

**NORME
INTERNATIONALE
INTERNATIONAL
STANDARD**

**CEI
IEC**

1400-1

Première édition
First edition
1994-12

Aérogénérateurs –

**Partie 1:
Spécifications de sécurité**

Wind turbine generator systems –

**Part 1:
Safety requirements**



Numéro de référence
Reference number
CEI/IEC 1400-1: 1994

Numéros des publications

Depuis le 1er janvier 1997, les publications de la CEI sont numérotées à partir de 60 000.

Publications 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.

Validité de la présente publication

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 la date de reconfirmation de la publication sont disponibles dans le Catalogue de la CEI.

Les renseignements relatifs à des questions à l'étude et des travaux en cours entrepris par le comité technique qui a établi cette publication, ainsi que la liste des publications établies, se trouvent dans les documents ci-dessous:

- «Site web» de la CEI*
- **Catalogue des publications de la CEI**
Publié annuellement et mis à jour régulièrement (Catalogue en ligne)*
- **Bulletin de la CEI**
Disponible à la fois au «site web» de la CEI* et comme périodique imprimé

Terminologie, symboles graphiques et littéraux

En ce qui concerne la terminologie générale, le lecteur se reportera à la CEI 60050: *Vocabulaire Electrotechnique International (VEI)*.

Pour les symboles graphiques, les symboles littéraux et les signes d'usage général approuvés par la CEI, le lecteur consultera la CEI 60027: *Symboles littéraux à utiliser en électrotechnique*, la CEI 60417: *Symboles graphiques utilisables sur le matériel. Index, relevé et compilation des feuilles individuelles*, et la CEI 60617: *Symboles graphiques pour schémas*.

* Voir adresse «site web» sur la page de titre.

Numbering

As from 1 January 1997 all IEC publications are issued with a designation in the 60 000 series.

Consolidated publications

Consolidated versions of some IEC publications including amendments are available. 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.

Validity 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 relating to the date of the reconfirmation of the publication is available in the IEC catalogue.

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 to be found at the following IEC sources:

- **IEC web site***
- **Catalogue of IEC publications**
Published yearly with regular updates (On-line catalogue)*
- **IEC Bulletin**
Available both at the IEC web site* and as a printed periodical

Terminology, graphical and letter symbols

For general terminology, readers are referred to IEC 60050: *International Electrotechnical Vocabulary (IEV)*.

For graphical symbols, and letter symbols and signs approved by the IEC for general use, readers are referred to publications IEC 60027: *Letter symbols to be used in electrical technology*, IEC 60417: *Graphical symbols for use on equipment. Index, survey and compilation of the single sheets* and IEC 60617: *Graphical symbols for diagrams*.

* See web site address on title page.

NORME INTERNATIONALE

**CEI
IEC**

INTERNATIONAL STANDARD

1400-1

Première édition
First edition
1994-12

Aérogénérateurs –

Partie 1: Spécifications de sécurité

Wind turbine generator systems –

Part 1: Safety requirements

© IEC 1994 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
Telefax: +41 22 919 0300

3, rue de Varembeé Geneva, Switzerland
e-mail: inmail@iec.ch IEC web site <http://www.iec.ch>



Commission Electrotechnique Internationale
International Electrotechnical Commission
Международная Электротехническая Комиссия

CODE PRIX XA
PRICE CODE

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

SOMMAIRE

	Pages
AVANT-PROPOS	6
INTRODUCTION	8
Articles	
1 Généralités	10
1.1 Domaine d'application et objet	10
1.2 Références normatives	10
1.3 Définitions	12
1.4 Symboles et unités	24
1.5 Abréviations	26
2 Eléments principaux	28
2.1 Généralités	28
2.2 Méthodes de conception	28
2.3 Catégories de sécurité	28
2.4 Assurance de la qualité	28
3 Conditions externes	30
3.1 Généralités	30
3.2 Catégories d'aérogénérateurs	32
3.3 Conditions de vent	34
3.4 Autres conditions d'environnement	42
3.5 Conditions du réseau électrique	44
3.6 Conditions du sol	46
4 Conception de la structure	48
4.1 Généralités	48
4.2 Méthodologie de conception	48
4.3 Charges	48
4.4 Situations de projet et cas de charge	50
4.5 Calculs de charges	56
4.6 Facteurs partiels de sécurité	58
5 Systèmes de contrôle et de protection	64
5.1 Généralités	64
5.2 Contrôle de l'aérogénérateur	64
5.3 Protection de l'aérogénérateur	64
5.4 Exigences de fonctionnement du système de contrôle et de protection	66
6 Système électrique	68
6.1 Généralités	68
6.2 Stipulations générales pour le système électrique	68
6.3 Sous-système électrique de l'AG	74
6.4 Système de collecte de puissance	76

CONTENTS

	Page
FOREWORD	7
INTRODUCTION	9
 Clause	
1 General	11
1.1 Scope and object	11
1.2 Normative references	11
1.3 Definitions	13
1.4 Symbols and units	25
1.5 Abbreviations	27
2 Principal elements	29
2.1 General	29
2.2 Design methods	29
2.3 Safety classes	29
2.4 Quality assurance	29
3 External conditions	31
3.1 General	31
3.2 WTGS classes	33
3.3 Wind conditions	35
3.4 Other environmental conditions	43
3.5 Electrical network conditions	45
3.6 Soil properties	47
4 Structural design	49
4.1 General	49
4.2 Design methodology	49
4.3 Loads	49
4.4 Design situations and load cases	51
4.5 Load calculations	57
4.6 Partial safety factors	59
5 Control and protection systems	65
5.1 General	65
5.2 Wind turbine control	65
5.3 Wind turbine protection	65
5.4 Functional requirements of the control and protection system	67
6 Electrical system	69
6.1 General	69
6.2 General requirements for the electrical system	69
6.3 WTGS electrical sub-system	75
6.4 Power collection system	77

Articles	Pages
7 Installation, assemblage et montage	78
7.1 Généralités	78
7.2 Plan de travail	78
7.3 Conditions d'installation	80
7.4 Accès au site	80
7.5 Conditions d'environnement	80
7.6 Documentation	80
7.7 Réception, manutention et stockage	80
7.8 Fondations et systèmes d'ancrage	82
7.9 Assemblage des aérogénérateurs	82
7.10 Montage des aérogénérateurs	82
7.11 Attaches et fixations	82
7.12 Grues, palans et équipement de levage	82
7.13 Montage aéroporté	84
7.14 Montage en site marin	84
8 Mise en service, fonctionnement et maintenance	86
8.1 Généralités	86
8.2 Mise en service	86
8.3 Fonctionnement	86
8.4 Inspection et maintenance	90
Tableaux	
1 Paramètres de base par catégorie d'aérogénérateur	32
2 Liste des cas de charge	52
3 Facteurs partiels de sécurité des charges	60
B.1 Paramètres spectraux de turbulence pour le modèle de Kaimal	94
Annexes	
A Paramètres de conception décrivant l'AG de la catégorie S	94
B Modèles stochastiques de turbulence	96
C Description déterministe de la turbulence	100
D Bibliographie	104

Clause	Page
7 Installation, assembly and erection	79
7.1 General	79
7.2 Work plan	79
7.3 Installation conditions	81
7.4 Site access	81
7.5 Environmental conditions	81
7.6 Documentation	81
7.7 Receiving, handling and storage	81
7.8 Foundation/anchor systems	83
7.9 Assembly of WTGS	83
7.10 Erection of WTGS	83
7.11 Fasteners and attachments	83
7.12 Cranes, hoists and lifting equipment	83
7.13 Aircraft erection	85
7.14 Offshore erection	85
8 Commissioning, operation and maintenance	87
8.1 General	87
8.2 Commissioning	87
8.3 Operations	87
8.4 Inspection and maintenance	91
Tables	
1 Basic parameters for wind turbine classes	33
2 List of load cases	53
3 Partial safety factors for loads	61
B.1 Turbulence spectral parameters for the Kaimal model	95
Annexes	
A Design parameters for describing class S WTGS	95
B Stochastic turbulence models	97
C Deterministic turbulence description	101
D Bibliography	105

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

AÉROGÉNÉRATEURS -

Partie 1: Spécifications de sécurité

AVANT-PROPOS

- 1) La CEI (Commission Electrotechnique Internationale) 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. 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 en ce qui concerne les questions techniques, préparés par les comités d'études 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.
- 3) Ces décisions constituent des recommandations internationales publiées sous forme de normes, de rapports techniques ou de guides et agréées comme telles par les Comités nationaux.
- 4) Dans le but d'encourager l'unification internationale, les Comités nationaux de la CEI s'engagent à appliquer de façon transparente, dans toute la mesure possible, les Normes internationales de la CEI dans leurs normes nationales et régionales. Toute divergence entre la norme de la CEI et la norme nationale ou régionale correspondante doit être indiquée en termes clairs dans cette dernière.
- 5) La CEI n'a fixé aucune procédure concernant le marquage comme indication d'approbation et sa responsabilité n'est pas engagée quand un matériel est déclaré conforme à l'une de ses normes.

La Norme internationale CEI 1400-1 a été établie par le comité d'études 88 de la CEI: Systèmes à turbo-générateurs éoliens.

Le texte de cette norme est issu des documents suivants:

DIS	Rapport de vote
88(BC)5	88(BC)7

Le rapport de vote indiqué dans le tableau ci-dessus donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

Les annexes A, B et C font partie intégrante de cette norme.

L'annexe D est donnée uniquement à titre d'information.

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

WIND TURBINE GENERATOR SYSTEMS –

Part 1: Safety requirements

FOREWORD

- 1) The IEC (International Electrotechnical Commission) is a worldwide organization for standardization comprising all national electrotechnical committees (IEC National Committees). The object of the IEC is to promote international cooperation on all questions concerning standardization in the electrical and electronic fields. To this end and in addition to other activities, the IEC publishes International Standards. 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. The 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 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.
- 3) They have the form of recommendations for international use published in the form of standards, technical reports or guides and they are accepted by the National Committees in that sense.
- 4) In order to promote international unification, IEC National Committees undertake to apply IEC International Standards transparently to the maximum extent possible in their national and regional standards. Any divergence between the IEC Standard and the corresponding national or regional standard shall be clearly indicated in the latter.
- 5) The IEC provides no marking procedure to indicate its approval and cannot be rendered responsible for any equipment declared to be in conformity with one of its standards.

International Standard IEC 1400-1 has been prepared by IEC technical committee 88: Wind turbine generator systems.

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

DIS	Report on voting
88(CO)5	88(CO)7

Full information on the voting for the approval of this standard can be found in the report on voting indicated in the above table.

Annexes A, B and C form an integral part of this standard.

Annex D is for information only.

INTRODUCTION

La présente partie de la CEI 1400 définit les prescriptions minimales de sécurité pour les aérogénérateurs et ne prétend pas être un manuel exhaustif d'instructions ou de spécifications de conception.

Les dérogations aux prescriptions de la présente norme sont autorisées à condition d'apporter la preuve que la sécurité du système n'est pas compromise suite à de telles dérogations. Toutefois aucune dérogation aux prescriptions de l'article 3 n'est admise.

La conformité à cette norme ne décharge aucune personne, organisation ou société de la responsabilité de satisfaire à tout autre règlement applicable.

Withdrawn

INTRODUCTION

This part of IEC 1400 outlines minimum safety requirements for wind turbine generator systems and is not intended for use as a complete design specification or instruction manual.

Any of the requirements of this standard may be waived if it can be suitably demonstrated that the safety of the system is not compromised. Nevertheless, this waiver does not apply to clause 3.

Compliance with this standard does not relieve any person, organization, or corporation of the responsibility of observing other applicable regulations.

Withdrawn

AÉROGÉNÉRATEURS –

Partie 1: Spécifications de sécurité

1 Généralités

1.1 Domaine d'application et objet

La présente partie de la CEI 1400 traite de la philosophie relative à la sécurité, à l'assurance de la qualité et à l'intégrité de l'ingénierie, et elle spécifie les prescriptions relatives à la sécurité des aérogénérateurs (AG), comprenant leur conception, leur installation et leur maintenance, ainsi que leur exploitation dans des conditions spécifiques d'environnement. Le but de cette norme est de fixer un niveau approprié de protection contre les risques et dommages que ces systèmes pourraient causer pendant leur durée de vie.

Cette norme s'applique aux AG ayant une surface balayée égale ou supérieure à 40 m². Elle s'applique également à tous les sous-systèmes des AG tels que les mécanismes de contrôle et protection, les circuits électriques internes, les systèmes mécaniques, les structures de support, les fondations et les équipements d'interconnexion électrique.

Il convient d'utiliser cette norme en relation avec les normes CEI/ISO appropriées.

1.2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des dispositions qui, par suite de la référence qui y est faite, constituent des dispositions valables pour la présente partie de la CEI 1400. Au moment de la publication, les éditions indiquées étaient en vigueur. Tout document normatif est sujet à révision et les parties prenantes aux accords fondés sur la présente partie de la CEI 1400 sont invitées à rechercher la possibilité d'appliquer les éditions les plus récentes des documents normatifs indiqués ci-après. Les membres de la CEI et de l'ISO possèdent le registre des Normes internationales en vigueur.

CEI 38: 1983, *Tensions normales de la CEI*

CEI 227: *Conducteurs et câbles isolés au polychlorure de vinyle, de tension nominale au plus égale à 450/750 V*

CEI 245: *Conducteurs et câbles isolés au caoutchouc, de tension nominale au plus égale à 450/750 V*

CEI 287: 1982, *Calcul du courant admissible dans les câbles en régime permanent (facteur de charge 100 %)*

CEI 364: *Installations électriques des bâtiments*

CEI 364-5-54: 1980, *Installations électriques des bâtiments – Cinquième partie: Choix et mise en oeuvre des matériels électriques – Chapitre 54: Mises à la terre et conducteurs de protection*

CEI 529: 1989, *Degrés de protection procurés par les enveloppes (Code IP)*

WIND TURBINE GENERATOR SYSTEMS –

Part 1: Safety requirements

1 General

1.1 Scope and object

This part of IEC 1400 deals with safety philosophy, quality assurance and engineering integrity, and specifies requirements for the safety of wind turbine generator systems (WTGS), including design, installation, maintenance, and operation under specified environmental conditions. Its purpose is to provide the appropriate level of protection against damage from all hazards from these systems during their planned lifetime.

This standard applies to WTGS with swept area equal to or larger than 40 m². This standard is also concerned with all sub-systems of WTGS such as control and protection mechanisms, internal electrical systems, mechanical systems, support structures, foundations and the electrical interconnection equipment.

This standard should be used together with the appropriate IEC/ISO standards.

1.2 Normative references

The following normative documents contain provisions which, through reference in this text, constitute provisions of this part of IEC 1400. At the time of publication, the editions indicated were valid. All normative documents are subject to revision, and parties to agreements based on this part of IEC 1400 are encouraged to investigate the possibility of applying the most recent editions of the normative documents indicated below. Members of IEC and ISO maintain registers of currently valid International Standards.

IEC 38: 1983, *IEC standard voltages*

IEC 227: *Polyvinyl chloride insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V*

IEC 245: *Rubber insulated cables of rated voltages up to and including 450/750 V*

IEC 287: 1982, *Calculation of the continuous current rating of cables (100 % load factor)*

IEC 364: *Electrical installations of buildings*

IEC 364-5-54: 1980, *Electrical installations of buildings – Part 5: Selection and erection of electrical equipment – Chapter 54: Earthing arrangements and protective conductors*

IEC 529: 1989, *Degrees of protection provided by enclosures (IP Code)*

CEI 721-2-1: 1982, *Classification des conditions d'environnement – Deuxième partie: Conditions d'environnement présentes dans la nature – Température et humidité*

CEI 1000: *Compatibilité électromagnétique (CEM)*

CEI 1024-1: 1990, *Protection des structures contre la foudre – Première partie: Principes généraux*

ISO 2394: 1986, *Principes généraux de la fiabilité des constructions*

ISO 9001: 1987, *Systèmes qualité – Modèle pour l'assurance de la qualité en conception / développement, production, installation et soutien après la vente*

ISO 9002: 1987, *Systèmes qualité – Modèle pour l'assurance de la qualité en production et installation*

ISO 9003: 1987, *Systèmes qualité – Modèle pour l'assurance de la qualité en contrôle et essais finals*

1.3 Définitions

Pour les besoins de la présente partie de la CEI 1400, les définitions suivantes s'appliquent.

1.3.1 moyenne annuelle: Valeur moyenne d'un ensemble de données mesurées de taille et durée suffisantes pour servir d'estimation de la valeur attendue d'une quantité.

NOTE – Il convient que la durée soit d'une ou de plusieurs années entières afin d'éliminer les effets non stationnaires tels que les saisons.

1.3.2 moyenne annuelle de la vitesse du vent: Vitesse moyenne du vent en conformité avec la définition de la moyenne annuelle.

1.3.3 blocage (aérogénérateurs): Utilisation d'un goujon, broche ou autre mécanisme pour empêcher le mouvement, par exemple, de l'arbre du rotor ou du dispositif d'orientation.

1.3.4 frein (aérogénérateurs): Mécanisme capable de réduire la vitesse du rotor ou d'arrêter la rotation.

1.3.5 panne catastrophique (aérogénérateurs): Bris ou effondrement d'un composant ou structure, qui entraîne une perte de fonction vitale, avec des conséquences pour la sécurité.

1.3.6 système de contrôle (aérogénérateurs): Sous-système qui reçoit des informations afférentes à l'état de la turbine et/ou son environnement et qui régule la turbine afin de la maintenir dans ses paramètres de fonctionnement.

1.3.7 vitesse de démarrage (V_{in}): Vitesse du vent la plus basse à la hauteur du moyeu à partir de laquelle la turbine éolienne commence à fournir une puissance utile à l'arbre (voir hauteur du moyeu).

1.3.8 vitesse de coupure (V_{out}): Vitesse maximale du vent à la hauteur du moyeu acceptée par une turbine spécifique pour la fourniture de puissance utilisable (voir hauteur du moyeu).

IEC 721-2-1 1982, *Classification of environmental conditions – Part 2: Environmental conditions appearing in nature – Temperature and humidity*

IEC 1000: *Electromagnetic compatibility (EMC)*

IEC 1024-1: 1990, *Protection of structures against lightning – Part 1: General principles*

ISO 2394: 1986, *General principles on reliability for structures*

ISO 9001: 1987, *Quality systems – Model for quality assurance in design/development, production, installation and servicing*

ISO 9002: 1987, *Quality systems – Model for quality assurance in production and installation*

ISO 9003: 1987, *Quality systems – Model for quality assurance in final inspection and test*

1.3 Definitions

For the purpose of this part of IEC 1400, the following definitions apply.

1.3.1 annual average: Mean value of a set of measured data of sufficient size and duration to serve as an estimate of the expected value of the quantity.

NOTE – The time period should be a whole number of years to average out non-stationary effects such as seasonality.

1.3.2 annual average wind speed: Wind speed averaged according to the definition of annual average.

1.3.3 blocking (wind turbines): Use of a mechanical pin or other device to prevent movement, for instance, of the rotor shaft or yaw mechanism.

1.3.4 brake (wind turbines): Device capable of reducing the rotor speed or stopping rotation.

1.3.5 catastrophic failure (wind turbines): Disintegration or collapse of a component or structure that results in loss of vital function which impairs safety.

1.3.6 control system (wind turbines): Sub-system that receives information about the condition of the wind turbine and/or its environment and adjusts the turbine in order to maintain it within its operating limits.

1.3.7 cut-in wind speed (V_{in}): Lowest wind speed at hub height at which the wind turbine starts to produce useable power (see hub height).

1.3.8 cut-out wind speed (V_{out}): Maximum wind speed at hub height at which the wind turbine is designed to produce useable power (see hub height).

1.3.9 limites de conception: Paramètres maximaux ou minimaux utilisés lors de la conception.

1.3.10 panne latente: Panne d'un composant ou autre élément qui n'est pas décelable pendant les conditions normales de fonctionnement.

1.3.11 sous le vent: Dans la direction principale du vent.

1.3.12 réseau électrique: Installations, sous-stations, lignes ou câbles pour la transmission et la distribution de l'électricité.

NOTE – Les limites des parties différentes de ce réseau sont données par des critères appropriés telles que situation géographique, propriété, tension, etc.

1.3.13 arrêt d'urgence (aérogénérateurs): Arrêt automatique de la turbine provoqué par le dispositif de protection ou par intervention manuelle.

1.3.14 conditions de l'environnement: Caractéristiques de l'environnement (altitude, température, humidité, etc.) qui peuvent influencer la performance.

1.3.15 conditions externes (aérogénérateurs): Facteurs ayant une influence sur le fonctionnement d'une turbine, y compris les régimes de vent et d'autres facteurs climatiques, par exemple neige, glace, etc.

1.3.16 vitesse de vent extrême: Vitesse moyenne du vent la plus élevée, calculée sur t s, susceptible d'être rencontrée dans une période de T ans (temps de répétition: T ans).

NOTE – Dans cette norme des temps de répétition de $T = 50$ ans et de $T = 1$ an et des temps moyens de $t = 3$ s et $t = 10$ min sont utilisés. En langage courant, on utilise souvent le terme moins précis «vitesse de survie». Toutefois, dans cette norme, l'AG est conçu en utilisant la vitesse extrême du vent pour les hypothèses de charge.

1.3.17 sûreté intégrée: Qualité de conception d'un composant évitant que sa panne présente des conditions dangereuses.

1.3.18 rafale: Variation temporaire de la vitesse du vent, caractérisée par sa durée, son amplitude et son temps de front.

1.3.19 éolienne à axe horizontal: Turbine pourvue d'un rotor dont l'axe est parallèle au vent.

1.3.20 moyeu (de l'aérogénérateur): Élément servant à attacher les pales ou assemblage de pales à l'axe du rotor.

1.3.21 hauteur du moyeu: Hauteur du centre du rotor par rapport au sol. Pour les éoliennes à axe vertical, la hauteur du moyeu est la hauteur du plan équatorial.

1.3.22 au ralenti (aérogénérateurs): Condition d'un aérogénérateur en rotation lente sans production énergétique.

1.3.23 sous-domaine inertiel: Intervalle de fréquence du spectre de la turbulence du vent, où les tourbillons, après avoir atteint l'isotropie, subissent une dispersion avec une dissipation négligeable d'énergie.

NOTE – A une vitesse du vent typique de 10 m/s, le sous-domaine inertiel est environ de 0,02 Hz à 2 kHz.

1.3.9 design limits: Maximum or minimum values used in a design.

1.3.10 dormant failure: Failure of a component or system which remains undetected during normal operation.

1.3.11 downwind: In the main wind direction.

1.3.12 electrical power network: Particular installations, substations, lines or cables for the transmission and distribution of electricity.

NOTE – The boundaries of the different parts of this network are defined by appropriate criteria, such as geographical situation, ownership, voltage, etc.

1.3.13 emergency shutdown (wind turbines): Rapid shutdown of the wind turbine triggered by a protection system or by manual intervention.

1.3.14 environmental conditions: Those characteristics of the environment (altitude, temperature, humidity, etc.) which may affect performance.

1.3.15 external conditions (wind turbines): Factors affecting the operation of wind turbine including the wind regime and other climatic factors, i.e. snow, ice etc.

1.3.16 extreme wind speed: Highest average wind speed, averaged over t s, that is likely to be experienced within a specified time period of T years (recurrence period: T years).

NOTE – In this standard recurrence periods of $T = 50$ years and $T = 1$ year and averaging times of $t = 3$ s and $t = 10$ min are used. In popular language the less precise term "survival wind speed" is often used. In this standard, however, the turbine is designed using the extreme wind speed for design load cases.

1.3.17 fail-safe: Design property of an item which prevents its failures from resulting in critical faults.

1.3.18 gust: Temporary change in the wind speed which may be characterized by its rise-time, its amplitude and its duration.

1.3.19 horizontal axis wind turbine: Wind turbine whose rotor axis is substantially parallel to the wind flow.

1.3.20 hub (wind turbine): Fixture for attaching the blades or blade assembly to the rotor shaft.

1.3.21 hub height: Height of the centre of the wind turbine rotor above the terrain surface. For a vertical axis wind turbine, the hub height is the height of the equator plane.

1.3.22 idling (wind turbines): Condition of a wind turbine generator that is rotating slowly and not producing power.

1.3.23 inertial sub-range: Frequency interval of the wind turbulence spectrum, where eddies, after attaining isotropy, undergo successive break-up with negligible energy dissipation.

NOTE – At a typical 10 m/s wind speed, the inertial sub-range is roughly from 0,02 Hz to 2 kHz.

1.3.24 interconnexion: Liaison simple ou multiple entre réseaux de transport au moyen de lignes et/ou de transformateurs, permettant l'échange d'énergie entre ces réseaux.

NOTE – (aérogénérateurs) La connexion électrique entre l'AG et le réseau permettant le transfert de l'énergie dans les deux sens.

1.3.25 fonctionnement isolé: Exploitation stable et temporaire d'un sous-système de production d'énergie après l'avoir isolé du système principal de production.

1.3.26 état-limite: Etat d'une structure et les charges qui agissent sur elle, au-delà duquel la structure ne satisfait plus aux exigences pour lesquelles elle a été conçue (voir ISO 2394).

NOTE – Le but des calculs de conception (c'est-à-dire l'exigence nominale pour l'état-limite) est de limiter la probabilité qu'un état-limite puisse être atteint au-dessous d'une certaine valeur prescrite pour le type de structure considéré (voir ISO 2394).

1.3.27 loi logarithmique de cisaillement du vent: Voir profil du vent.

1.3.28 puissance maximale (aérogénérateurs): Maximum de la puissance électrique nette produite par un aérogénérateur en conditions normales de fonctionnement.

1.3.29 vitesse moyenne du vent: Valeur moyenne statistique de relevés de la vitesse instantanée du vent, pendant un intervalle de temps déterminé qui peut varier de quelques secondes à plusieurs années.

1.3.30 nacelle: Carter contenant la transmission et d'autres pièces constitutives d'un aérogénérateur, placé au sommet d'un pylône de support d'une éolienne à axe horizontal.

1.3.31 point de connexion au réseau électrique (aérogénérateurs): Accès basse tension au transformateur d'un aérogénérateur, ou point de connexion au circuit électrique commun du site.

1.3.32 frein d'immobilisation (aérogénérateurs): Frein capable d'empêcher le mouvement du rotor.

1.3.33 système de collecte de puissance (aérogénérateurs): Système électrique qui récupère l'énergie produite par un aérogénérateur, et la fournit à un transformateur élévateur de tension du réseau ou à des charges électriques.

1.3.34 loi exponentielle du cisaillement du vent: Voir profil du vent.

1.3.35 puissance de sortie: Puissance fournie par un dispositif sous une forme et dans un but déterminés.

NOTE – (aérogénérateurs) La puissance électrique fournie par un aérogénérateur.

1.3.36 système de protection (aérogénérateurs): Système qui garantit qu'un aérogénérateur en fonctionnement reste à l'intérieur de ses paramètres limites.

1.3.24 Interconnection: Single or multiple transmission link between transmission systems enabling electricity to be exchanged between these systems by means of circuits and/or transformers.

NOTE – (wind turbines) Electrical connection between a wind turbine generator system and a network in which energy can be transferred from the wind turbine to the network and vice versa.

1.3.25 Isolated operation: Stable and temporary operation of a discrete part of a power system after network splitting.

1.3.26 limit state: State of a structure and the loads acting upon it beyond which the structure no longer satisfies the design requirement (see ISO 2394).

NOTE – The purpose of design calculations (i.e. the design requirement for the limit state) is to keep the probability of a limit state being reached below a certain value prescribed for the type of structure in question (see ISO 2394).

1.3.27 logarithmic wind shear law: See wind profile.

1.3.28 maximum power (wind turbines): Highest level of net electrical power delivered by a wind turbine in normal operation.

1.3.29 mean wind speed: Statistical mean of the instantaneous value of the wind speed averaged over a given time period which can vary from a few seconds to many years.

1.3.30 nacelle: Housing which contains the drive-train and other elements on top of a horizontal axis wind turbine tower.

1.3.31 network connection point (wind turbines): Low-voltage tap on the transformer of the wind turbine or the connection point to the electrical bus of the site facilities.

1.3.32 parking brake (wind turbines): Brake capable of preventing rotor movement.

1.3.33 power collection system (wind turbines): Electrical system that collects the power from a wind turbine, and feeds it into a network step-up transformer or into electrical loads.

1.3.34 power law for wind shear: See wind profile.

1.3.35 power output: Power delivered by a device in a specific form and for a specific purpose.

NOTE – (wind turbines) The electric power delivered by a WTGS.

1.3.36 protection system (wind turbines): System which ensures that a WTGS remains within the design limits.

1.3.37 puissance assignée: Quantité de puissance attribuée, en général par un fabricant, à une condition de fonctionnement spécifiée d'un composant, appareil ou dispositif.

NOTE – (aérogénérateurs) Puissance électrique maximale continue fournie par un aérogénérateur selon ses spécifications, et dans des conditions normales de fonctionnement.

1.3.38 vitesse du vent assignée (V_p): Vitesse du vent stipulée à laquelle un aérogénérateur atteint sa puissance assignée.

1.3.39 distribution Rayleigh: Voir 1.3.63.

1.3.40 vitesse du vent de référence (V_{ref}): Paramètre de base de vitesse du vent extrême utilisé pour définir les catégories d'aérogénérateur. D'autres paramètres climatiques de conception sont dérivés de la vitesse du vent de référence et d'autres paramètres de catégorie de base (voir article 3).

NOTE – Un aérogénérateur conçu pour une catégorie d'aérogénérateur, avec une vitesse du vent de référence V_{ref} est dimensionné afin de résister à des climats pour lesquels la valeur moyenne sur 10 min de la vitesse du vent extrême avec un temps de répétition possible de 50 ans à la hauteur du moyeu est inférieure ou égale à V_{ref} .

1.3.41 résonance: Phénomène qui se manifeste dans un système oscillant, dans lequel la période de l'oscillation forcée est très proche de celle de l'oscillation libre.

1.3.42 vitesse du vent échantillonnée en rotation: Vitesse du vent rencontrée dans un point déterminé du rotor tournant.

NOTE – Le spectre de turbulence de la vitesse du vent échantillonnée en rotation est différent du spectre normal de turbulence. Les pales, en tournant, coupent à travers le flux du vent qui varie dans l'espace. Par conséquent, le spectre de turbulence résultant comprendra des quantités significatives de variance prises à la fréquence de rotation et des harmoniques de cette dernière.

1.3.43 vitesse du rotor (aérogénérateurs): Vitesse de rotation du rotor d'un aérogénérateur autour de son axe.

1.3.44 longueur de rugosité: Hauteur extrapolée à laquelle la vitesse moyenne du vent est égale à zéro si le profil vertical du vent varie de manière logarithmique avec sa hauteur.

1.3.45 durée de vie sûre: Durée de vie prescrite avec une probabilité de panne catastrophique déclarée.

1.3.46 maintenance programmée: Maintenance préventive exécutée selon un plan établi.

1.3.47 états limites de service: Conditions par rapport aux limites des exigences d'utilisation normale.

1.3.48 coupure (aérogénérateurs): Etat transitoire d'un aérogénérateur entre la phase de production d'énergie et celle d'un arrêt ou une période au ralenti.

1.3.49 installations électriques du site: Tout l'équipement électrique et sa périphérie nécessaire pour connecter des AG à un réseau de distribution.

1.3.50 arrêt: Etat d'un aérogénérateur immobilisé.

1.3.37 rated power: Quantity of power assigned, generally by a manufacturer, for a specified operating condition of a component, device or equipment.

NOTE – (wind turbines) Maximum continuous electrical power output which a WTGS is designed to achieve under normal operating conditions.

1.3.38 rated wind speed (V_r): Specified wind speed at which a wind turbine's rated power is achieved.

1.3.39 Rayleigh distribution: See 1.3.63.

1.3.40 reference wind speed (V_{ref}): Basic extreme wind speed parameter used for defining wind turbine classes. Other design-related climatic parameters are derived from the reference wind speed and other basic class parameters (see clause 3).

NOTE – A turbine designed for a wind turbine class with a reference wind speed V_{ref} is designed to withstand climates for which the extreme 10 min average wind speed with a recurrence period of 50 years at turbine hub height is lower than or equal to V_{ref} .

1.3.41 resonance: Phenomenon appearing in an oscillating system, in which the period of a forced oscillation is very close to that of free oscillation.

1.3.42 rotationally sampled wind velocity: Wind velocity experienced at a fixed point of the rotating wind turbine rotor.

NOTE – The turbulence spectrum of a rotationally sampled wind velocity is distinctly different from the normal turbulence spectrum. While rotating, the blade cuts through a wind flow that varies in space. Therefore the resulting turbulence spectrum will contain sizeable amounts of variance at the frequency of rotation and harmonics of the same.

1.3.43 rotor speed (wind turbines): Rotational speed of a wind turbine rotor about its axis.

1.3.44 roughness length: Extrapolated height at which the mean wind speed becomes zero if the vertical wind profile is assumed to have a logarithmic variation with height.

1.3.45 safe life: Prescribed service life with a declared probability of catastrophic failure.

1.3.46 scheduled maintenance: Preventive maintenance carried out in accordance with an established time schedule.

1.3.47 serviceability limit states: Conditions relating to the boundaries of normal service criteria.

1.3.48 shutdown (wind turbines): Transitional state of a wind turbine between power production and standstill or idling.

1.3.49 site electrical facilities: All electrical and related equipment required to connect the wind turbines with the network.

1.3.50 standstill: Condition of a WTGS that is stopped.

1.3.51 structure de support (aérogénérateurs): Eléments d'un aérogénérateur composés du pylône de support et des fondations.

1.3.52 vitesse de survie: Appellation courante pour la vitesse maximale du vent qu'une construction peut supporter.

NOTE – Dans cette norme ce terme n'est pas utilisé. A la place, les conditions de conception se reportent à la vitesse du vent extrême (voir 1.3.16).

1.3.53 surface balayée: Surface de la projection du cercle décrit par les extrémités des pales tournantes sur un plan perpendiculaire à la direction du vent.

1.3.54 intensité de turbulence: Ecart type de la vitesse du vent divisée par la vitesse moyenne du vent, quand l'écart type et la vitesse moyenne ont été déterminés à partir d'un même échantillonnage de vitesses de vent mesurées à intervalle spécifié.

1.3.55 paramètre d'échelle de la turbulence: Longueur d'onde où la densité spectrale de puissance adimensionnelle longitudinale $fS_l(f)/\sigma_1^2$, est égale à 0,05.

1.3.56 états limites ultimes: Etat limite correspondant au danger de panne, aux grands déplacements ou déformations comparables à une panne.

1.3.57 maintenance non programmée: Maintenance exécutée, non selon un plan établi, mais après avoir reçu une indication de l'état d'un objet.

1.3.58 au vent: Dans la direction opposée à la direction dominante du vent.

1.3.59 aérogénérateur à axe vertical: Aérogénérateur pourvu d'un rotor dont l'axe est vertical.

1.3.60 distribution Weibull: Voir 1.3.63.

1.3.61 centrale éolienne: Groupe ou groupes d'aérogénérateurs.

1.3.62 profil du vent – loi du cisaillement du vent: Expression mathématique désignant la variation supposée de la vitesse du vent avec la hauteur au-dessus du sol.

NOTE – Les profils usuels sont le profil logarithmique (1) ou le profil de la loi exponentielle (2).

$$V(z) = V(z_r) \cdot \frac{\ln(z/z_0)}{\ln(z_r/z_0)} \quad (1)$$

$$V(z) = V(z_r) \cdot \left(\frac{z}{z_r}\right)^\alpha \quad (2)$$

où

V est la vitesse du vent à la hauteur z ;

z est la hauteur au-dessus du sol;

z_r est la hauteur référence au-dessus du sol pour ajuster le profil;

z_0 est la longueur de rugosité;

α est l'exposant de la loi exponentielle.

1.3.51 support structure (wind turbines): Part of a wind turbine comprising the tower and foundation.

1.3.52 survival wind speed: Popular name for the maximum wind speed that a construction is designed to withstand.

NOTE – In this standard, this expression is not used. Design conditions instead refer to extreme wind speed (see 1.3.16).

1.3.53 swept area: Area of the projection, upon a plane perpendicular to the wind velocity vector, of the circle along which the rotor blade tips move during rotation.

1.3.54 turbulence intensity: Ratio of the wind speed standard deviation to the mean wind speed, determined from the same set of measured data samples of wind speed, and taken over a specified period of time.

1.3.55 turbulence scale parameter: Wave length where the non-dimensional, longitudinal power spectral density, $fS_1(f)/\sigma_1^2$, is equal to 0,05.

1.3.56 ultimate limit state: Limit state corresponding to the danger of failure, large displacements or strain which can be compared with failure.

1.3.57 unscheduled maintenance: Maintenance carried out, not in accordance with an established time schedule, but after reception of an indication regarding the state of an item.

1.3.58 upwind: In the direction opposite to the main wind direction.

1.3.59 vertical axis wind turbine: Wind turbine whose rotor axis is vertical.

1.3.60 Weibull distribution: See 1.3.63.

1.3.61 wind power station: Group or groups of wind turbine generators.

1.3.62 wind profile – wind shear law: Mathematical expression for assumed wind speed variation with height above ground.

NOTE – Commonly used profiles are the logarithmic profile (1) or the power law profile (2).

$$V(z) = V(z_r) \cdot \frac{\ln(z/z_0)}{\ln(z_r/z_0)} \quad (1)$$

$$V(z) = V(z_r) \cdot \left(\frac{z}{z_r}\right)^\alpha \quad (2)$$

where

V is the wind speed at height z ;

z is the height above ground;

z_r is a reference height above ground used for fitting the profile;

z_0 is the roughness length;

α is the power law exponent.

1.3.63 cisaillement du vent: Variation de la vitesse du vent dans le plan normal sur la direction du vent.

1.3.64 exposant de cisaillement du vent: Voir 1.3.62.

1.3.65 vitesse du vent: Dans un point spécifié de l'espace, est la vitesse de déplacement d'une minuscule quantité d'air autour de ce point spécifié.

1.3.66 distribution des vitesses du vent: Fonction de distribution de probabilité, utilisée pour décrire la distribution des vitesses du vent sur une période étendue.

NOTE – Les fonctions de distribution souvent utilisées sont les fonctions Rayleigh, $P_R(V_0)$, et Weibull, $P_W(V_0)$.

$$\begin{aligned} P_R \{V < V_0\} &= 1 - \exp \left[-\pi (V_0/2 V_{\text{moy}})^2 \right] \\ P_W \{V < V_0\} &= 1 - \exp \left[- (V_0/C)^k \right] \end{aligned} \quad (3)$$

$$\text{avec } V_{\text{moy}} = \begin{cases} C \Gamma \left(1 + \frac{1}{k} \right) \\ C \frac{\sqrt{\pi}}{2}, \text{ si } k=2 \end{cases} \quad (4)$$

où

$P(V_0)$ est la fonction cumulative de probabilité;

V_0 est la vitesse du vent (limite);

V_{moy} est la valeur moyenne de V ;

C est le paramètre d'échelle de la fonction Weibull;

k est le paramètre de forme de la fonction Weibull;

Γ est la fonction gamma.

Les paramètres C et k peuvent tous les deux être évalués à partir des données réelles. La fonction de Rayleigh est identique à la fonction Weibull, si $k=2$ est choisi et C et V_{moy} satisfont à la condition stipulée dans l'équation (4) avec $k=2$.

La fonction de distribution exprime la probabilité que la vitesse du vent soit inférieure à V_0 . Ainsi $(P\{V < V_1\} - P\{V < V_2\})$, évalué entre les limites spécifiées V_1 et V_2 , indiquera la fraction de temps où la vitesse du vent est entre ces limites. La différenciation des fonctions de distribution donne les fonctions correspondantes de densité.

1.3.67 aérogénérateur (AG): Système destiné à la conversion de l'énergie cinétique dans le vent en énergie électrique.

1.3.68 vitesse vectorielle du vent: Vecteur pointant dans la direction de déplacement d'une minuscule quantité d'air autour du point considéré.

NOTE – La longueur du vecteur est égale à la vitesse de mouvement de ce paquet d'air (c'est-à-dire la vitesse locale du vent). Or le vecteur à un point quelconque est la dérivée par rapport au temps du vecteur de position de l'air passant par ce point.

1.3.69 régulation d'orientation: Changement de direction de l'axe du rotor autour d'un axe vertical.

1.3.63 wind shear: Variation of wind speed across a plane normal to the wind direction.

1.3.64 wind shear exponent: See 1.3.62.

1.3.65 wind speed: At a specified point in space, the speed of motion of a minute amount of air surrounding the specified point.

1.3.66 wind speed distribution: Probability distribution function, used to describe the distribution of wind speeds over an extended period of time.

NOTE – Often used distribution functions are the Rayleigh, $P_R(V_0)$, and the Weibull, $P_W(V_0)$, functions.

$$\begin{aligned} P_R \{V < V_0\} &= 1 - \exp \left[-\pi (V_0/2 V_{ave})^2 \right] \\ P_W \{V < V_0\} &= 1 - \exp \left[- (V_0/C)^k \right] \end{aligned} \quad (3)$$

$$\text{with } V_{ave} = \begin{cases} C \Gamma \left(1 + \frac{1}{k} \right) \\ C \frac{\sqrt{\pi}}{2}, \text{ if } k=2 \end{cases} \quad (4)$$

where

$P(V_0)$ is the cumulative probability function;

V_0 is the wind speed (limit);

V_{ave} is the average value of V ;

C is the scale parameter of the Weibull function;

k is the shape parameter of the Weibull function;

Γ is the gamma function.

Both C and k can be evaluated from real data. The Rayleigh function is identical to the Weibull function, if $k=2$ is chosen and C and V_{ave} satisfied the condition stated in equation (4) for $k=2$.

The distribution functions express the cumulative probability that the wind speed is lower than V_0 . Thus $(P\{V < V_1\} - P\{V < V_2\})$, if evaluated between the specified limits, V_1 and V_2 will indicate the fraction of time that the wind speed is within these limits. Differentiating the distribution functions yields the corresponding probability density functions.

1.3.67 wind turbine generator system (WTGS): System which converts kinetic energy in the wind into electrical energy.

1.3.68 wind velocity: Vector pointing in the direction of motion of a minute amount of air surrounding the point of consideration.

NOTE – The length of the vector is equal to the speed of motion of this air parcel (i.e. the local wind speed). The vector at any point is thus the time derivative of the position vector of the air parcel moving through the point.

1.3.69 yawing: Rotation of the rotor axis about a vertical axis.

1.4 Symboles et unités

1.4.1	C	paramètre d'échelle de la fonction de distribution de Weibull	[m/s]
1.4.2	D	diamètre du rotor	[m]
1.4.3	f	fréquence	[s ⁻¹]
1.4.4	I_{moy}	moyenne annuelle de l'intensité de turbulence à la hauteur du moyeu	[-]
1.4.5	k	paramètre de forme de la fonction de distribution de Weibull	
1.4.6	$p(V)$	fonction de densité de probabilité	[-]
1.4.7	$P(V)$	distribution de probabilité	[-]
1.4.8	$S_1(f)$	fonction de densité de puissance spectrale	
1.4.9	T	durée des rafales	[s]
1.4.10	t	temps	[s]
1.4.11	V	vitesse du vent	[m/s]
1.4.12	$V(z)$	vitesse du vent à la hauteur z	[m/s]
1.4.13	V_{moy}	vitesse moyenne annuelle du vent à la hauteur du moyeu	[m/s]
1.4.14	V_{rc}	plus importante rafale cohérente sur la surface entière balayée du rotor	[m/s]
1.4.15	V_{e50}	vitesse extrême du vent prévue (sur une durée moyenne de 3 s), avec un temps de répétition possible de 50 ans. Note: Le calcul de la vitesse extrême du vent doit tenir compte de la hauteur au-dessus du sol, du niveau d'exposition attendu, de la rugosité de la surface et du caractère topologique du site prévu	[m/s]
1.4.16	V_{e1}	comme V_{e50} mais avec un temps de répétition possible de 1 an	[m/s]
1.4.17	V_{raf50}	la plus grande amplitude de rafales sur une période de 50 ans qui démarre à moins de 2 m/s de la vitesse du vent préconisée à hauteur du moyeu, et qui a une probabilité de répétition de 50 ans	[m/s]
1.4.18	V_{raf1}	comme V_{raf50} mais avec un temps de répétition possible de 1 an	[m/s]
1.4.19	V_{hub}	vitesse moyenne sur 10 min du vent à hauteur du moyeu	[m/s]
1.4.20	V_{in}	vitesse de démarrage	[m/s]
1.4.21	V_{out}	vitesse de coupure	[m/s]
1.4.22	V_r	vitesse du vent assigné	[m/s]
1.4.23	V_{ref}	vitesse du vent de référence pour la catégorie d'aérogénérateur sélectionnée	[m/s]
1.4.24	$V_1(y,z,t)$	composante longitudinale de la vitesse du vent pour décrire le cisaillement horizontal et vertical du vent	[m/s]
1.4.25	$V_1(z,t)$	composante longitudinale de la vitesse du vent à la hauteur z et pour le temps t	[m/s]
1.4.26	z	hauteur au-dessus du sol	[m]
1.4.27	z_{hub}	hauteur du moyeu de la turbine (mesurée au centre)	[m]

1.4 Symbols and units

1.4.1	C	scale parameter of the Weibull distribution function	[m/s]
1.4.2	D	rotor diameter	[m]
1.4.3	f	frequency	[s ⁻¹]
1.4.4	I_{ave}	annual average turbulence intensity at hub height	[-]
1.4.5	k	shape parameter of the Weibull distribution function	
1.4.6	$p(V)$	probability density function	[-]
1.4.7	$P(V)$	probability distribution	[-]
1.4.8	$S_1(f)$	power spectral density function	
1.4.9	T	gust duration time	[s]
1.4.10	t	time	[s]
1.4.11	V	wind speed	[m/s]
1.4.12	$V(z)$	wind speed at height z	[m/s]
1.4.13	V_{ave}	annual average wind speed at hub height	[m/s]
1.4.14	V_{cg}	maximum coherent gust over the whole rotor swept area	[m/s]
1.4.15	V_{e50}	expected extreme wind speed (averaged over 3 s), with a recurrence time interval of 50 years. Note: The calculation of the extreme wind speed shall consider factors accounting for the height above the terrain, expected level of exposure, terrain roughness, and topographic character at the intended site type	[m/s]
1.4.16	V_{e1}	as V_{e50} , but with a recurrence time interval of 1 year	[m/s]
1.4.17	V_{gust50}	largest 50-year gust magnitude which starts within 2 m/s of a target starting hub-height wind speed and has an expected recurrence time interval equal to 50 years	[m/s]
1.4.18	V_{gust1}	as V_{gust50} , but with a recurrence time interval of 1 year	[m/s]
1.4.19	V_{hub}	10 min average wind speed at hub height	[m/s]
1.4.20	V_{in}	cut-in wind speed	[m/s]
1.4.21	V_{out}	cut-out wind speed	[m/s]
1.4.22	V_r	rated wind speed	[m/s]
1.4.23	V_{ref}	the reference wind speed for the turbine class selected	[m/s]
1.4.24	$V_1(y,z,t)$	longitudinal wind speed component to describe horizontal and vertical wind shear	[m/s]
1.4.25	$V_1(z,t)$	longitudinal wind speed component at height z and time t	[m/s]
1.4.26	z	height above ground	[m]
1.4.27	z_{hub}	hub height (i.e. the height of the centre) of the wind turbine	[m]

1.4.28	z_r	hauteur de référence au-dessus du sol	[m]
1.4.29	z_0	longueur de rugosité pour le calcul du profil logarithmique du vent	[m]
1.4.30	α	exposant de la loi de puissance appliquée au cisaillement du vent	[-]
1.4.31	Γ	fonction gamma	[-]
1.4.32	γ_f	facteur partiel de sécurité des charges	[-]
1.4.33	γ_m	facteur partiel de sécurité des matériaux	[-]
1.4.34	$\theta(t)$	changement temporaire de la direction du vent	[-]
1.4.35	θ_{rc}	l'angle de déviation de la direction de la vitesse moyenne du vent lors des rafales	[°]
1.4.36	θ_{ext}	le plus ample changement de direction du vent au moment où la vitesse moyenne du vent à la hauteur du moyeu est à moins de 2 m/s de la vitesse moyenne préconisée au début du changement transitoire, ayant une probabilité de répétition équivalente à celle utilisée dans des conditions de vitesse de vent extrême	[°]
1.4.37	Λ_l	paramètre d'échelle de turbulence correspondant à la longueur d'onde où la densité d'énergie spectrale longitudinale et adimensionnelle, $fS_l(f)/\sigma_1^2$, est égale à 0,05	[m]
1.4.38	σ_1	écart type de vitesse du vent longitudinale à hauteur du moyeu	[m/s]
1.4.39	σ_2	écart type de vitesse du vent latérale à hauteur du moyeu	[m/s]
1.4.40	σ_3	écart type de vitesse du vent verticale à hauteur du moyeu	[m/s]

1.5 Abréviations

A	Accidentel (pour les facteurs partiels de sécurité)
AG	Aérogénérateur
CA	Courant alternatif
CDC	Cas de charge
CED	Changement extrême de direction
CEV	Cisaillement extrême du vent
CC	Courant continu
EAH	Eolienne à axe horizontal
EAV	Eolienne à axe vertical
F	Fatigue
MVE	Modèle de vitesse du vent extrême
N	Normal et extrême (pour les facteurs partiels de sécurité)
PVN	Modèle de profil du vent normal
R	Fonction résistante de conception
RCE	Rafale cohérente extrême
RCED	Rafale cohérente extrême avec changement de direction
S	Fonction sollicitante de conception
T	Transport et montage (pour les facteurs partiels de sécurité)
TVN	Modèle de turbulence du vent normal
U	Ultime

1.4.28	z_r	reference height above ground	[m]
1.4.29	z_0	roughness length for the logarithmic wind profile	[m]
1.4.30	α	wind shear power law exponent	[-]
1.4.31	Γ	gamma function	[-]
1.4.32	γ_f	partial safety factor for loads	[-]
1.4.33	γ_m	partial safety factor for materials	[-]
1.4.34	$\theta(t)$	wind direction change transient	[-]
1.4.35	θ_{cg}	angle of deviation from the direction of the average wind speed under gust conditions	[°]
1.4.36	θ_{ext}	largest direction change which occurs while the average hub-height wind speed is within 2 m/s of the target hub-height wind speed at the beginning of the transient and has an expected recurrence interval equal to that used for the extreme wind conditions	[°]
1.4.37	Λ_1	turbulence scale parameter defined as the wave length where the non-dimensional, longitudinal power spectral density, $fS_1(f)/\sigma_1^2$, is equal to 0,05	[m]
1.4.38	σ_1	hub-height longitudinal wind speed standard deviation	[m/s]
1.4.39	σ_2	hub-height lateral wind speed standard deviation	[m/s]
1.4.40	σ_3	hub-height vertical wind speed standard deviation	[m/s]

1.5 Abbreviations

A	Accidental (for partial safety factors)
a.c.	Alternating current
d.c.	Direct current
DLC	Design load case
ECD	Extreme coherent gust and direction change
ECG	Extreme coherent gust
EDC	Extreme wind direction change
EOG	Extreme operating gust
EWM	Extreme windspeed model
EWS	Extreme wind shear
F	Fatigue
HAWT	Horizontal axis wind turbine
N	Normal and extreme (for partial safety factors)
NWP	Normal wind profile model
NTM	Normal wind turbulence model
R	Design resistance
S	Design loading
T	Transport and erection (for partial safety factors)
U	Ultimate
VAWT	Vertical axis wind turbine
WTGS	Wind turbine generator system(s)

2 Eléments principaux

2.1 Généralités

L'intégrité de l'ingénierie des systèmes de structure, mécaniques, électriques et de contrôle doit être réalisée en appliquant les prescriptions de cette norme concernant la conception, la fabrication et la gestion de la qualité.

Une combinaison de technologies existantes est utilisée pour l'installation, l'exploitation et la maintenance des aérogénérateurs. Les procédures de sécurité établies pour ces technologies doivent être suivies.

La présente norme s'applique à l'assurance de la qualité pendant la conception et fabrication, et à l'efficacité des procédures d'assemblage, d'installation, de maintenance et d'exploitation.

2.2 Méthodes de conception

La conception d'un aérogénérateur doit être basée sur des valeurs de conception des conditions externes en association avec les situations de projet générant les cas de charge. Tous les cas de charge doivent être analysés pour vérifier l'intégrité de l'ingénierie.

La vérification de l'accomplissement de l'intégrité de l'ingénierie doit être faite par des méthodes de calculs et/ou par des essais. La sélection des conditions d'essai ainsi que les charges d'essai doivent tenir compte du niveau de sécurité approprié.

2.3 Catégories de sécurité

Un aérogénérateur doit être conçu selon une des deux catégories de sécurité suivantes:

- une catégorie de sécurité normale, applicable quand une défaillance risque de mettre en péril des vies humaines, ou d'avoir des conséquences sociales ou économiques;
- une catégorie de sécurité spéciale, applicable quand le niveau de sécurité est imposé par une réglementation locale et/ou déterminé par un accord entre le constructeur et le client.

Les facteurs partiels de sécurité pour les aérogénérateurs de la catégorie de sécurité normale sont précisés en 4.6. Les facteurs partiels de sécurité pour la catégorie de sécurité spéciale doivent être déterminés par un accord entre le constructeur et le client.

2.4 Assurance de la qualité

Les procédures d'assurance de la qualité doivent faire partie intégrante de la conception, de l'approvisionnement, de la fabrication, de l'installation, de l'exploitation et la maintenance des aérogénérateurs et de tous leurs composants.

Il est recommandé que le système d'assurance de la qualité soit conforme aux normes de la série ISO 9000: Normes pour la gestion de la qualité et l'assurance de la qualité.

2 Principal elements

2.1 General

The engineering integrity of the structural, mechanical, electrical and control systems of WTGS shall be achieved by following the requirements of this standard in respect to design, manufacture and quality management.

A combination of existing technologies is used in the installation, operation and maintenance of WTGS. Safety procedures which have been established in those technologies shall be followed.

This standard is concerned with quality assurance during design and manufacture, and with the adequacy of the assembly, installation, maintenance, and operational procedures.

2.2 Design methods

The design of a WTGS shall be based on design values for the external conditions in combination with the relevant design situation for the WTGS, from which the load cases are derived. All relevant load cases shall be analysed with respect to the engineering integrity.

Verification of the achievement of engineering integrity shall be made by calculation and/or by testing. The selection of test conditions, including the test loads, shall take account of the appropriate safety level.

2.3 Safety classes

A WTGS shall be designed according to one of the following two safety classes:

- a normal safety class which applies when a failure results in risk of personal injury or economic and social consequences;
- a special safety class which applies when the safety level is determined by local regulations and/or the safety level is agreed between the manufacturer and the customer.

Partial safety factors, for normal safety class WTGS, are specified in 4.6 of this standard. Partial safety factors for the special safety class have to be agreed upon between the manufacturer and the customer.

2.4 Quality assurance

Quality assurance shall be an integral part of the design, procurement, manufacture, installation, operation and maintenance of WTGS and all its components.

It is recommended that the quality system comply with the requirements of the ISO 9000 series: Quality management and quality assurance standards.

3 Conditions externes

3.1 Généralités

Lors de la conception d'un aérogénérateur il doit être tenu compte des conditions externes décrites dans cet article.

Les AG sont exposés à des conditions d'environnement et des conditions électriques qui peuvent influencer les charges, la durabilité et le fonctionnement. De plus, il faut tenir compte de la qualité du sol du site prévu. Afin de garantir le niveau approprié de sécurité et de fiabilité, la conception doit tenir compte des paramètres d'environnement, électriques et du sol. Les valeurs de conception des conditions externes devront être exposées clairement dans la documentation de conception.

Les conditions externes se divisent en conditions de vent et autres conditions d'environnement. Les conditions électriques sont celles du réseau électrique. Les conditions du sol ont une importance dans la conception des fondations des AG.

Les conditions externes peuvent être subdivisées en conditions normales et conditions extrêmes. Les conditions normales s'appliquent généralement aux conditions à long terme de charges de structure et de fonctionnement, tandis que les conditions extrêmes représentent des conditions de conception externes rares mais potentiellement critiques. Les cas de charge doivent consister en une combinaison des conditions externes précitées et des modes de fonctionnement des AG.

Les conditions externes du site d'installation prévu doivent être déterminées si possible à partir de mesures, de relevés à long terme, ou de normes nationales ou internationales.

Les conditions de vent sont les facteurs principaux affectant l'intégrité des structures. D'autres conditions climatiques peuvent également affecter les critères de conception tels que le fonctionnement du système de contrôle, la solidité, la corrosion, etc.

Les informations suivantes doivent figurer clairement sur la plaque d'identification de l'AG:

- puissance assignée;
- vitesse de référence du vent, V_{ref} ;
- gamme des vitesses du vent de fonctionnement à hauteur du moyeu, de V_{in} à V_{out} ;
- gamme des températures ambiantes de fonctionnement;
- catégorie CEI (selon tableau 1);
- numéro du modèle et de la série.

Les conditions normales et extrêmes nécessaires pour la conception des AG de la catégorie I à IV incluse sont données dans les articles suivants. Les valeurs de conception pour la catégorie spéciale sont choisies par le concepteur et indiquées dans la documentation de conception. Pour de tels cas de conception d'AG, les valeurs choisies doivent être entendues pour indiquer que les AG sont appropriés pour une installation dans les sites où les paramètres avec un temps de répétition de 50 ans sont plus favorables que les conditions de conception.

3 External conditions

3.1 General

The external conditions described in this clause shall be considered in the design of a WTGS.

WTGS are subjected to environmental and electrical conditions which may affect their loading, durability and operation. In addition, account shall be taken of the soil properties of the site where they are located. To ensure the appropriate level of safety and reliability, the environmental, electrical and soil parameters shall be taken into account in the design, and shall be explicitly stated in the design documentation.

The environmental conditions are further divided into wind conditions and other environmental conditions. The electrical conditions refer to the network conditions. Soil properties are relevant to the design of WTGS foundations.

Each type of external condition may be subdivided into a normal and an extreme external condition. The normal external conditions generally concern long-term structural loading and operating conditions, while the extreme external conditions represent the rare but potentially critical external design conditions. The design load cases shall consist of a combination of these external conditions with WTGS operational modes.

The actual external conditions at the intended installation site shall be established where possible through reference to measurements, long-term records or international or national standards.

Wind conditions are the primary external considerations for structural integrity. Other environmental conditions also affect design features such as control system function, durability, corrosion, etc.

The following information shall be prominently displayed on the turbine nameplate:

- rated power;
- reference wind speed, V_{ref} ;
- hub-height operating wind speed range, V_{in} to V_{out} ;
- operating ambient temperature range;
- IEC turbine class (see table 1);
- model and serial number.

The normal and extreme conditions which are required for design in WTGS classes I through IV are prescribed in the following clauses. The design values for the special class are chosen by the designer and specified in the design documentation. For such special WTGS designs, the values chosen shall be understood to indicate that the WTGS is appropriate for installation at sites for which the 50-year recurrence parameters are more benign than the design conditions.