



# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



**Wind energy generation systems –  
Part 50-1: Wind measurement – Application of meteorological mast, nacelle and  
spinner mounted instruments**

**Systèmes de génération d'énergie éolienne  
Partie 50-1: Mesurages du vent – Application d'instruments météorologiques  
montés sur mât, nacelle et nez de rotor**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

ICS 27.180

ISBN 978-2-8322-5937-5

**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.....	6
INTRODUCTION.....	8
1 Scope.....	9
2 Normative references .....	9
3 Terms and definitions .....	10
4 Symbols, units and abbreviated terms .....	11
5 General .....	16
6 Classification of cup and sonic anemometry .....	16
6.1 General.....	16
6.2 Classification classes.....	17
6.3 Influence parameter ranges .....	17
6.4 Classification of cup and sonic anemometers.....	17
6.5 Reporting format.....	19
7 Assessment of cup and sonic anemometry .....	19
7.1 General.....	19
7.2 Measurements of anemometer characteristics .....	19
7.2.1 Measurements in a wind tunnel for tilt angular response characteristics of cup anemometers .....	19
7.2.2 Wind tunnel measurements of directional characteristics of cup anemometers.....	21
7.2.3 Wind tunnel measurements of cup anemometer rotor torque characteristics .....	21
7.2.4 Wind tunnel measurements of step responses of cup anemometers .....	22
7.2.5 Measurement of temperature induced effects on anemometer performance .....	23
7.2.6 Wind tunnel measurements of directional characteristics of sonic anemometers.....	24
7.3 A cup anemometer classification method based on wind tunnel and laboratory tests and cup anemometer modelling .....	25
7.3.1 Method .....	25
7.3.2 Example of a cup anemometer model .....	25
7.4 A sonic anemometer classification method based on wind tunnel tests and sonic anemometer modelling.....	32
7.5 Free field comparison measurements.....	32
8 Wind tunnel calibration procedure for anemometers .....	32
8.1 General requirements .....	32
8.2 Requirements for the wind tunnel.....	33
8.3 Instrumentation and calibration setup requirements .....	35
8.4 Calibration procedure.....	35
8.4.1 General procedure for cup and sonic anemometers .....	35
8.4.2 Procedure for the calibration of sonic anemometers.....	36
8.4.3 Determination of the wind speed at the anemometer position .....	36
8.5 Data analysis .....	37
8.6 Uncertainty analysis.....	37
8.7 Reporting format.....	38
8.8 Example uncertainty calculation.....	39

9	In-situ comparison of anemometers .....	42
9.1	General.....	42
9.2	Prerequisite .....	42
9.3	Analysis method .....	42
9.4	Evaluation criteria.....	43
10	Mounting of instruments on the meteorological mast.....	45
10.1	General.....	45
10.2	Single top-mounted anemometer.....	46
10.3	Side-by-side top-mounted anemometers .....	47
10.4	Side-mounted instruments .....	49
10.4.1	General .....	49
10.4.2	Tubular meteorological masts .....	49
10.4.3	Lattice meteorological masts .....	51
10.4.4	Flow distortion correction of side-mounted anemometers.....	56
10.5	Lightning protection .....	56
10.6	Mounting of other meteorological instruments .....	56
10.7	Data acquisition system .....	57
11	Uncertainty of wind speed measurement .....	57
11.1	Category B uncertainties: Wind speed – Introduction .....	57
11.2	Category B uncertainties: Wind speed – Hardware.....	57
11.3	Category B uncertainties: Wind speed – Meteorological mast mounted sensors.....	57
11.3.1	General .....	57
11.3.2	Pre-calibration .....	58
11.3.3	Post-calibration .....	58
11.3.4	Classification .....	58
11.3.5	Mounting .....	59
11.3.6	Lightning finial .....	60
11.3.7	Data acquisition.....	60
11.4	Category B uncertainties: Method – Cold climate .....	60
11.5	Combining uncertainties.....	60
11.5.1	General .....	60
11.5.2	Combining uncertainties in the wind speed measurement ( $u_{V,i}$ ).....	61
11.5.3	Combining uncertainties in the wind speed measurement from cup or sonic anemometer ( $u_{VS,i}$ ) .....	61
12	Reporting.....	61
Annex A (informative)	Wind tunnel calibration procedure for wind direction sensors.....	63
A.1	General requirements .....	63
A.2	Requirements of the wind tunnel .....	63
A.3	Instrumentation and calibration setup requirements .....	64
A.4	Calibration procedure.....	65
A.5	Data analysis .....	66
A.6	Uncertainty analysis.....	66
A.7	Reporting format.....	67
A.8	Example of uncertainty calculation.....	68
A.8.1	General .....	68
A.8.2	Measurement uncertainties generated by determination of the flow direction in the wind tunnel .....	68

A.8.3	Uncertainty contribution by uncertainties in the determination of the geometrical centreline $\alpha_{CL}$ (wind tunnel centreline) .....	68
A.8.4	Contribution by uncertainties in the determination of flow direction $\alpha_{dir}$ .....	68
Annex B (informative)	Mast flow distortion correction for lattice masts .....	73
Annex C (informative)	Nacelle instrument mounting .....	76
C.1	General.....	76
C.2	Preferred method of anemometer's mounting .....	76
C.3	Preferred position of anemometer .....	76
Annex D (informative)	Spinner anemometers .....	78
Bibliography	.....	79
Figure 1	– Tilt angular response $V_{\alpha}/V_{\alpha=0}$ of a cup anemometer as a function of flow angle $\alpha$ compared to cosine response .....	21
Figure 2	– Wind tunnel torque measurements $Q_A - Q_F$ as a function of angular speed $\omega$ of a cup anemometer rotor at 8 m/s .....	22
Figure 3	– Example of bearing friction torque $Q_F$ as function of temperature for a range of angular speeds $\omega$ .....	24
Figure 4	– Example of rotor torque coefficient $C_{QA}$ as a function of speed ratio $\lambda$ derived from step responses with $\kappa_{low}$ equal to $-5,5$ and $\kappa_{high}$ equal to $-6,5$ .....	27
Figure 5	– Classification deviations of example cup anemometer showing a class 1,69A (upper) and a class 6,56B (lower) .....	30
Figure 6	– Classification deviations of example cup anemometer showing a class 8,01C (upper) and a class 9,94D (lower) .....	31
Figure 7	– Definition of volume for flow uniformity test .....	34
Figure 8	– Example valid control anemometer direction sector for a single top-mounted anemometer on a triangular lattice meteorological mast.....	44
Figure 9	– Example valid control anemometer direction sector for a single top-mounted anemometer on a tubular meteorological mast.....	45
Figure 10	– Example of a top-mounted anemometer and requirements for mounting.....	47
Figure 11	– Example of alternative top-mounted primary and control anemometers positioned side-by-side and wind vane and other instruments on the boom.....	48
Figure 12	– Iso-speed plot of local flow speed around a cylindrical meteorological mast .....	50
Figure 13	– Centreline relative wind speed as a function of distance $R_D$ from the centre of a tubular meteorological mast and meteorological mast diameter $d$ .....	51
Figure 14	– Representation of a three-legged lattice meteorological mast.....	51
Figure 15	– Iso-speed plot of local flow speed around a triangular lattice meteorological mast with a $C_T$ of 0,5 .....	52
Figure 16	– Centreline relative wind speed as a function of distance $R_D$ from the centre of a triangular lattice meteorological mast of leg distance $L_m$ for various $C_T$ values.....	53
Figure 17	– 3D CFD derived flow distortion for two different wind directions around a triangular lattice meteorological mast ( $C_T = 0,27$ ) .....	55
Figure A.1	– Example of calibration setup of a wind direction sensor in a wind tunnel.....	65
Figure B.1	– Example of mast flow distortion .....	73
Figure B.2	– Flow distortion residuals versus wind direction.....	75
Figure C.1	– Mounting of anemometer on top of nacelle .....	77

Table 1 – Influence parameter ranges (10 min averages) of classes A, B, C, D and S.....	18
Table 2 – Tilt angle response of example cup anemometer .....	28
Table 3 – Friction coefficients of example cup anemometer .....	29
Table 4 – Miscellaneous data related to classification of example cup anemometer .....	29
Table 5 – Example of evaluation of anemometer calibration.....	39
Table 6 – Estimation method for $C_T$ for various types of lattice mast.....	54
Table A.1 – Uncertainty contributions in wind directions sensor calibration .....	71
Table A.2 – Uncertainty contributions and total standard uncertainty in wind direction sensor calibration .....	72

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

### WIND ENERGY GENERATION SYSTEMS –

### Part 50-1: Wind measurement – Application of meteorological mast, nacelle and spinner mounted instruments

#### 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.

IEC 61400-50-1 has been prepared by IEC technical committee 88: Wind energy generation systems. It is an International Standard.

This first edition of IEC 61400-50-1 is part of a structural revision that cancels and replaces the performance standards IEC 61400-12-1:2017 and IEC 61400-12-2:2013. The structural revision contains no technical changes with respect to IEC 61400-12-1:2017 and IEC 61400-12-2:2013, but the parts that relate to wind measurements, measurement of site calibration and assessment of obstacle and terrain have been extracted into separate standards.

The purpose of the re-structure was to allow the future management and revision of the power performance standards to be carried out more efficiently in terms of time and cost and to provide a more logical division of the wind measurement requirements into a series of separate standards which could be referred to by other use case standards in the IEC 61400 series and subsequently maintained and developed by appropriate experts.

The text of this International Standard is based on the following documents:

Draft	Report on voting
88/902/FDIS	88/916/RVD

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

The language used for the development of this International Standard is English.

This document was drafted in accordance with ISO/IEC Directives, Part 2, and developed in accordance with ISO/IEC Directives, Part 1 and ISO/IEC Directives, IEC Supplement, available at [www.iec.ch/members\\_experts/refdocs](http://www.iec.ch/members_experts/refdocs). The main document types developed by IEC are described in greater detail at [www.iec.ch/standardsdev/publications](http://www.iec.ch/standardsdev/publications).

A list of all parts in the IEC 61400 series, published under the general title *Wind energy generation systems*, can be found on the IEC website.

The committee has decided that the contents of this document will remain unchanged until the stability date indicated on the IEC website under [webstore.iec.ch](http://webstore.iec.ch) in the data related to the specific document. At this date, the document will be

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

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

## INTRODUCTION

This part of IEC 61400 specifies procedures and methods which ensure that wind measurements using cup or sonic anemometers mounted on meteorological masts or wind turbine nacelles/spinners are carried out and reported consistently and in accordance with best practice. This document does not define the purpose or use case of the wind measurements. However, as this document forms part of the IEC 61400 series of standards, it is anticipated that the wind measurements carried out in accordance with this standard will be used in relation to some form of wind energy testing or resource assessment.

The main clauses of this document are not mutually dependent. Therefore, it is possible that a user will refer to only certain of the main clauses rather than all clauses to adapt this document to their specific use case. However, the main clauses are presented in a logical sequence that could be applied in practice.

The technical content of this document could previously be found in IEC 61400-12-1:2017 and IEC 61400-12-2:2013.

NOTE A technical correction to the value of the tolerance of the anemometer mounting tube has been made in 10.2.

Due to the increasing complexity of these source documents, IEC TC 88 decided that a re-structuring of the IEC 61400-12 series of standards into a number of more specific parts would allow more efficient management and maintenance going forward. This document has been created as part of that re-structuring process. The requirements on wind measurement specific to the use cases described in IEC 61400-12-1:2017 and IEC 61400-12-2:2013 (for example, the required location of the meteorological mast relative to the test turbine and the height of wind measurement relative to hub height) remain within the new editions of IEC 61400-12-1 and IEC 61400-12-2.



## WIND ENERGY GENERATION SYSTEMS –

### Part 50-1: Wind measurement – Application of meteorological mast, nacelle and spinner mounted instruments

#### 1 Scope

IEC 61400-50 specifies methods and requirements for the application of instruments to measure wind speed (and related parameters, e.g. wind direction, turbulence intensity). Such measurements are required as an input to some of the evaluation and testing procedures for wind energy and wind turbine technology (e.g. resource evaluation and turbine performance testing) described by other standards in the IEC 61400 series. This document is applicable specifically to the use of wind measurement instruments mounted on meteorological masts, turbine nacelles or turbine spinners which measure the wind at the location at which the instruments are mounted. This document excludes remote sensing devices which measure the wind at some location distant from the location at which the instrument is mounted (e.g. vertical profile or forward facing lidars). This document specifies the following:

- a) the classification parameters for cup and sonic anemometers such that the uncertainty in wind speed measurement for a specific type and model of anemometer exposed to a certain class of environmental conditions can be assessed;
- b) the procedure and requirements for classifying cup and sonic anemometers as, for example, part of the type testing of a specific anemometer model and type;
- c) the procedures and requirements for wind tunnel calibration of anemometers;
- d) an additional or alternative method of checking the consistency of the calibration of an anemometer in the field by carrying out an in-situ comparison with another anemometer;
- e) the requirements for the mounting of anemometers and other instruments on meteorological masts;
- f) the assessment of wind speed measurement uncertainty;
- g) reporting requirements.

#### 2 Normative references

The following documents are referred to in the text in such a way that some or all of their content constitutes requirements of this document. For dated references, only the edition cited applies. For undated references, the latest edition of the referenced document (including any amendments) applies.

ISO 2533:1975, *Standard atmosphere*

ISO 3966, *Measurement of fluid flow in closed conduits – Velocity area method using Pitot static tubes*

ISO/IEC Guide 98-3:2008, *Uncertainty of measurement – Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM:1995)*

## SOMMAIRE

AVANT-PROPOS .....	84
INTRODUCTION.....	86
1 Domaine d'application .....	87
2 Références normatives .....	87
3 Termes et définitions .....	87
4 Symboles, unités et abréviations .....	89
5 Généralités.....	94
6 Classification des anémomètres à coupelles et à ultrasons.....	94
6.1 Généralités .....	94
6.2 Classes de classification .....	95
6.3 Plages des paramètres d'influence.....	96
6.4 Classification des anémomètres à coupelles et à ultrasons .....	96
6.5 Format de rapport.....	98
7 Évaluation des anémomètres à coupelles et à ultrasons .....	98
7.1 Généralités .....	98
7.2 Mesurages des caractéristiques des anémomètres .....	99
7.2.1 Mesurages des caractéristiques de réponse de l'angle d'inclinaison des anémomètres à coupelles dans une soufflerie .....	99
7.2.2 Mesurages des caractéristiques directionnelles des anémomètres à coupelles dans une soufflerie .....	100
7.2.3 Mesurages des caractéristiques de couple du rotor de l'anémomètre à coupelles dans une soufflerie .....	100
7.2.4 Mesurages des réponses échelonnées des anémomètres à coupelles dans une soufflerie .....	101
7.2.5 Mesurages des effets induits de la température sur la performance de l'anémomètre.....	102
7.2.6 Mesurages des caractéristiques directionnelles des anémomètres à ultrasons dans une soufflerie.....	104
7.3 Méthode de classification des anémomètres à coupelles fondée sur les essais en soufflerie et en laboratoire et sur la modélisation de l'anémomètre à coupelles .....	104
7.3.1 Méthode .....	104
7.3.2 Exemple de modèle d'anémomètre à coupelles.....	104
7.4 Méthode de classification d'anémomètre à ultrasons fondée sur les essais en soufflerie et sur la modélisation de l'anémomètre à ultrasons.....	112
7.5 Mesurages de comparaison sur site libre .....	112
8 Procédure d'étalonnage de la soufflerie pour les anémomètres .....	113
8.1 Exigences générales.....	113
8.2 Exigences pour la soufflerie .....	113
8.3 Exigences de configuration de l'instrumentation et de l'étalonnage .....	115
8.4 Procédure d'étalonnage .....	115
8.4.1 Procédure générale pour les anémomètres à coupelles et à ultrasons .....	115
8.4.2 Procédure d'étalonnage des anémomètres à ultrasons .....	116
8.4.3 Détermination de la vitesse du vent à l'emplacement de l'anémomètre .....	116
8.5 Analyse des données.....	117
8.6 Analyse d'incertitude.....	118
8.7 Format de rapport.....	118
8.8 Exemple de calcul d'incertitude.....	119

9	Comparaison in situ des anémomètres .....	123
9.1	Généralités .....	123
9.2	Conditions préalables .....	123
9.3	Méthode d'analyse .....	123
9.4	Critères d'évaluation .....	124
10	Montage des instruments sur le mât météorologique .....	126
10.1	Généralités .....	126
10.2	Anémomètre unique monté en tête de mât .....	127
10.3	Anémomètres montés côte à côte en tête de mât .....	129
10.4	Instruments montés latéralement .....	131
10.4.1	Généralités .....	131
10.4.2	Mâts météorologiques tubulaires .....	132
10.4.3	Mâts météorologiques en treillis .....	133
10.4.4	Correction de la distorsion de l'écoulement des anémomètres montés latéralement .....	138
10.5	Protection contre la foudre .....	138
10.6	Montage d'autres instruments météorologiques .....	138
10.7	Système d'acquisition de données .....	139
11	Incertitude de mesure de la vitesse du vent .....	139
11.1	Incertitudes de catégorie B: Vitesse du vent – Introduction .....	139
11.2	Incertitudes de catégorie B: Vitesse du vent – Matériel .....	139
11.3	Incertitudes de catégorie B: Vitesse du vent - Capteurs montés sur des mâts météorologiques .....	139
11.3.1	Généralités .....	139
11.3.2	Pré-étalonnage .....	140
11.3.3	Post-étalonnage .....	140
11.3.4	Classification .....	141
11.3.5	Montage .....	141
11.3.6	Paratonnerre .....	142
11.3.7	Acquisition de données .....	142
11.4	Incertitudes de catégorie B: Méthode – Climat froid .....	142
11.5	Composition des incertitudes .....	143
11.5.1	Généralités .....	143
11.5.2	Composition des incertitudes relatives au mesurage de la vitesse du vent ( $u_{V,i}$ ) .....	143
11.5.3	Composition des incertitudes relatives au mesurage de la vitesse du vent par un anémomètre à coupelles ou à ultrasons ( $u_{VS,i}$ ) .....	143
12	Rapports .....	144
Annex A (informative) Procédure d'étalonnage de la soufflerie pour les capteurs de direction du vent .....		146
A.1	Exigences générales .....	146
A.2	Exigences pour la soufflerie .....	146
A.3	Exigences de configuration de l'instrumentation et de l'étalonnage .....	147
A.4	Procédure d'étalonnage .....	148
A.5	Analyse des données .....	149
A.6	Analyse d'incertitude .....	149
A.7	Format de rapport .....	150
A.8	Exemple de calcul d'incertitude .....	151
A.8.1	Généralités .....	151

A.8.2	Incertitudes de mesure pour la détermination de la direction de l'écoulement dans la soufflerie.....	151
A.8.3	Contribution d'incertitude pour la détermination de l'axe central géométrique $\alpha_{CL}$ (axe central de la soufflerie).....	151
A.8.4	Contribution d'incertitudes pour la détermination de la direction de l'écoulement $\alpha_{dir}$ .....	152
Annex B (informative)	Correction de la distorsion de l'écoulement au niveau du mât pour les mâts en treillis.....	156
Annex C (informative)	Montage des instruments sur la nacelle .....	159
C.1	Généralités .....	159
C.2	Méthode préférentielle de montage de l'anémomètre .....	159
C.3	Position préférentielle de l'anémomètre .....	159
Annex D (informative)	Anémomètres montés sur le nez du rotor .....	161
	Bibliographie.....	162
Figure 1	Réponse de l'angle d'inclinaison $V_{\alpha}/V_{\alpha=0}$ d'un anémomètre à coupelles en fonction de l'angle d'écoulement $\alpha$ comparée à la réponse du cosinus .....	100
Figure 2	Mesurages du couple en soufflerie $Q_A - Q_F$ en fonction de la vitesse angulaire $\omega$ d'un rotor d'anémomètre à coupelle à 8 m/s .....	101
Figure 3	Exemple de couple de frottement des paliers $Q_F$ en fonction de la température pour une plage de vitesses angulaires $\omega$ .....	103
Figure 4	Exemple de coefficient de couple du rotor $C_{QA}$ en fonction du rapport de vitesse $\lambda$ déduit à partir des réponses échelonnées avec $\kappa_{low}$ égal à $-5,5$ et $\kappa_{high}$ égal à $-6,5$ .....	106
Figure 5	Écarts de classification d'un exemple d'anémomètre à coupelles présentant une classe 1,69A (image du haut) et une classe 6,56B (image du bas).....	110
Figure 6	Écarts de classification d'un exemple d'anémomètre à coupelles présentant une classe 8,01C (image du haut) et une classe 9,94D (image du bas).....	111
Figure 7	Définition du volume pour l'essai d'uniformité d'écoulement .....	114
Figure 8	Exemple de secteur de direction d'un anémomètre de commande valide pour un anémomètre unique monté en tête de mât sur un mât météorologique en treillis triangulaire .....	126
Figure 9	Exemple de secteur de direction d'un anémomètre de commande valide pour un anémomètre unique monté en tête de mât sur un mât météorologique tubulaire.....	126
Figure 10	Exemple d'anémomètre monté en tête de mât et exigences de montage .....	128
Figure 11	Exemple d'anémomètre de commande et d'anémomètre principal alternatifs montés en tête de mât et côte à côte, avec une girouette et d'autres instruments sur la flèche.....	130
Figure 12	Tracé des isovitesses de la vitesse locale d'écoulement autour d'un mât météorologique cylindrique .....	132
Figure 13	Vitesse du vent par rapport à l'axe central en fonction de la distance $R_d$ à partir du centre d'un mât météorologique tubulaire et du diamètre $d$ du mât météorologique .....	133
Figure 14	Représentation d'un mât météorologique en treillis à trois pieds .....	133
Figure 15	Tracé des isovitesses de la vitesse locale d'écoulement autour d'un mât météorologique en treillis triangulaire pour lequel $C_T = 0,5$ .....	134

Figure 16 – Vitesse du vent par rapport à l'axe central en fonction de la distance $R_d$ du centre d'un mât météorologique en treillis triangulaire et de la distance entre les pieds $L_m$ pour plusieurs valeurs de $C_T$ .....	135
Figure 17 – Distorsion de l'écoulement déduite par la mécanique des fluides numérique 3D pour deux directions différentes du vent autour d'un mât météorologique en treillis triangulaire ( $C_T = 0,27$ ) .....	137
Figure A.1 – Exemple de montage d'étalonnage d'un capteur de direction du vent dans une soufflerie .....	148
Figure B.1 – Exemple de distorsion de l'écoulement au niveau du mât.....	156
Figure B.2 – Résidus de la distorsion de l'écoulement en fonction de la direction du vent .....	158
Figure C.1 – Montage de l'anémomètre sur le sommet de la nacelle .....	160
Tableau 1 – Plages des paramètres d'influence (moyennes de 10 min) des classes A, B, C, D et S .....	97
Tableau 2 – Réponse de l'angle d'inclinaison de l'exemple d'anémomètre à coupelles.....	107
Tableau 3 – Coefficients de frottement de l'exemple d'anémomètre à coupelles.....	108
Tableau 4 – Données diverses relatives à la classification de l'exemple d'anémomètre à coupelles .....	109
Tableau 5 – Exemple d'évaluation de l'incertitude d'étalonnage d'un anémomètre .....	120
Tableau 6 – Méthode d'estimation de la valeur $C_T$ pour plusieurs types de mâts en treillis.....	136
Tableau A.1 – Contributions d'incertitude dans l'étalonnage du capteur de direction du vent .....	154
Tableau A.2 – Contributions d'incertitude et incertitude-type totale d'étalonnage du capteur de direction du vent.....	155

## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

### SYSTÈMES DE GÉNÉRATION D'ÉNERGIE ÉOLIENNE

#### Partie 50-1: Mesurages du vent – Application d'instruments météorologiques montés sur mât, nacelle et nez de rotor

##### AVANT-PROPOS

- 1) La Commission Électrotechnique 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. À 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.

L'IEC 61400-50-1 a été établie par le comité d'études 88 de l'IEC: Systèmes de génération d'énergie éolienne. Il s'agit d'une Norme internationale.

La présente première édition de l'IEC 61400-50-1 fait partie d'une révision structurelle qui annule et remplace les normes de performance IEC 61400-12-1:2017 et IEC 61400-12-2:2013. Cette révision structurelle ne contient aucune modification technique par rapport à l'IEC 61400-12-1:2017 et à l'IEC 61400-12-2:2013. Toutefois, les parties relatives aux mesurages du vent, au mesurage de l'étalonnage du site et à l'évaluation des obstacles et du terrain ont été extraites vers des normes distinctes.

Cette restructuration a pour objet de permettre, à l'avenir, une gestion et une révision plus efficaces des normes de performance de puissance en matière de temps et de coût, ainsi que de fournir une division plus logique des exigences de mesure du vent en une série de normes

distinctes auxquelles d'autres normes de cas d'utilisation de la série IEC 61400 pourront faire référence. Ces normes distinctes pourront ultérieurement être maintenues et élaborées par les experts appropriés.

Le texte de cette Norme internationale est issu des documents suivants:

Projet	Rapport de vote
88/902/FDIS	88/916/RVD

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

La langue employée pour l'élaboration de cette Norme internationale est l'anglais.

Ce document a été rédigé selon les Directives ISO/IEC, Partie 2, il a été développé selon les Directives ISO/IEC, Partie 1 et les Directives ISO/IEC, Supplément IEC, disponibles sous [www.iec.ch/members\\_experts/refdocs](http://www.iec.ch/members_experts/refdocs). Les principaux types de documents développés par l'IEC sont décrits plus en détail sous [www.iec.ch/standardsdev/publications](http://www.iec.ch/standardsdev/publications).

Une liste de toutes les parties de la série IEC 61400, publiées sous le titre général *Systèmes de génération d'énergie éolienne*, peut être consultée sur le site web de l'IEC.

Le comité a décidé que le contenu de ce document ne sera pas modifié avant la date du résultat de la maintenance indiquée sur le site web de l'IEC sous <http://webstore.iec.ch> dans les données relatives à la publication recherchée. À cette date, le document sera

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

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

## INTRODUCTION

La présente partie de l'IEC 61400 spécifie les procédures et les méthodes qui assurent que les mesurages du vent à l'aide d'anémomètres à coupelles ou à ultrasons montés sur des mâts météorologiques ou sur des nacelles/nez de rotor d'éoliennes sont effectués puis consignés de manière cohérente et selon les meilleures pratiques. Le présent document ne définit pas l'objectif ou le cas d'utilisation des mesurages du vent. Toutefois, le présent document faisant partie de la série IEC 61400, il est prévu que les mesurages du vent soient effectués conformément à la présente norme soient utilisés dans le cadre d'une certaine forme d'essai de l'énergie éolienne ou d'évaluation des ressources.

Les articles principaux du présent document ne sont pas mutuellement dépendants. Un utilisateur peut donc se référer uniquement à certains des articles principaux plutôt qu'à tous les articles pour adapter le présent document à son leur d'utilisation spécifique. Cependant, les articles principaux sont présentés dans une séquence logique qui peut être appliquée dans la pratique.

Le contenu technique du présent document pouvait être consulté auparavant dans l'IEC 61400-12-1:2017 et dans l'IEC 61400-12-2:2013.

NOTE Une correction technique de la valeur de tolérance du tube de montage de l'anémomètre a été effectuée en 10.2.

En raison de la complexité croissante de ces documents sources, le CE 88 de l'IEC a décidé, en vue d'une gestion et d'une maintenance plus efficaces, de restructurer la série de normes IEC 61400-12 en un certain nombre de parties plus spécifiques. Le présent document a été créé dans le cadre de ce processus de restructuration. Les exigences sur le mesurage du vent spécifique aux cas d'utilisation décrits dans l'IEC 61400-12-1:2017 et dans l'IEC 61400-12-2:2013 (par exemple, l'emplacement exigé du mât météorologique par rapport à l'éolienne d'essai et la hauteur du mesurage du vent par rapport à la hauteur du moyeu) restent dans les nouvelles éditions de l'IEC 61400-12-1 et de l'IEC 61400-12-2.



## SYSTÈMES DE GÉNÉRATION D'ÉNERGIE ÉOLIENNE

### Partie 50-1: Mesurages du vent – Application d'instruments météorologiques montés sur mât, nacelle et nez de rotor

#### 1 Domaine d'application

L'IEC 61400-50 spécifie les méthodes et les exigences pour l'application des instruments de mesure de la vitesse du vent (et des paramètres associés, par exemple la direction du vent et l'intensité des turbulences). Ces mesurages sont exigés pour certaines procédures d'évaluation et d'essai de l'énergie éolienne et de la technologie des éoliennes (par exemple, l'évaluation des ressources et les essais de performance des éoliennes) décrites dans d'autres normes de la série IEC 61400. Le présent document s'applique spécifiquement à l'utilisation d'instruments de mesure du vent montés sur des mâts météorologiques, des nacelles d'éolienne ou des nez de rotors d'éolienne qui mesurent le vent à un endroit dans lequel les instruments sont montés. Le présent document exclut les dispositifs de télédétection qui mesurent le vent à un endroit éloigné de celui dans lequel l'instrument est monté (par exemple, les lidars à profil vertical ou orientés vers l'avant). Le présent document spécifie les points suivants:

- a) les paramètres de classification des anémomètres à coupelles et à ultrasons de manière à pouvoir évaluer l'incertitude de mesure de la vitesse du vent pour un type et un modèle spécifiques d'anémomètre exposé à une certaine classe de conditions d'environnement;
- b) la procédure et les exigences de classification des anémomètres à coupelles et à ultrasons dans le cadre, par exemple, de l'essai de type d'un modèle et d'un type d'anémomètre spécifique;
- c) les procédures et les exigences pour l'étalonnage de la soufflerie des anémomètres;
- d) une méthode supplémentaire ou alternative pour vérifier la cohérence de l'étalonnage d'un anémomètre sur le terrain en effectuant une comparaison in situ avec un autre anémomètre;
- e) les exigences relatives au montage des anémomètres et autres instruments sur les mâts météorologiques;
- f) l'évaluation de l'incertitude de mesure de la vitesse du vent;
- g) les exigences en matière de rapports.

#### 2 Références normatives

Les documents suivants sont cités dans le texte de sorte qu'ils 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).

ISO 2533:1975, *Atmosphère type*

ISO 3966, *Mesurage du débit des fluides dans les conduites fermées – Méthode d'exploration du champ des vitesses au moyen de tubes de Pitot doubles*

ISO/IEC Guide 98-3:2008, *Incertitude de mesure – Partie 3: Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure (GUM:1995)*