

# INTERNATIONAL STANDARD

## NORME INTERNATIONALE



**Wind energy generation systems –  
Part 50: Wind measurement – Overview**

**Systèmes de génération d'énergie éolienne –  
Partie 50: Mesurage du vent – Vue d'ensemble**

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61400-50:2022



## THIS PUBLICATION IS COPYRIGHT PROTECTED

Copyright © 2022 IEC, Geneva, Switzerland

All rights reserved. Unless otherwise specified, 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 either IEC or IEC's member National Committee in the country of the requester. If you have any questions about IEC copyright or have an enquiry about obtaining additional rights to this publication, please contact the address below or your local IEC member National Committee for further information.

Droits de reproduction réservés. Sauf indication contraire, 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'IEC ou du Comité national de l'IEC du pays du demandeur. Si vous avez des questions sur le copyright de l'IEC ou si vous désirez obtenir des droits supplémentaires sur cette publication, utilisez les coordonnées ci-après ou contactez le Comité national de l'IEC de votre pays de résidence.

IEC Secretariat  
3, rue de Varembe  
CH-1211 Geneva 20  
Switzerland

Tel.: +41 22 919 02 11  
[info@iec.ch](mailto:info@iec.ch)  
[www.iec.ch](http://www.iec.ch)

### About the IEC

The International Electrotechnical Commission (IEC) is the leading global organization that prepares and publishes International Standards for all electrical, electronic and related technologies.

### About IEC publications

The technical content of IEC publications is kept under constant review by the IEC. Please make sure that you have the latest edition, a corrigendum or an amendment might have been published.

#### IEC publications search - [webstore.iec.ch/advsearchform](http://webstore.iec.ch/advsearchform)

The advanced search enables to find IEC publications by a variety of criteria (reference number, text, technical committee, ...). It also gives information on projects, replaced and withdrawn publications.

#### IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

Stay up to date on all new IEC publications. Just Published details all new publications released. Available online and once a month by email.

#### IEC Customer Service Centre - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

If you wish to give us your feedback on this publication or need further assistance, please contact the Customer Service Centre: [sales@iec.ch](mailto:sales@iec.ch).

#### IEC Products & Services Portal - [products.iec.ch](http://products.iec.ch)

Discover our powerful search engine and read freely all the publications previews. With a subscription you will always have access to up to date content tailored to your needs.

#### Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

The world's leading online dictionary on electrotechnology, containing more than 22 300 terminological entries in English and French, with equivalent terms in 19 additional languages. Also known as the International Electrotechnical Vocabulary (IEV) online.

### A propos de l'IEC

La Commission Electrotechnique Internationale (IEC) est la première organisation mondiale qui élabore et publie des Normes internationales pour tout ce qui a trait à l'électricité, à l'électronique et aux technologies apparentées.

### A propos des publications IEC

Le contenu technique des publications IEC est constamment revu. Veuillez vous assurer que vous possédez l'édition la plus récente, un corrigendum ou amendement peut avoir été publié.

#### Recherche de publications IEC -

[webstore.iec.ch/advsearchform](http://webstore.iec.ch/advsearchform)

La recherche avancée permet de trouver des publications IEC en utilisant différents critères (numéro de référence, texte, comité d'études, ...). Elle donne aussi des informations sur les projets et les publications remplacées ou retirées.

#### IEC Just Published - [webstore.iec.ch/justpublished](http://webstore.iec.ch/justpublished)

Restez informé sur les nouvelles publications IEC. Just Published détaille les nouvelles publications parues. Disponible en ligne et une fois par mois par email.

#### Service Clients - [webstore.iec.ch/csc](http://webstore.iec.ch/csc)

Si vous désirez nous donner des commentaires sur cette publication ou si vous avez des questions contactez-nous: [sales@iec.ch](mailto:sales@iec.ch).

#### IEC Products & Services Portal - [products.iec.ch](http://products.iec.ch)

Découvrez notre puissant moteur de recherche et consultez gratuitement tous les aperçus des publications. Avec un abonnement, vous aurez toujours accès à un contenu à jour adapté à vos besoins.

#### Electropedia - [www.electropedia.org](http://www.electropedia.org)

Le premier dictionnaire d'électrotechnologie en ligne au monde, avec plus de 22 300 articles terminologiques en anglais et en français, ainsi que les termes équivalents dans 19 langues additionnelles. Egalement appelé Vocabulaire Electrotechnique International (IEV) en ligne.

# INTERNATIONAL STANDARD

# NORME INTERNATIONALE



**Wind energy generation systems –  
Part 50: Wind measurement – Overview**

**Systèmes de génération d'énergie éolienne –  
Partie 50: Mesurage du vent – Vue d'ensemble**

INTERNATIONAL  
ELECTROTECHNICAL  
COMMISSION

COMMISSION  
ELECTROTECHNIQUE  
INTERNATIONALE

ICS 27.180

ISBN 978-2-8322-5600-8

**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.....                                                                                                         | 3  |
| INTRODUCTION.....                                                                                                     | 5  |
| 1 Scope.....                                                                                                          | 6  |
| 2 Normative references .....                                                                                          | 6  |
| 3 Terms and definitions .....                                                                                         | 6  |
| 4 Symbols, units and abbreviated terms .....                                                                          | 7  |
| 5 Wind measurement overview .....                                                                                     | 8  |
| 6 Interfaces between standards .....                                                                                  | 9  |
| Bibliography.....                                                                                                     | 12 |
| Figure 1 – Overview of relationship between standards in the IEC 61400-12 and IEC 61400-50 series .....               | 10 |
| Table 1 – IEC 61400 series parts which make reference to wind measurements previously defined in IEC 61400-12-1 ..... | 11 |

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61400-50:2022

## INTERNATIONAL ELECTROTECHNICAL COMMISSION

**WIND ENERGY GENERATION SYSTEMS –****Part 50: Wind measurement – Overview****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 has been prepared by IEC technical committee 88: Wind energy generation systems. It is an International Standard.

This first edition of IEC 61400-50 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 |
|------------|------------------|
| 88/827/CDV | 88/863/RVC       |

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

The purpose of the IEC 61400-50 series of standards is to provide uniform methodologies and requirements that will ensure consistency, accuracy and reproducibility in the measurement of the wind. In creating the IEC 61400-50 series of standards, a distinction is now made between the method of measurement of the wind and the various "use-cases" in other parts of IEC 61400 in which those wind measurements are applied (e.g. power performance, noise measurement, load measurement, resource assessment). It is anticipated that the IEC 61400-50 series of standards will be applied by:

- a) wind turbine manufacturers testing prototype or serial production turbines with the aim of determining or verifying aspects of the turbine specification where the measured wind is a necessary input (e.g. power performance, noise, structural loads);
- b) wind measurement equipment manufacturers providing instruments, meteorological masts and mounting hardware to the wind industry;
- c) organizations and laboratories providing wind measurement instrumentation calibration services;
- d) technical consultants delivering wind measurement services to wind turbine manufacturers, wind farm developers and operators, etc.;
- e) wind turbine operators who need to verify that stated or required specifications are met and which require wind measurements as an input;
- f) other committees developing standards in the IEC 61400 series which make reference to the specification of equipment and methods to be used in the measurement of the wind.

This series of related standards provides guidance in the wind measurement methods, equipment, classification, calibration and uncertainty assessment that can be used in the delivery of various use-case tests. The standards will benefit those parties involved in the manufacture, installation planning and permitting, operation, utilization, and regulation of wind turbines. The technically accurate measurement techniques recommended in these standards should be applied by all parties to ensure that continuing development and operation of wind turbines is carried out in an atmosphere of consistent and accurate communication relative to wind measurement. These standards present measurement, classification and calibration procedures expected to provide accurate results that can be replicated by others. Meanwhile, a user of these standards needs to be aware that not all wind measurement methods specified in these standards are applicable to all use-cases. The use-case standards (e.g. power performance) define which wind measurement methods and equipment are allowable and in which circumstances. Furthermore, the use-case standards may define further restrictions on the wind measurements (e.g. height of measurement). Therefore, a user should consider the most appropriate wind measurement method and standard in relation to the use-case to which the wind measurements are to be put before procuring the wind measurements.

The separated standards in the wind measurement series comprise:

- a) IEC 61400-50, *Wind energy generation systems – Part 50: Wind measurement – Overview*
- b) IEC 61400-50-1, *Wind energy generation systems – Part 50-1: Wind measurement – Application of meteorological mast, nacelle and spinner mounted instruments*
- c) IEC 61400-50-2, *Wind energy generation systems – Part 50-2: Wind measurement – Application of ground-mounted remote sensing technology*
- d) IEC 61400-50-3, *Wind energy generation systems – Part 50-3: Use of nacelle-mounted lidars for wind measurements*

Procedures for calibration, classification, mounting and derivation of the measurement uncertainty of cup anemometers and ultrasonic anemometers are given in IEC 61400-50-1. Procedures for calibration, classification and derivation of the measurement uncertainty of remote sensing devices are given in IEC 61400-50-2. Special care should be taken in the selection of the instruments and methods chosen to measure the wind because it can influence the result of the test.

# WIND ENERGY GENERATION SYSTEMS –

## Part 50: Wind measurements – Overview

### 1 Scope

The IEC 61400 series of standards addresses wind energy generation technical requirements up to the point of interconnection with the utility grid system. The IEC 61400-50 series of standards comprises a sub-set of standards which specify the requirements for equipment and methods to be used in the measurement of the wind.

Wind measurements are required as inputs to various tests and analyses specified in other use-case standards in the IEC 61400 series (e.g. power performance, resource assessment, noise measurement). Whereas those other standards define use-cases for wind measurements, the IEC 61400-50 series sets those wind measurement requirements which are independent of the use-case. Its purpose is to ensure that wind measurements and the evaluation of uncertainties in those measurements are carried out consistently across the wind industry and that wind measurements are carried out such that the uncertainties can be quantified and that those uncertainties are within an acceptable range.

This document provides a general introduction to the options that are available for wind measurement, which are further detailed in the other parts of the IEC 61400-50 series.

### 2 Normative references

There are no normative references in this document.

### 3 Terms and definitions

For the purposes of this document, the following terms and definitions apply.

ISO and IEC maintain terminological databases for use in standardization at the following addresses:

- IEC Electropedia: available at <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: available at <http://www.iso.org/obp>

#### 3.1

##### **complex terrain**

terrain surrounding the test site that features significant variations in topography and terrain obstacles that can cause flow distortion

#### 3.2

##### **cut-in wind speed**

lowest wind speed at which a wind turbine will begin to produce power

#### 3.3

##### **cut-out wind speed**

wind speed at which a wind turbine cuts out from the grid due to high wind speed

#### 3.4

##### **data set**

collection of data sampled over a continuous period



**3.5****flow distortion**

change in air flow caused by obstacles, topographical variations, or other wind turbines that results in the wind speed at the measurement location being different from the wind speed at the wind turbine location

**3.6****hub height**

<of a wind turbine> height of the centre of the swept area of the wind turbine rotor above the ground at the tower

Note 1 to entry: For a vertical axis wind turbine the hub height is defined as the height of the centroid of the swept area of the rotor above the ground at the tower.

**3.7****power performance**

measure of the capability of a wind turbine to produce electric power and energy

**3.8****rotor equivalent wind speed**

wind speed corresponding to the kinetic energy flux through the swept rotor area when accounting for the variation of the wind speed with height

**3.9****standard uncertainty**

uncertainty of the result of a measurement expressed as a standard deviation

**3.10****uncertainty in measurement**

parameter, associated with the result of a measurement, which characterizes the dispersion of the values that could reasonably be attributed to the measurand

**3.11****wind measurement equipment**

meteorological mast or remote sensing device

**3.12****wind shear**

change of wind speed with height across the wind turbine rotor

**3.13****wind veer**

change of wind direction with height across the wind turbine rotor

**4 Symbols, units and abbreviated terms**

| Symbol | Description                                  | Unit  |
|--------|----------------------------------------------|-------|
| NTF    | nacelle transfer function                    |       |
| RSD    | remote sensing device                        |       |
| $U$    | wind speed                                   | [m/s] |
| $U_i$  | wind speed in bin $i$                        | [m/s] |
| $u$    | category B standard uncertainty component    |       |
| $u_i$  | combined category B uncertainties in bin $i$ |       |
| $V$    | wind speed                                   | [m/s] |

| Symbol           | Description                                          | Unit  |
|------------------|------------------------------------------------------|-------|
| $V_{ave}$        | annual average wind speed at hub height              | [m/s] |
| $V_{10min}$      | measured wind speed averaged over 10 min             | [m/s] |
| WME              | wind measurement equipment                           |       |
| $\alpha$         | wind shear exponent from power law                   |       |
| $\sigma_{10min}$ | standard deviation of parameter averaged over 10 min |       |

## 5 Wind measurement overview

The term "wind measurement" refers to the determination of various characteristics of the wind by measurement. These characteristics commonly include wind speed, wind direction and turbulence intensity, although there are other characteristics of the wind which can be determined by measurement. Furthermore, these characteristics can be defined in terms of differing spatial extents of measurement (e.g. point or volumetric), time base (e.g. high frequency or low frequency) and components (e.g. horizontal, line of sight or 3D vectors). The first editions of the IEC 61400-50 series of standards are focused on requirements for instruments and methods to measure wind speed, wind direction and turbulence intensity which will typically be reduced to 10-minute statistics (mean, minimum, maximum, standard deviation) for use as input to an analysis or process defined in one of the use-case standards in the IEC 61400 series.

Many of the methods, assumptions and specifications associated with the wind industry are historically linked to the assumption that wind measurements are carried out with a cup anemometer measuring the horizontal component of the wind. This typically implies that the wind measurements are point measurements and are generally low pass filtered (due to the inherent inertial and aerodynamic characteristics of a cup anemometer).

**NOTE** The term "point measurement" is used in a relative sense here. A cup anemometer or ultrasonic anemometer is of relatively small dimensions compared to a large wind turbine or compared to the measurement volume of remote sensing devices. In that sense, the wind measurement from a cup or ultrasonic anemometer can be considered to be a point measurement.

However, other measurement technologies have become common place in the past decade. These technologies include ultrasonic anemometers and remote sensing devices (RSDs) such as lidars and sodars. The wind measurements provided by these devices are achieved in a different way to those from a cup anemometer and are possibly not directly comparable with those from a cup anemometer without further post-processing.

In the case of ultrasonic anemometers, instruments are available which provide full three-dimensional wind measurement at a point but, as they have no moving parts, are not subject to the inertial or aerodynamic filtering experienced by a cup anemometer. This can make ultrasonic anemometers particularly suitable for situations where complex or turbulent wind flows are being investigated and higher frequency measurements of multiple vector components of the wind are required. The relatively small size of the probes and lack of moving parts on ultrasonic anemometers can make the provision of heating to prevent icing less onerous than on a cup anemometer, making them particularly suitable for wind measurements in cold climates.

RSDs carry out measurements of the wind through a relatively large volume (of the order of metres to tens of metres in scale) at a range of heights above or distances from the measurement device's physical location (of the order of several to many hundreds of metres above or from the RSD). The more complex the flow through that measurement volume, the more likely it is that the wind parameters measured by an RSD will be significantly different to (or even erroneous compared to) those achieved from a cup or ultrasonic anemometer measuring at nominally the same location and height as the RSD but over a small volume of the order of centimetres in scale. However, RSDs can have advantages in terms of deployability, safety (if ground mounted) and allowing economic measurement of the wind at

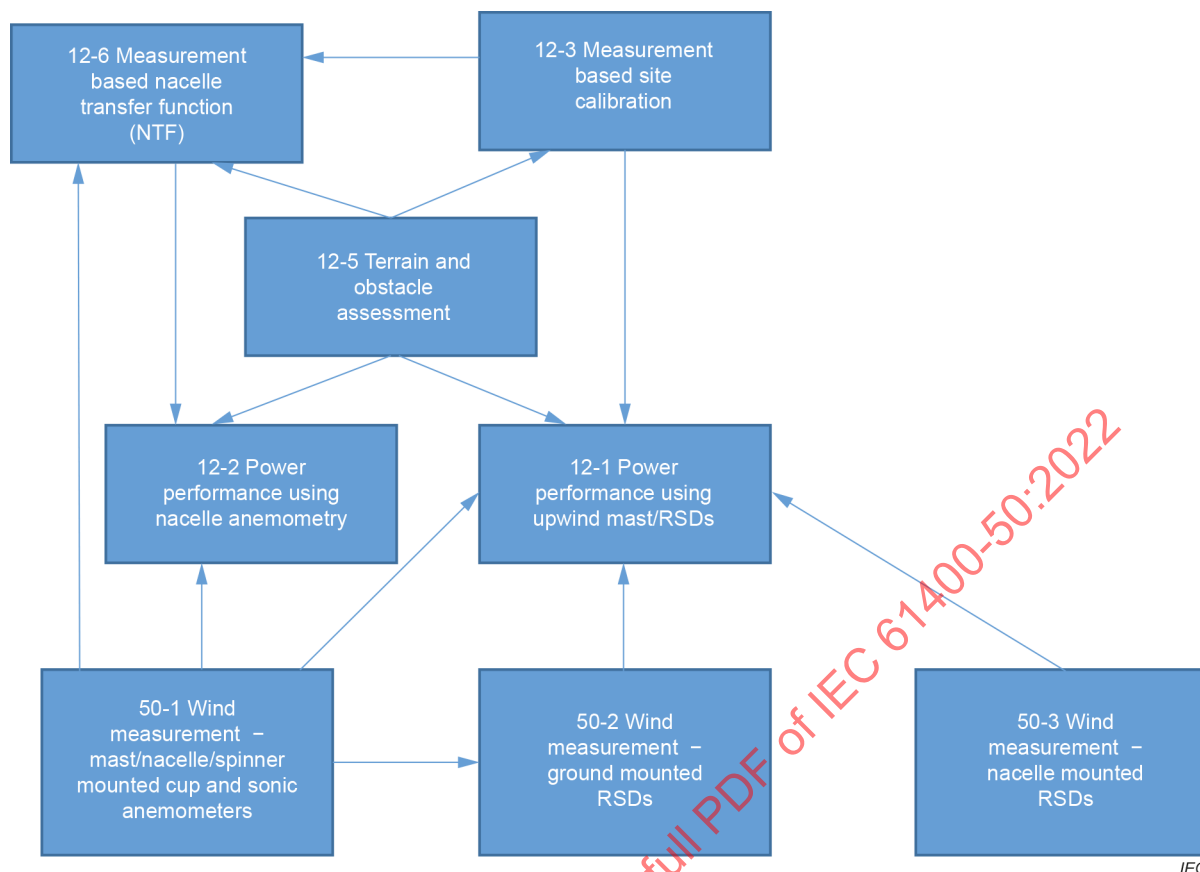
high heights above ground when compared to conventional mast mounted cup or ultrasonic anemometers.

From the above it is evident that different wind measurement methods are influenced not only by the characteristics of the instrument but also by the environment in which the wind measurement instrument is sited. The complexity of the wind flow influences the accuracy of the wind measurements as defined by the instrument's classification or indeed can result in a particular type of instrument being inappropriate for use in certain wind flow or complex terrain situations. Furthermore, the detail of the mounting hardware (e.g. masts and booms) and geometry for the instrument has an influence on the accuracy of the measurements. The IEC 61400-50 series of standards set requirements on the siting and mounting of wind measurement instruments.

In summary, the IEC 61400-50 series of standards specifies requirements and methods for the use, calibration and classification of conventional cup anemometers (and wind vanes), ultrasonic anemometers and remote sensing devices such that the resultant wind measurements will be compliant in terms of accuracy and uncertainty with the use-case requirements specified in other standards in the IEC 61400 series. Not all wind measurement methods are compatible with all use-cases. The use-case standards define which wind measurement method or methods are acceptable for that use-case.

## 6 Interfaces between standards

The decision to implement wind measurements according to the IEC 61400-50 series is usually to satisfy a wind measurement requirement from one of the other use-case standards. In the first editions of the IEC 61400-50 series of standards, the requirements are a direct duplication of the wind measurement requirements from IEC 61400-12-1:2017 and IEC 61400-12-2:2013. The wind measurement requirements have been separated out from IEC 61400-12-1:2017 and IEC 61400-12-2:2013 into the IEC 61400-50 series whilst the remaining power performance requirements have been transferred into a set of documents in the IEC 61400-12 series. Figure 1 illustrates in overview the relationship between the restructured standards and the direction of flow of information.



**Figure 1 – Overview of relationship between standards in the IEC 61400-12 and IEC 61400-50 series**

In addition, there are other published standards in the IEC 61400 series which currently refer to the wind measurement requirements specified in IEC 61400-12-1:2005 or IEC 61400-12-1:2017. The intention is that the user should now refer to the appropriate IEC 61400-50 series standard for those wind measurement requirements. Table 1 lists those standards in the IEC 61400 series which currently refer to IEC 61400-12-1:2005 or IEC 61400-12-1:2017 for their wind measurement requirements and which standard in the IEC 61400-50 series is the most appropriate to refer to now. As none of those standards except IEC 61400-12-1:2017 have been updated to consider the use of RSDs for wind measurements, the recommendation is to reference IEC 61400-50-1 and not IEC 61400-50-2 until specific consideration is given to the suitability of RSDs for each use-case standard.

**Table 1 – IEC 61400 series parts which make reference to wind measurements previously defined in IEC 61400-12-1**

|                |                  |      | Wind measurement reference |           |      |
|----------------|------------------|------|----------------------------|-----------|------|
|                |                  |      | Present                    | Update to |      |
| IEC 61400 part | Edition          | Year |                            | 50-1      | 50-2 |
| -12-1          | 2                | 2017 | Self                       | x         | x    |
| -12-2          | 1                | 2013 | Self and 12-1              | x         |      |
| -1             | 4                | 2019 | 12-1                       | x         |      |
| -2             | 3                | 2013 | 12-1                       | x         |      |
| -11            | 3.1 <sup>a</sup> | 2018 | 12-1, 12-2                 | x         |      |
| -13            | 1                | 2015 | 12-1                       | x         |      |

<sup>a</sup> Edition 3.1 (IEC 61400-11:2012+AMD1:2018) refers specifically to the use of nacelle anemometers for wind speed measurement and references Part 12-2 for the specification for the mounting of that nacelle anemometer. The guidance on nacelle anemometer mounting still resides in Part 12-2 and not in Part 50-1. However Part 12-2 now refers to Part 50-1 for the nacelle anemometer classification and calibration requirements. Part 11 therefore refers indirectly to IEC 61400-12-1:2017 and hence to Part 50-1.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61400-50:2022

## Bibliography

IEC 61400-1:2019, *Wind energy generation systems – Part 1: Design requirements*

IEC 61400-2, *Wind turbines – Part 2: Small wind turbines*

IEC 61400-11, *Wind turbines – Part 11: Acoustic noise measurement techniques*

IEC 61400-12-1, *Wind energy generation systems – Part 12-1: Power performance measurements of electricity producing wind turbines*

IEC 61400-12-2, *Wind energy generation systems – Part 12-2: Power performance of electricity-producing wind turbines based on nacelle anemometry*

IEC 61400-13, *Wind turbines – Part 13: Measurement of mechanical loads*

IEC 61400-50-1, *Wind energy generation systems – Part 50-1: Wind measurement – Application of meteorological mast, nacelle and spinner mounted instruments* (disponible en anglais seulement)

IEC 61400-50-2, *Wind energy generation systems – Part 50-2: Wind measurement – Application of ground-mounted remote sensing technology*

IEC 61400-50-3, *Wind energy generation systems – Part 50-3: Use of nacelle-mounted lidars for wind measurements*

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61400-50:2022

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61400-50:2022

## SOMMAIRE

|                                                                                                                                         |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| AVANT-PROPOS .....                                                                                                                      | 15 |
| INTRODUCTION.....                                                                                                                       | 17 |
| 1    Domaine d'application .....                                                                                                        | 19 |
| 2    Références normatives .....                                                                                                        | 19 |
| 3    Termes et définitions .....                                                                                                        | 19 |
| 4    Symboles, unités et termes abrégés .....                                                                                           | 20 |
| 5    Vue d'ensemble du mesurage du vent .....                                                                                           | 21 |
| 6    Interfaces entre les normes .....                                                                                                  | 22 |
| Bibliographie.....                                                                                                                      | 25 |
| Figure 1 – Vue d'ensemble de la relation entre normes dans les séries IEC 61400-12<br>et IEC 61400-50.....                              | 23 |
| Tableau 1 – Parties de la série IEC 61400 qui font référence aux mesurages du vent<br>préalablement définis dans l'IEC 61400-12-1 ..... | 24 |

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61400-50:2022



## COMMISSION ÉLECTROTECHNIQUE INTERNATIONALE

## SYSTÈMES DE GÉNÉRATION D'ÉNERGIE ÉOLIENNE –

## Partie 50: Mesurage du vent – Vue d'ensemble

## 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. 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 du présent document 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 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 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 l'IEC 61400-12-2:2013. Toutefois, les parties relatives aux mesurages du vent, au mesurage de l'étalement 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 |
|------------|-----------------|
| 88/827/CDV | 88/863/RVC      |

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/publications/](http://www.iec.ch/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 de stabilité indiquée sur le site web de l'IEC sous [webstore.iec.ch](http://webstore.iec.ch) dans les données relatives au document recherché. 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 série de normes IEC 61400-50 a pour objet de fournir des méthodologies et des exigences uniformes qui assurent la cohérence, l'exactitude et la reproductibilité de mesure du vent. La création de la série de normes IEC 61400-50 a abouti à une distinction entre la méthode de mesure du vent et les différents "cas d'utilisation" dans d'autres parties de l'IEC 61400 dans lesquels ces mesurages du vent sont appliqués (par exemple, la performance de puissance, le mesurage du bruit, le mesurage de la charge, l'évaluation des ressources). Il est prévu que la série de normes IEC 61400-50 soit appliquée par:

- a) les fabricants des éoliennes qui soumettent à l'essai des prototypes ou des éoliennes de production en série dans le but de déterminer ou de vérifier les aspects de spécification de l'éolienne, où le vent mesuré est une entrée nécessaire (par exemple, performance de puissance, bruit, charges structurelles);
- b) les fabricants des matériels de mesure du vent qui fournissent des instruments, des mâts météorologiques et des matériels de montage au secteur éolien;
- c) les laboratoires et les organisations qui fournissent des services d'étalonnage de l'instrumentation de mesure du vent;
- d) Les consultants techniques qui fournissent des services de mesure du vent aux fabricants d'éoliennes, aux opérateurs et développeurs de parcs éoliens, etc.;
- e) les opérateurs d'éoliennes qui ont besoin de vérifier que les spécifications indiquées, voire exigées sont satisfaites, et exigent des mesures du vent comme entrées;
- f) d'autres comités qui élaborent des normes de la série IEC 61400 qui se réfèrent à la spécification des méthodes et des matériels à utiliser dans le mesurage du vent.

La présente série de normes connexes fournit des recommandations sur les méthodes de mesure du vent, le matériel, la classification, l'étalonnage et l'évaluation de l'incertitude, qui peuvent être utilisées dans la livraison des différents essais de cas d'utilisation. Les normes sont utiles aux parties impliquées dans la fabrication, l'installation, la planification et la délivrance de permis, le fonctionnement, l'exploitation et la réglementation des éoliennes. Il convient que toutes les parties appliquent les techniques de mesure techniquement exactes recommandées dans les présentes normes pour assurer le développement et le fonctionnement en continu des éoliennes dans un climat de communication cohérente et exacte vis-à-vis du mesurage du vent. Les présentes normes décrivent les procédures de mesure, de classification et d'étalonnage qui sont réputées donner des résultats exacts pouvant être reproduits par d'autres personnes. D'autre part, il est nécessaire que les utilisateurs des présentes normes soient informés que toutes les méthodes de mesure du vent des présentes normes ne sont pas applicables à tous les cas d'utilisation. Les types de mesurages du vent, les types de matériels admis, ainsi que les types de circonstances appropriées sont décrits par les normes de cas d'utilisation (performance de puissance, par exemple). De plus, les normes de cas d'utilisation peuvent définir d'autres restrictions sur les mesurages du vent (hauteur de mesure, par exemple). Il convient donc que les utilisateurs prennent en considération la norme et la méthode de mesure du vent les plus convenables par rapport aux cas d'utilisation auxquels les mesurages du vent doivent être associés avant qu'ils ne soient fournis.

Les normes distinctes de la série de mesurages du vent comprennent:

- a) IEC 61400-50, *Systèmes de génération d'énergie éolienne – Partie 50: Mesurage du vent – Vue d'ensemble*
- b) IEC 61400-50-1, *Wind energy generation systems – Part 50-1: Wind measurement – Application of meteorological mast, nacelle and spinner mounted instruments* (disponible en anglais seulement)
- c) IEC 61400-50-2, *Systèmes de génération d'énergie éolienne – Partie 50-2: Mesurage du vent – Application de la technologie de télédétection montée au sol*
- d) IEC 61400-50-3, *Systèmes de génération d'énergie éolienne – Partie 50-3: Utilisation de lidars montés sur nacelle pour le mesurage du vent*

L'IEC 61400-50-1 décrit les procédures d'étalonnage, de classification, de montage et de dérivation de l'incertitude de mesure des anémomètres à coupelles et des anémomètres à ultrasons. L'IEC 61400-50-2 décrit les procédures d'étalonnage, de classification, et de dérivation de l'incertitude de mesure des dispositifs de télédétection. Il convient de porter une attention particulière au choix des instruments et méthodes utilisés pour mesurer le vent car ce choix peut avoir une influence sur le résultat de l'essai.

IECNORM.COM : Click to view the full PDF of IEC 61400-50:2022

# SYSTÈMES DE GÉNÉRATION D'ÉNERGIE ÉOLIENNE –

## Partie 50: Mesurage du vent – Vue d'ensemble

### 1 Domaine d'application

La série de normes IEC 61400 couvre les exigences techniques de génération d'énergie éolienne jusqu'au point d'interconnexion avec le système du réseau électrique utilitaire. La série de normes IEC 61400-50 comprend un sous-ensemble de normes qui spécifient les exigences relatives aux méthodes et aux matériels à utiliser dans le mesurage du vent.

Les mesurages du vent sont exigés comme entrées aux différents analyses et essais spécifiés dans les autres normes de cas d'utilisation de la série IEC 61400 (par exemple, performance de puissance, évaluation de ressource, mesurage du bruit). Tandis que ces autres normes définissent les cas d'utilisation relatifs aux mesurages du vent, la série IEC 61400-50 établit des exigences de mesure du vent qui sont indépendantes des cas d'utilisation. Son objectif est d'assurer que les mesurages du vent et l'évaluation des incertitudes (relative à ces mesurages) sont effectués de manière cohérente dans tout le secteur éolien; et d'assurer que ces mesurages du vent sont effectués de telle sorte que les incertitudes pouvant être quantifiées soient dans une plage acceptable.

Le présent document fournit une introduction générale aux options de mesure du vent disponibles, avec de plus amples informations dans les autres parties de la série IEC 61400-50.

### 2 Références normatives

Le présent document ne contient aucune référence normative.

### 3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions suivants s'appliquent.

L'ISO et l'IEC tiennent à jour des bases de données terminologiques destinées à être utilisées en normalisation, consultables aux adresses suivantes:

- IEC Electropedia: disponible à l'adresse <http://www.electropedia.org/>
- ISO Online browsing platform: disponible à l'adresse <http://www.iso.org/obp>

#### 3.1

##### **terrain complexe**

terrain qui entoure le site d'essai et qui présente des variations topographiques notables et des obstacles qui peuvent entraîner une distorsion de l'écoulement de l'air

#### 3.2

##### **vitesse de démarrage**

vitesse du vent la plus basse à laquelle une éolienne commence à produire de la puissance

#### 3.3

##### **vitesse de coupure**

vitesse à laquelle une éolienne est coupée du réseau électrique en raison d'une vitesse élevée du vent

### 3.4

#### **ensemble de données**

collection de données échantillonnées sur une période continue

### 3.5

#### **distorsion de l'écoulement**

changement dans l'écoulement de l'air causé par des obstacles, des variations topographiques ou par d'autres éoliennes, qui se traduit par un écart entre la vitesse du vent à l'emplacement de mesure et la vitesse du vent à l'emplacement de l'éolienne

### 3.6

#### **hauteur du moyeu**

<d'une éolienne> hauteur du centre de la surface balayée par le rotor de l'éolienne par rapport au sol au niveau du mât

Note 1 à l'article: Pour une éolienne à axe vertical, la hauteur du moyeu est la hauteur du centroïde de la surface balayée par le rotor par rapport au sol au niveau du mât.

### 3.7

#### **performance de puissance**

mesure de l'aptitude d'une éolienne à produire de la puissance et de l'énergie électriques

### 3.8

#### **vitesse du vent équivalente du rotor**

vitesse du vent qui correspond au flux d'énergie cinétique traversant la surface balayée par le rotor en tenant compte de la variation de la vitesse du vent en fonction de la hauteur

### 3.9

#### **incertitude-type**

incertitude du résultat de mesure exprimée sous la forme d'un écart-type

### 3.10

#### **incertitude de mesure**

paramètre, associé au résultat de mesure, qui caractérise la dispersion des valeurs qui peuvent raisonnablement être attribuées au mesurande

### 3.11

#### **matériel de mesure du vent**

mât météorologique ou dispositif de télédétection

### 3.12

#### **cisaillement du vent**

variation de la vitesse du vent en fonction de la hauteur sur le rotor de l'éolienne

### 3.13

#### **déviatio**

variation de la direction du vent en fonction de la hauteur sur le rotor de l'éolienne

## **4 Symboles, unités et termes abrégés**

| <b>Symbole</b> | <b>Description</b>                                              | <b>Unité</b> |
|----------------|-----------------------------------------------------------------|--------------|
| NTF            | nacelle transfer function (fonction de transfert de la nacelle) |              |
| RSD            | remote sensing device (dispositif de télédétection)             |              |
| $U$            | vitesse du vent                                                 | [m/s]        |
| $U_i$          | vitesse du vent dans la tranche $i$                             | [m/s]        |

| Symbole          | Description                                                               | Unité |
|------------------|---------------------------------------------------------------------------|-------|
| $u$              | composante d'incertitude-type de catégorie B                              |       |
| $u_i$            | incertitudes composées de catégorie B dans la tranche $i$                 |       |
| $V$              | vitesse du vent                                                           | [m/s] |
| $V_{ave}$        | moyenne annuelle de la vitesse du vent à la hauteur du moyeu              | [m/s] |
| $V_{10min}$      | vitesse du vent moyennée sur une période de 10 min                        | [m/s] |
| WME              | wind measurement equipment (matériel de mesure du vent)                   |       |
| $\alpha$         | exposant de cisaillement du vent calculé à l'aide de la loi exponentielle |       |
| $\sigma_{10min}$ | écart-type du paramètre moyenné sur une période de 10 min                 |       |

## 5 Vue d'ensemble du mesurage du vent

Le terme "mesurage du vent" se réfère à la détermination des différentes caractéristiques du vent par mesurage. Ces caractéristiques incluent communément la vitesse du vent, la direction du vent et l'intensité des turbulences, bien que d'autres caractéristiques existantes du vent puissent être déterminées par mesurage. De plus, ces caractéristiques peuvent être définies selon différentes étendues spatiales de mesure (ponctuelle ou volumétrique, par exemple), de base de temps (haute fréquence ou basse fréquence, par exemple) et de composantes (horizontale, vue linéaire ou vecteurs 3D, par exemple). Les premières éditions de la série de normes IEC 61400-50 s'occupent des exigences relatives aux instruments et aux méthodes de mesure de la vitesse du vent, de la direction du vent et de l'intensité des turbulences, qui sont généralement réduites à une statistique de 10 min (valeur moyenne, valeur minimale, valeur maximale, écart-type), à utiliser comme entrées dans des analyses ou processus décrits dans l'une des normes de cas d'utilisation de la série IEC 61400.

De nombreuses méthodes, hypothèses et spécifications associées au secteur éolien sont historiquement liées à l'hypothèse selon laquelle les mesurages du vent sont effectués à l'aide des anémomètres à coupelles mesurant la composante horizontale du vent. Cela conduit au fait que les mesurages du vent sont ponctuels et sont généralement filtrés passe-bas (en raison des caractéristiques inertielles et aérodynamiques inhérentes des anémomètres à coupelles).

NOTE Dans le présent document, le terme "mesurage ponctuel" est utilisé dans un sens relatif. Les anémomètres à coupelles ou à ultrasons sont relativement de petites dimensions par rapport aux grandes éoliennes ou au volume de mesure des dispositifs de télédétection. À cet égard, le mesurage du vent des anémomètres à coupelles ou à ultrasons peut être considéré comme un mesurage ponctuel.

Cependant, d'autres technologies de mesure sont devenues courantes au cours de la dernière décennie. Ces technologies comprennent les anémomètres à ultrasons et les dispositifs de télédétection (RSD), tels que les dispositifs de détection et télémétrie par ondes lumineuses (lidar - light detection and ranging) et par ondes sonores (sodar - sonic detection and ranging). Ces dispositifs fournissent des mesurages du vent qui sont réalisés suivant une manière différente de celles des anémomètres à coupelles, et peuvent ne pas être directement comparables aux mesurages du vent des anémomètres à coupelles, sans un autre post-traitement.

Dans le cas des anémomètres à ultrasons, les instruments disponibles fournissent des mesurages du vent tridimensionnels en un point donné. En effet, ces anémomètres ne sont pas équipés de parties mobiles et ne sont donc pas soumis au filtrage inertiel ou aérodynamique que subissent les anémomètres à coupelles. Cela peut rendre les anémomètres à ultrasons particulièrement adaptés, lorsque les écoulements du vent turbulents ou complexes sont étudiés et lorsque des mesurages à fréquence plus élevée de plusieurs composantes vectorielles du vent peuvent être exigés. La taille relativement petite des sondes et l'absence de parties mobiles au niveau des anémomètres à ultrasons, peut rendre le système de

chauffage (qui évite le givrage) moins contraignant que sur des anémomètres à coupelles et les rendant ainsi particulièrement adaptés aux mesurages du vent dans des climats froids.

Les dispositifs de télédétection effectuent des mesurages du vent à travers un volume relativement important (de l'ordre de plusieurs mètres à plusieurs dizaines de mètres) à une plage de hauteurs se trouvant au-dessus ou à des distances de l'emplacement physique du dispositif de mesure (de l'ordre de plusieurs centaines de mètres à un grand nombre de centaines de mètres du dispositif de télédétection (ou au-dessus) du dispositif de télédétection). Plus l'écoulement à travers ce volume de mesure est complexe, plus il est probable que les paramètres du vent mesurés par un dispositif de télédétection soient significativement différents (voire erronés) par rapport à ceux obtenus à partir des anémomètres à coupelles ou à ultrasons, mesurés nominalelement à la même hauteur et au même emplacement que le dispositif de télédétection, mais à un petit volume de l'ordre de quelques centimètres. Cependant, les dispositifs de télédétection peuvent présenter des avantages en matière de capacité de déploiement et de sécurité (s'ils sont montés au sol). De même, ils favorisent le mesurage économique du vent à des hauteurs élevées au-dessus du sol par rapport aux anémomètres à coupelles ou à ultrasons conventionnels montés sur un mât.

De ce qui précède, il est clair que les caractéristiques des instruments et l'environnement dans lequel se situent les instruments de mesure du vent ont une influence sur les différentes méthodes de mesure du vent. D'après la classification des instruments, la complexité de l'écoulement du vent a une influence sur l'exactitude de mesure du vent. En effet, cette complexité peut rendre un type d'instrument particulier inapproprié pour l'utilisation, dans certaines conditions d'écoulement du vent ou de terrain complexe. De plus, le détail des matériels de montage (par exemple, mâts et flèches) et de la configuration des instruments a une influence sur l'exactitude de mesure. La série de normes IEC 61400-50 développe des exigences relatives à l'emplacement et au montage des instruments de mesure du vent.

En résumé, la série de normes IEC 61400-50 spécifie les exigences et méthodes relatives à l'utilisation, l'étalonnage et la classification des anémomètres à coupelles conventionnels (y compris les girouettes), des anémomètres à ultrasons et des dispositifs de télédétection, de telle manière que les mesurages du vent résultants soient conformes aux exigences de cas d'utilisation spécifiées dans d'autres normes de la série IEC 61400, en matière d'exactitude et d'incertitude. Toutes les méthodes de mesure du vent ne sont pas compatibles avec tous les cas d'utilisation. Les normes de cas d'utilisation déterminent la ou les méthodes de mesure du vent convenables pour ces cas d'utilisation.

## 6 Interfaces entre les normes

La décision relative à la mise en œuvre des mesurages du vent selon la série IEC 61400-50 est généralement de satisfaire aux exigences de mesure du vent d'une ou d'autres normes de cas d'utilisation. Dans les premières éditions de la série de normes IEC 61400-50, les exigences correspondent à une duplication directe des exigences de mesure du vent des IEC 61400-12-1:2017 et IEC 61400-12-2:2013. La série IEC 61400-50 comporte les exigences de mesure du vent qui ont été séparées des normes IEC 61400-12-1:2017 et IEC 61400-12-2:2013. De même, la série IEC 61400-12 comprend les exigences de performance de puissance restantes qui ont été transférées dans un ensemble de documents. La Figure 1 donne une vue d'ensemble de la relation entre les normes restructurées ainsi que la direction du flux des informations.