent certification bodies.
- 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.

This Consolidated version of IEC 61400-1 bears the edition number 3.1. It consists of the third edition (2005-08) [documents 88/228/FDIS and 88/232/RVD] and its amendment 1 (2010-10) [documents 88/374/FDIS and 88/378/RVD]. The technical content is identical to the base edition and its amendment.

This Final version does not show where the technical content is modified by amendment 1. A separate Redline version with all changes highlighted is available in this publication.

This publication has been prepared for user convenience.

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

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;
- turbulence models have been expanded and include an extreme turbulence model;
- gust models have been adjusted and simplified;
- design load cases have been rearranged and amended;
- the inclusion of turbulence simulations in the load calculations is emphasised and a scheme for extreme load extrapolation has been specified;
- the partial safety factors for loads have been adjusted and simplified;
- the partial safety factors for materials have been amended and specified in terms of material types and component classes;
- the requirements for the control and protection system have been amended and clarified in terms of functional characteristics;
- a new clause on assessment of structural and electrical compatibility has been introduced with detailed requirements for assessment, including information on complex terrain, earthquakes and wind farm wake effects.

The French version of this standard has not been voted upon.

This publication has been drafted in accordance with the ISO/IEC Directives, Part 2.

A list of all parts of IEC 61400 series, under the general title *Wind turbine generator systems*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of the base publication and its amendment will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC web site under "<http://webstore.iec.ch>" in the data related to the specific publication. At this date, the publication will be

- reconfirmed,
- withdrawn,
- replaced by a revised edition, or
- amended.

The contents of the corrigendum of February 2016 have been included in this copy.

INTRODUCTION

This part of IEC 61400 outlines minimum design requirements for wind turbines and is not intended for use as a complete design specification or instruction manual.

Any of the requirements of this standard may be altered if it can be suitably demonstrated that the safety of the system is not compromised. This provision, however, does not apply to the classification and the associated definitions of external conditions in Clause 6. Compliance with this standard does not relieve any person, organization, or corporation from the responsibility of observing other applicable regulations.

The standard is not intended to give requirements for wind turbines installed offshore, in particular for the support structure. A future document dealing with offshore installations is under consideration.

Withdrawn

WIND TURBINES –

Part 1: Design requirements

1 Scope

This part of IEC 61400 specifies essential design requirements to ensure the engineering integrity of wind turbines. Its purpose is to provide an appropriate level of protection against damage from all hazards during the planned lifetime.

This standard is concerned with all subsystems of wind turbines such as control and protection mechanisms, internal electrical systems, mechanical systems and support structures.

This standard applies to wind turbines of all sizes. For small wind turbines IEC 61400-2 may be applied.

This standard should be used together with the appropriate IEC and ISO standards mentioned in Clause 2.

2 Normative references

The following referenced documents are indispensable for the application of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

IEC 60204-1, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 1: General requirements*

IEC 60204-11, *Safety of machinery – Electrical equipment of machines – Part 11: Requirements for HV equipment for voltages above 1 000 V a.c. or 1 500 V d.c. and not exceeding 36 kV*

IEC 60364 (all parts), *Low-voltage electrical installations*

IEC 60364-5-54, *Electrical installations of buildings – Part 5-54: Selection and erection of electrical equipment – Earthing arrangements, protective conductors and protective bonding conductors*

IEC 60721-2-1, *Classification of environmental conditions – Part 2: Environmental conditions appearing in nature. Temperature and humidity*

IEC 61000-6-1, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-1: Generic standards – Immunity for residential, commercial and light-industrial environments*

IEC 61000-6-2, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-2: Generic standards – Immunity for industrial environments*

IEC 61000-6-4, *Electromagnetic compatibility (EMC) – Part 6-4: Generic standards – Emission standard for industrial environments*

IEC 61400-2, *Wind turbines – Part 2: Design requirements for small wind turbines*

IEC 61400-1:2005

– 9 –

+ AMD1:2010 CSV © IEC 2014

IEC 61400-21, *Wind turbines – Part 21: Measurement and assessment of power quality characteristics of grid connected wind turbines*

IEC 61400-24, *Wind turbines – Part 24: Lightning protection*

IEC 62305-3, *Protection against lightning – Part 3: Physical damage to structures and life hazard*

IEC 62305-4, *Protection against lightning – Part 4: Electrical and electronic systems within structures*

ISO 76:2006, *Rolling bearings – Static load ratings*

ISO 281, *Rolling bearings – Dynamic load ratings and rating life*

ISO 2394:1998, *General principles on reliability for structures*

ISO 2533:1975, *Standard Atmosphere*

ISO 4354, *Wind actions on structures*

ISO 6336-2, *Calculation of load capacity of spur and helical gears – Part 2: Calculation of surface durability (pitting)*

ISO 6336-3:2006, *Calculation of load capacity of spur and helical gears – Part 3: Calculation of tooth bending strength*

ISO 81400-4, *Wind turbines – Part 4: Design and specification of gearboxes*

Withholding

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	99
INTRODUCTION	101
1 Domaine d'application	102
2 Références normatives.....	102
3 Termes et définitions	103
4 Symboles et abréviations.....	111
4.1 Symboles et unités.....	111
4.2 Abréviations.....	114
5 Éléments principaux	114
5.1 Généralités	114
5.2 Méthodes relatives à la conception.....	114
5.3 Classes de sécurité.....	115
5.4 Assurance qualité	115
5.5 Marquage des éoliennes	115
6 Conditions externes.....	116
6.1 Généralités	116
6.2 Classes d'éoliennes	116
6.3 Conditions de vent	117
6.4 Autres conditions d'environnement.....	125
6.5 Conditions relatives au réseau d'alimentation électrique	127
7 Conception structurelle.....	127
7.1 Généralités	127
7.2 Méthodologie conceptuelle.....	128
7.3 Charges.....	128
7.4 Situations conceptuelles et cas de charge pour la conception.....	128
7.5 Calculs de charge	134
7.6 Analyse de l'état limite ultime	135
8 Système de commande et de protection.....	143
8.1 Généralités	143
8.2 Fonctions de commande	143
8.3 Fonctions de protection.....	144
8.4 Système de freinage	145
9 Systèmes mécaniques.....	145
9.1 Généralités	145
9.2 Erreurs de montage	146
9.3 Systèmes hydrauliques ou pneumatiques	146
9.4 Multiplicateur de vitesse principal.....	146
9.5 Système d'orientation.....	146
9.6 Système de calage.....	147
9.7 Freins mécaniques pour fonction de protection.....	147
9.8 Roulements	148
10 Système électrique.....	148
10.1 Généralités	148

10.2	Exigences générales pour le système électrique.....	148
10.3	Dispositifs de protection.....	149
10.4	Dispositifs de déconnexion.....	149
10.5	Système de mise à la terre.....	149
10.6	Protection contre la foudre.....	149
10.7	Câbles électriques.....	149
10.8	Auto-excitation.....	149
10.9	Protection contre l'impulsion électromagnétique générée par la foudre.....	150
10.10	Qualité de puissance.....	150
10.11	Compatibilité électromagnétique.....	150
11	Evaluation d'une éolienne pour des conditions spécifiques au site.....	150
11.1	Généralités.....	150
11.2	Evaluation de la complexité topographique du site.....	151
11.3	Conditions de vent requises pour l'évaluation.....	151
11.4	Evaluation des effets de sillage provenant d'éoliennes avoisinantes.....	152
11.5	Evaluation d'autres conditions d'environnement.....	153
11.6	Evaluation des conditions de tremblements de terre.....	153
11.7	Evaluation des conditions du réseau électrique.....	154
11.8	Evaluation des conditions du sol.....	155
11.9	Evaluation de l'intégrité structurelle par référence aux données du vent.....	155
11.10	Evaluation de l'intégrité structurelle par les calculs de charge par rapport aux conditions spécifiques au site.....	156
12	Assemblage, installation et levage.....	157
12.1	Généralités.....	157
12.2	Planification.....	157
12.3	Conditions d'installation.....	158
12.4	Accès au site.....	158
12.5	Conditions d'environnement.....	158
12.6	Documentation.....	158
12.7	Réception, manutention et stockage.....	158
12.8	Fondations / systèmes d'ancrage.....	159
12.9	Assemblage de l'éolienne.....	159
12.10	Levage de l'éolienne.....	159
12.11	Dispositifs de fixation et attaches.....	159
12.12	Grues, treuils et engins de levage.....	159
13	Mise en service, fonctionnement et maintenance.....	159
13.1	Généralités.....	159
13.2	Exigences de conception pour le fonctionnement, le contrôle et la maintenance en toute sécurité.....	160
13.3	Instructions concernant la mise en service.....	161
13.4	Manuel d'utilisation de l'opérateur.....	161
13.5	Manuel de maintenance.....	163

Annexe A (normative) Paramètres de conception destinés à décrire la classe S d'éoliennes.....	165
Annexe B (informative) Modèles de turbulence.....	166
Annexe C (informative) Evaluation de la charge sismique.....	172
Annexe D (informative) Turbulence de sillage et dans le parc éolien.....	173
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>).....	176
Annexe F (informative) Extrapolation statistique des charges pour l'analyse de la résistance ultime.....	178
Annexe G (informative) Analyse de fatigue à l'aide de la règle de Miner avec extrapolation des charges.....	188
Annexe H (informative) Charges simultanées.....	193
Bibliographie.....	196
Figure 1 – Modèle de turbulence normale (NTM).....	120
Figure 2 – Exemple de rafale extrême de fonctionnement.....	122
Figure 3 – Exemple d'amplitude de changement de direction extrême.....	123
Figure 4 – Exemple de changement de direction extrême.....	123
Figure 5 – Exemple d'amplitude de rafale extrême cohérente pour ECD.....	123
Figure 6 – Changement de direction pour ECD.....	124
Figure 7 – Exemple de phase transitoire de changement de direction.....	124
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).....	125
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.....	125
Figure D.1 – Configuration – A l'intérieur d'un parc éolien avec plus de 2 rangées.....	175
Tableau 1 – Paramètres de base pour les classes d'éoliennes.....	117
Tableau 2 – Cas de charge pour la conception.....	130
Tableau 3 – Facteurs de sécurité partielle des charges γ_f	139
Tableau 4 – Indicateurs de la complexité du terrain.....	151
Tableau 5 – Facteur de sécurité minimale requis S_H et S_F pour le système d'orientation à engrenage.....	147
Tableau B.1 – Paramètres du spectre de la turbulence pour le modèle de Kaimal.....	170
Tableau D.1 – Nombre d'éoliennes les plus proches à prendre en considération.....	174
Tableau F.1 – Paramètres nécessaires pour définir des intervalles de confiance basés sur la distribution binomiale.....	184
Tableau F.2 – Probabilités de dépassement de la charge à court terme en fonction de la vitesse du vent à hauteur du moyeu pour différentes classes d'éoliennes à utiliser avec la procédure IFORM.....	186
Tableau H.1 – Matrice de charge extrême.....	193

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÉOLIENNES –

Partie 1: Exigences de conception

AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est une organisation mondiale de normalisation composée de l'ensemble des comités électrotechniques nationaux (Comités nationaux de l'IEC). L'IEC 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, l'IEC – 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 l'IEC"). 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 l'IEC, participent également aux travaux. L'IEC 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 l'IEC concernant les questions techniques représentent, dans la mesure du possible, un accord international sur les sujets étudiés (étant donné que les Comités nationaux de l'IEC intéressés sont représentés dans chaque comité d'études).
- 3) Les Publications de l'IEC se présentent sous la forme de recommandations internationales et sont agréées comme telles par les Comités nationaux de l'IEC. Tous les efforts raisonnables sont entrepris afin que l'IEC s'assure de l'exactitude du contenu technique de ses publications; l'IEC 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 l'IEC s'engagent, dans toute la mesure possible, à appliquer de façon transparente les Publications de l'IEC dans leurs publications nationales et régionales. Toutes divergences entre toutes Publications de l'IEC et toutes publications nationales ou régionales correspondantes doivent être indiquées en termes clairs dans ces dernières.
- 5) L'IEC elle-même ne fournit aucune attestation de conformité. Des organismes de certification indépendants fournissent des services d'évaluation de conformité et, dans certains secteurs, accèdent aux marques de conformité de l'IEC. L'IEC n'est responsable d'aucun des services effectués par les organismes de certification indépendants.
- 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 l'IEC, 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 l'IEC, 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 l'IEC ou de toute autre Publication de l'IEC, 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 l'IEC peuvent faire l'objet de droits de brevet. L'IEC ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de brevets et de ne pas avoir signalé leur existence.

Cette version consolidée de l'IEC 61400-1 porte le numéro d'édition 3.1. Elle comprend la troisième édition (2005-08) [documents 88/228/FDIS et 88/232/RVD] et son amendement 1 (2010-10) [documents 88/374/FDIS et 88/378/RVD]. Le contenu technique est identique à celui de l'édition de base et à son amendement.

Cette version Finale ne montre pas les modifications apportées au contenu technique par l'amendement 1. Une version Redline montrant toutes les modifications est disponible dans cette publication.

Cette publication a été préparée par commodité pour l'utilisateur.

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

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;
- les modèles de turbulence ont été étendus et comprennent un modèle de turbulence extrême;
- les modèles de rafale ont été ajustés et simplifiés;
- les cas de charge pour la conception ont été réorganisés et modifiés;
- l'ajout des simulations de turbulence dans les calculs de charge est souligné et un schéma pour l'extrapolation des charges extrêmes a été spécifié;
- les facteurs de sécurité partielle pour les charges ont été ajustés et simplifiés;
- les facteurs de sécurité partielle pour les matériaux ont été modifiés et spécifiés en termes de types de matériaux et de classes de composants;
- les exigences pour le système de commande et de protection ont été modifiées et clarifiées en termes de caractéristiques fonctionnelles;
- un nouvel article sur l'évaluation de la compatibilité structurelle et électrique a été introduit avec des exigences détaillées pour l'évaluation, y compris des informations sur les terrains complexes, les tremblements de terre et les effets de sillage dans les parcs éoliens.

La version française de cette norme n'a pas été soumise au vote.

Cette publication a été rédigée selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61400, présentées sous le titre général *Aérogénérateurs*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de la publication de base et de son amendement ne sera pas modifié avant la date de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous "<http://webstore.iec.ch>" dans les données relatives à la publication recherchée. A cette date, la publication sera

- reconduite,
- supprimée,
- remplacée par une édition révisée, ou
- amendée.

Le contenu du corrigendum de février 2016 a été pris en considération dans cet exemplaire.

INTRODUCTION

Cette partie de l'IEC 61400 expose les exigences minimales de conception des éoliennes et n'est pas conçue pour servir de spécification intégrale de conception ou de manuel d'instruction.

Toute exigence de la présente norme peut être modifiée s'il peut être démontré de manière adéquate que la sécurité du système n'est pas compromise. Cette disposition, cependant, ne s'applique pas à la classification et aux définitions associées des conditions externes de l'Article 6. La conformité à la présente norme ne dégage pas toute personne, organisation ou personne morale de sa responsabilité d'observer d'autres réglementations applicables.

La norme n'est pas destinée à donner des exigences pour les éoliennes installées en pleine mer, en particulier pour la structure de support. Un futur document traitant des installations en pleine mer est à l'étude.

Withdrawal

ÉOLIENNES –

Partie 1: Exigences de conception

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61400 spécifie les exigences de conception essentielles pour assurer l'intégrité technique des éoliennes. Elle a pour objet de fournir un niveau de protection approprié contre les dommages causés par tous les risques pendant la durée de vie prévue.

La présente norme concerne tous les sous-systèmes des éoliennes tels que les mécanismes de commande et de protection, les systèmes électriques internes, les systèmes mécaniques et les structures de soutien.

La présente norme s'applique aux éoliennes de toutes dimensions. Pour les petites éoliennes, l'IEC 61400-2 peut s'appliquer.

Il convient d'utiliser la présente norme avec les normes IEC et ISO appropriées mentionnées à l'Article 2.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence (y compris les éventuels amendements) s'applique.

IEC 60204-1, *Sécurité des machines – Équipement électrique des machines – Partie 1: Exigences générales*

IEC 60204-11, *Sécurité des machines – Équipement électrique des machines – Partie 11: Prescriptions pour les équipements HT fonctionnant à des tensions supérieures à 1 000 V c.a. ou 1 500 V c.c. et ne dépassant pas 36 kV*

IEC 60364 (toutes les parties), *Installations électriques des bâtiments*

IEC 60364-5-54, *Installations électriques des bâtiments – Partie 5-54: Choix et mise en œuvre des matériels électriques – Mises à la terre, conducteurs de protection et conducteurs d'équipotentialité de protection*

IEC 60721-2-1, *Classification des conditions d'environnement – Partie 2-1: Conditions d'environnement présentes dans la nature – Température et humidité*

IEC 61000-6-1, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-1: Normes génériques – Immunité pour les environnements résidentiels, commerciaux et de l'industrie légère*

IEC 61000-6-2, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-2: Normes génériques Immunité pour les environnements industriels*

IEC 61400-1:2005

– 103 –

+AMD1:2010 © IEC 2014

IEC 61000-6-4, *Compatibilité électromagnétique (CEM) – Partie 6-4: Normes génériques Norme sur l'émission pour les environnements industriels*

IEC 61400-2, *Aérogénérateurs – Partie 2: Exigences en matière de conception des petits aérogénérateurs*

IEC 61400-21, *Aérogénérateurs – Partie 21: Mesurage et évaluation des caractéristiques de qualité de puissance des éoliennes connectées au réseau*

IEC 61400-24, *Aérogénérateurs – Partie 24: Protection contre la foudre*

IEC 62305-3, *Protection contre la foudre – Partie 3: Dommages physiques sur les structures et risques humains*

IEC 62305-4, *Protection contre la foudre – Partie 4: Réseaux de puissance et de communication dans les structures*

ISO 76:2006, *Roulements – Charges statiques de base*

ISO 281, *Roulements – Charges dynamiques de base et durée nominale*

ISO 2394:1998, *Principes généraux de la fiabilité des constructions*

ISO 2533:1975, *Atmosphère type*

ISO 4354, *Actions du vent sur les structures*

ISO 6336-2, *Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques à dentures droite et hélicoïdale – Partie 2: Calcul de la résistance à la pression de contact (piqûre)*

ISO 6336-3:2006, *Calcul de la capacité de charge des engrenages cylindriques à dentures droite et hélicoïdale – Partie 3: Calcul de la résistance à la flexion en pied de dent*

ISO 81400-4, *Aérogénérateurs – Partie 4: Conception et spécifications des boîtes de vitesses*