

INTERNATIONAL STANDARD

NORME INTERNATIONALE



**Wind turbines –
Part 23: Full-scale structural testing of rotor blades**

**Éoliennes –
Partie 23: Essais en vraie grandeur des structures des pales de rotor**

INTERNATIONAL
ELECTROTECHNICAL
COMMISSION

COMMISSION
ELECTROTECHNIQUE
INTERNATIONALE

ICS 27.180

ISBN 978-2-8322-4924-6

**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.**

CONTENTS

FOREWORD.....	5
INTRODUCTION.....	7
1 Scope.....	8
2 Normative references	8
3 Terms and definitions	9
4 Notation.....	12
4.1 Symbols.....	12
4.2 Greek symbols.....	12
4.3 Subscripts.....	12
4.4 Coordinate systems	12
5 General principles	13
5.1 Purpose of tests.....	13
5.2 Limit states	14
5.3 Practical constraints	14
5.4 Results of test.....	14
6 Documentation and procedures for test blade.....	15
7 Blade test program and test plans	16
7.1 Areas to be tested.....	16
7.2 Test program	16
7.3 Test plans.....	16
7.3.1 General	16
7.3.2 Blade description.....	16
7.3.3 Loads and conditions.....	17
7.3.4 Instrumentation.....	17
7.3.5 Expected test results	17
8 Load factors for testing.....	17
8.1 General.....	17
8.2 Partial safety factors used in the design.....	17
8.2.1 General	17
8.2.2 Partial factors on materials.....	17
8.2.3 Partial factors for consequences of failure	18
8.2.4 Partial factors on loads.....	18
8.3 Test load factors	18
8.3.1 Blade to blade variation	18
8.3.2 Possible errors in the fatigue formulation.....	18
8.3.3 Environmental conditions.....	19
8.4 Application of load factors to obtain the target load.....	19
9 Test loading and test load evaluation.....	20
9.1 General.....	20
9.2 Influence of load introduction	20
9.3 Static load testing	20
9.4 Fatigue load testing	21
10 Test requirements.....	22
10.1 General.....	22
10.1.1 Test records	22
10.1.2 Instrumentation calibration.....	22

10.1.3	Measurement uncertainties	22
10.1.4	Root fixture and test stand requirements	22
10.1.5	Environmental conditions monitoring	22
10.1.6	Deterministic corrections	23
10.2	Static test	23
10.2.1	General	23
10.2.2	Static load test.....	23
10.2.3	Strain measurement	24
10.2.4	Deflection measurement	24
10.3	Fatigue test.....	24
10.4	Other blade property tests	24
10.4.1	Blade mass and center of gravity	24
10.4.2	Natural frequencies	25
10.4.3	Optional blade property tests	25
11	Test results evaluation.....	25
11.1	General.....	25
11.2	Catastrophic failure.....	25
11.3	Permanent deformation, loss of stiffness or change in other blade properties	26
11.4	Superficial damage	26
11.5	Failure evaluation	26
12	Reporting	26
12.1	General.....	26
12.2	Test report content.....	27
12.3	Evaluation of test in relation to design requirements	27
Annex A (informative) Guidelines for the necessity of renewed static and fatigue testing		28
Annex B (informative) Areas to be tested		29
Annex C (informative) Effects of large deflections and load direction		30
Annex D (informative) Formulation of test load		31
D.1	Static target load.....	31
D.2	Fatigue target load.....	31
D.3	Sequential single-axial, single location.....	34
D.4	Multi axial single location	34
Annex E (informative) Differences between design and test load conditions.....		36
E.1	General.....	36
E.2	Load introduction	36
E.3	Bending moments and shear.....	36
E.4	Flapwise and lead-lag combinations.....	36
E.5	Radial loads.....	37
E.6	Torsion loads	37
E.7	Environmental conditions	37
E.8	Fatigue load spectrum and sequence.....	37
Annex F (informative) Determination of number of load cycles for fatigue tests		38
F.1	General.....	38
F.2	Background	38
F.3	The approach used	38
Bibliography.....		43

Figure 1 – Chordwise (flatwise, edgewise) coordinate system 13

Figure 2 – Rotor (flapwise, lead-lag) coordinate system 13

Figure C.1 – Applied loads effects due to blade deformation and angulation 30

Figure D.1 – Polar plot of the load envelope from a typical blade 31

Figure D.2 – Design FSF 33

Figure D.3 – Area where design FSF is smaller than 1,4 (critical area)..... 33

Figure D.4 – $rFSF$ and critical areas, sequential single-axial test..... 34

Figure D.5 – $rFSF$ and critical area, multi axial test 35

Figure E.1 – Difference of moment distribution for target and actual test load 36

Figure F.1 – Simplified Goodman diagram 39

Figure F.2 – Test load factor γ_{ef} for different number of load cycles in the test 42

Table 1 – Recommended values for γ_{ef} for different number of load cycles 18

Table A.1 – Examples of situations typically requiring or not requiring renewed testing..... 28

Table F.1 – Recommended values for γ_{ef} for different number of load cycles..... 38

Table F.2 – Expanded recommended values for γ_{ef} for different number of load cycles 41

INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

WIND TURBINES –**Part 23: Full-scale structural testing of rotor blades**

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.

International Standard IEC 61400-23 has been prepared by IEC technical committee 88: Wind turbines.

This bilingual version (2019-01) corresponds to the monolingual English version, published in 2014-04.

This first edition cancels and replaces IEC TS 61400-23, published in 2001. It constitutes a technical revision.

This edition includes the following significant technical changes with respect to IEC TS 61400-23:

- a) description of load based testing only;
- b) condensation to describe the general principles and demands.

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

CDV	Report on voting
88/420/CDV	88/448/RVC

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

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 in the IEC 61400 series, published under the general title *Wind turbines*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this publication 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.

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

The blades of a wind turbine rotor are generally regarded as one of the most critical components of the wind turbine system. In this standard, the demands for full-scale structural testing related to certification are defined as well as the interpretation and evaluation of test results.

Specific testing methods or set-ups for testing are not demanded or included as full-scale blade testing methods historically have developed independently in different countries and laboratories.

Furthermore, demands for tests determining blade properties are included in this standard in order to validate some vital design assumptions used as inputs for the design load calculations.

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.

The standard is based on IEC TS 61400-23 published in 2001. Compared to the TS, this standard only describes load based testing and is condensed to describe the general principles and demands.

WIND TURBINES –

Part 23: Full-scale structural testing of rotor blades

1 Scope

This part of IEC 61400 defines the requirements for full-scale structural testing of wind turbine blades and for the interpretation and evaluation of achieved test results. The standard focuses on aspects of testing related to an evaluation of the integrity of the blade, for use by manufacturers and third party investigators.

The following tests are considered in this standard:

- static load tests;
- fatigue tests;
- static load tests after fatigue tests;
- tests determining other blade properties.

The purpose of the tests is to confirm to an acceptable level of probability that the whole population of a blade type fulfils the design assumptions.

It is assumed that the data required to define the parameters of the tests are available and based on the standard for design requirements for wind turbines such as IEC 61400-1 or equivalent. Design loads and blade material data are considered starting points for establishing and evaluating the test loads. The evaluation of the design loads with respect to the actual loads on the wind turbines is outside the scope of this standard.

At the time this standard was written, full-scale tests were carried out on blades of horizontal axis wind turbines. The blades were mostly made of fibre reinforced plastics and wood/epoxy. However, most principles would be applicable to any wind turbine configuration, size and material.

2 Normative references

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

IEC 60050-415:1999, *International Electrotechnical Vocabulary – Part 415: Wind turbine generator systems*

IEC 61400-1:2005, *Wind turbines – Part 1: Design requirements*

ISO/IEC 17025:2005, *General requirements for the competence of testing and calibration laboratories*

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

SOMMAIRE

AVANT-PROPOS.....	47
INTRODUCTION.....	49
1 Domaine d'application	50
2 Références normatives.....	50
3 Termes et définitions	51
4 Notation	54
4.1 Symboles	54
4.2 Symboles grecs.....	54
4.3 Indices	54
4.4 Systèmes de coordonnées	55
5 Principes généraux.....	56
5.1 Objet des essais.....	56
5.2 États limites	57
5.3 Contraintes pratiques	57
5.4 Résultats d'essai.....	58
6 Documentation et procédures applicables à la pale d'essai	58
7 Programme et plans d'essai de la pale	59
7.1 Surfaces à soumettre à l'essai.....	59
7.2 Programme d'essai.....	59
7.3 Plans d'essai	59
7.3.1 Généralités.....	59
7.3.2 Description de la pale.....	59
7.3.3 Charges et conditions.....	60
7.3.4 Instruments	60
7.3.5 Résultats d'essai prévus.....	60
8 Facteurs de charge pour les essais	60
8.1 Généralités.....	60
8.2 Facteurs partiels de sécurité utilisés dans la conception	61
8.2.1 Généralités.....	61
8.2.2 Facteurs partiels pour les matériaux	61
8.2.3 Facteurs partiels pour les conséquences de défaillance	61
8.2.4 Facteurs partiels pour les charges.....	61
8.3 Facteurs de charge d'essai.....	62
8.3.1 Variation entre pales	62
8.3.2 Erreurs possibles dans la formulation de la fatigue.....	62
8.3.3 Conditions ambiantes	62
8.4 Application des facteurs de charge pour obtenir la charge cible.....	63
9 Charge d'essai et évaluation de la charge d'essai.....	63
9.1 Généralités.....	63
9.2 Influence de l'introduction des charges.....	64
9.3 Essais de charge statique	64
9.4 Essais de charge de fatigue	65
10 Exigences d'essai.....	66
10.1 Généralités.....	66
10.1.1 Enregistrements d'essai	66
10.1.2 Étalonnage des instruments	66

10.1.3	Incertitudes de mesure	66
10.1.4	Exigences concernant la fixation des pieds et le banc d'essai.....	67
10.1.5	Surveillance des conditions ambiantes	67
10.1.6	Corrections déterministes	67
10.2	Essai statique.....	68
10.2.1	Généralités.....	68
10.2.2	Essai de charge statique	68
10.2.3	Mesure des déformations	68
10.2.4	Mesure de la déviation	69
10.3	Essai de fatigue	69
10.4	Autres essais de propriétés de la pale.....	69
10.4.1	Masse de la pale et centre de gravité	69
10.4.2	Fréquences propres.....	69
10.4.3	Essais facultatifs de propriétés de la pale.....	69
11	Évaluation des résultats d'essai.....	69
11.1	Généralités.....	69
11.2	Défaillance catastrophique	70
11.3	Déformation permanente, perte de rigidité ou changement des autres propriétés de la pale.....	70
11.4	Domage superficiel.....	70
11.5	Évaluation des défaillances	71
12	Rapport	71
12.1	Généralités.....	71
12.2	Contenu de rapport d'essai.....	71
12.3	Évaluation de l'essai par rapport aux exigences de conception.....	72
Annexe A (informative) Lignes directrices relatives à la nécessité de procéder à de nouveaux essais statiques et de fatigue		73
Annexe B (informative) Surfaces à soumettre à l'essai.....		75
Annexe C (informative) Effets des déviations importantes et de la direction de la charge		76
Annexe D (informative) Formulation de la charge d'essai		78
D.1	Charge cible statique.....	78
D.2	Charge cible de fatigue	79
D.3	Emplacement unique monoaxial séquentiel	81
D.4	Emplacement unique multiaxial	82
Annexe E (informative) Différences entre conditions de charge théorique et conditions de charge d'essai		84
E.1	Généralités.....	84
E.2	Introduction de la charge	84
E.3	Moments de flexion et cisaillement	84
E.4	Combinaisons de charges en battement et en traînée	85
E.5	Charges radiales	85
E.6	Efforts de torsion.....	85
E.7	Conditions ambiantes	86
E.8	Spectre et séquence de charges de fatigue	86
Annexe F (informative) Détermination du nombre de cycles de charge pour les essais de fatigue		87
F.1	Généralités.....	87
F.2	Contexte	87

F.3 Approche utilisée.....	87
Bibliographie.....	92
Figure 1 – Système de coordonnées dans le sens de la corde (dans le sens de la corde et dans le sens de la traînée).....	55
Figure 2 – Système de coordonnées du rotor (dans le sens du battement et dans le sens de la traînée).....	56
Figure C.1 – Effets des charges appliquées dus à la déformation et à l'angulation des pales	76
Figure D.1 – Diagramme polaire de l'enveloppe de charges à partir d'une pale typique.....	78
Figure D.2 – Facteur FSF théorique	80
Figure D.3 – Surface où le facteur FSF théorique est inférieur à 1,4 (surface critique)	81
Figure D.4 – Rapport $rFSF$ et surfaces critiques, essai monoaxial séquentiel	82
Figure D.5 – Rapport $rFSF$ et surface critique, essai multiaxial	83
Figure E.1 – Différence de répartition des moments pour la charge cible et la charge d'essai réelle	85
Tableau F.1 - Valeurs recommandées pour γ_{ef} pour différents nombres de cycles de charge	87
Figure F.1 – Diagramme de Goodman simplifié.....	88
Figure F.2 – Facteur de charge d'essai γ_{ef} pour différents nombres de cycles de charge dans l'essai	91
Tableau 1 - Valeurs recommandées pour γ_{ef} pour différents nombres de cycles de charge	62
Tableau A.1 – Exemples de situations exigeant généralement ou non de procéder à de nouveaux essais	74
Tableau F.2 - Valeurs recommandées étendues pour γ_{ef} pour différents nombres de cycles de charge.....	90

COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

ÉOLIENNES –

Partie 23: Essais en vraie grandeur des structures des pales de rotor

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.

La Norme internationale IEC 61400-23 a été établie par le comité d'études 88 de l'IEC: Éoliennes.

Cette première édition annule et remplace l'IEC TS 61400-23 parue en 2001. Cette édition constitue une révision technique.

Cette édition inclut les modifications techniques majeures suivantes par rapport à l'IECTS 61400-23:

- a) décrit uniquement des essais basés sur des charges;
- b) condensée afin de décrire les principes et demandes ou contraintes d'ordre général.

La présente version bilingue (2019-01) correspond à la version anglaise monolingue publiée en 2014-04.

Le texte anglais de cette norme est issu des documents 88/420/CDV et 88/448/RVC.

Le rapport de vote 88/448/RVC donne toute information sur le vote ayant abouti à l'approbation de cette norme.

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

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2.

Le comité a décidé que le contenu de ce document 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 au document recherché. A cette date, le document sera

- reconduit,
- supprimé,
- remplacé par une édition révisée, ou
- amendé.

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

Les pales du rotor d'une éolienne sont généralement considérées comme l'un des composants les plus critiques du système d'éolienne. La présente norme définit les demandes ou contraintes relatives aux essais en vraie grandeur des structures liés à la certification, de même qu'elle fournit une interprétation et une évaluation des résultats d'essai.

Des méthodes d'essai ou des configurations d'essai spécifiques ne sont pas exigées ni incluses, dans la mesure où les méthodes d'essai en vraie grandeur des pales se sont développées jusqu'à ce jour de manière indépendante dans des pays et des laboratoires différents.

Par ailleurs, les demandes concernant les essais de détermination des propriétés des pales sont incluses dans la présente norme afin de valider certaines hypothèses de calcul essentielles utilisées comme éléments d'entrée des calculs de charges théoriques.

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.

La norme est basée sur l'IEC TS 61400-23 parue en avril 2001. En comparaison avec la spécification technique, la présente norme décrit uniquement des essais basés sur des charges et est condensée afin de décrire les principes et demandes ou contraintes d'ordre général.

ÉOLIENNES –

Partie 23: Essais en vraie grandeur des structures des pales de rotor

1 Domaine d'application

La présente partie de l'IEC 61400 définit les exigences concernant les essais en vraie grandeur des structures des pales d'éolienne, ainsi que l'interprétation et l'évaluation des résultats d'essai obtenus. La norme cible les aspects des essais liés à une évaluation de l'intégrité des pales, et s'adresse aux fabricants et aux chercheurs tiers.

La présente norme prend en considération les essais suivants:

- essais de charge statique;
- essais de fatigue;
- essais de charge statique après essais de fatigue;
- essais déterminant d'autres propriétés des pales.

L'objet des essais est de confirmer à un niveau de probabilité acceptable que tous les modèles d'un type de pale satisfont aux hypothèses de calcul.

Il est supposé que les données exigées pour définir les paramètres des essais existent et sont basées sur la norme relative aux exigences de conception concernant les éoliennes telle que l'IEC 61400-1 ou une norme équivalente. Les charges théoriques et les données concernant les matériaux des pales sont considérées comme des points de départ pour établir et évaluer les charges d'essai. L'évaluation des charges théoriques par rapport aux charges réelles appliquées aux éoliennes ne relève pas du domaine d'application de la présente norme.

Au moment de la rédaction de la présente norme, les essais en vraie grandeur étaient effectués sur les pales d'éoliennes à axe horizontal. Les pales étaient constituées principalement de plastique renforcé de fibre et de bois/résine époxyde. Cependant, la plupart des principes restent applicables à toutes les configurations et tailles d'éolienne, ainsi qu'à tous les matériaux constitutifs de ces éoliennes.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences 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 s'applique (y compris les éventuels amendements).

IEC 60050-415:1999, *Vocabulaire électrotechnique international – Partie 415: Aérogénérateurs*

IEC 61400-1: 2005, *Éoliennes – Partie 1: Exigences de conception*

ISO/IEC 17025:2005, *Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais*

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