NORME INTERNATIONALE

ISO 16079-1

Première édition
2017-11

Surveillance et diagnostic d'état des éoliennes de production d'électricité —

Partie 1: Lignes directrices générales

Condition monitoring and diagnostics of wind turbines —
Part 1: General guidelines

Numéro de référence
ISO 16079-1:2017(F)

© ISO 2017



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2017, Publié en Suisse

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, l'affichage sur l'internet ou sur un Intranet, sans autorisation écrite préalable. Les demandes d'autorisation peuvent être adressées à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Ch. de Blandonnet 8 • CP 401
CH-1214 Vernier, Geneva, Switzerland
Tel. +41 22 749 01 11
Fax +41 22 749 09 47
copyright@iso.org
www.iso.org

Sommaire

Page

Avant-propos ..... **iv**

Introduction ..... **v**

1 Domaine d'application **1**

2 Références normatives **1**

3 Termes et définitions **1**

4 Aperçu de la mise en œuvre d'une procédure de surveillance d'état — Exigences relatives à la préparation et au diagnostic **4**

5 AMDEC: Identification des modes de défaillance, de leurs effets et de leur criticité **6**

5.1 Aperçu général 6

5.2 Détermination du facteur de criticité, f_{FC}, des composants de l'éolienne 8

5.3 Détermination du facteur de priorité du mode de défaillance, f_{PMD} 9

5.4 Calcul de l'ordre de priorité de la surveillance, n_{OPS} 11

Annexe A (informative) **Intervalle P-F, DEFAD et DVUR** **12**

Annexe B (informative) **Exemple d'analyse AMDEC de la transmission d'une éolienne** **15**

Annexe C (informative) **Liste des composants d'une éolienne et de leurs modes de défaillance** **18**

Annexe D (informative) **Brève présentation du concept d'analyse AMDEC** **21**

Bibliographie **23**

© ISO 2017 – Tous droits réservés

Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (IEC) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les procédures utilisées pour élaborer le présent document et celles destinées à sa mise à jour sont décrites dans les Directives ISO/IEC, Partie 1. Il convient, en particulier de prendre note des différents critères d'approbation requis pour les différents types de documents ISO. Le présent document a été rédigé conformément aux règles de rédaction données dans les Directives ISO/IEC, Partie 2 (voir www.iso.org/directives).

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. L'ISO ne saurait être tenue pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence. Les détails concernant les références aux droits de propriété intellectuelle ou autres droits analogues identifiés lors de l'élaboration du document sont indiqués dans l'Introduction et/ou dans la liste des déclarations de brevets reçues par l'ISO (voir www.iso.org/brevets).

Les appellations commerciales éventuellement mentionnées dans le présent document sont données pour information, par souci de commodité, à l'intention des utilisateurs et ne sauraient constituer un engagement.

Pour une explication de la nature volontaire des normes, la signification des termes et expressions spécifiques de l'ISO liés à l'évaluation de la conformité, ou pour toute information au sujet de l'adhésion de l'ISO aux principes de l'Organisation mondiale du commerce (OMC) concernant les obstacles techniques au commerce (OTC), voir le lien suivant: www.iso.org/avant-propos.

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 108, *Vibrations et chocs mécaniques, et leur surveillance*, sous-comité SC 5, *Surveillance et diagnostic des systèmes de machines*.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 16079 se trouve sur le site Web de l'ISO.

 © ISO 2017 – Tous droits réservés

Introduction

Généralités

Le présent document est le premier d'une série de Normes internationales couvrant l'application d'une surveillance d'état aux éoliennes de production d'électricité. Il s'agit de l'application des recommandations et des bonnes pratiques décrites dans les normes génériques élaborées par l'ISO/TC 108.

Contexte

La production d'énergie par des éoliennes augmente de façon exponentielle sur le marché mondial de l'énergie. En conséquence, la prévisibilité de la production de ces centrales éoliennes est devenue aussi cruciale que la prévisibilité de la production d'énergie des centrales conventionnelles. Comme pour les centrales conventionnelles, un programme de maintenance efficace des centrales éoliennes apporte une valeur ajoutée significative à la fiabilité et à la prévisibilité de la fourniture d'énergie. Un système efficace de surveillance d'état constitue une partie importante d'un tel programme visant à atteindre les objectifs suivants:

a) obtenir une prévision de la production d'énergie, évitant ainsi des pénalités des gestionnaires du réseau si la quantité d'énergie annoncée n'est pas fournie;

b) conserver la confiance des investisseurs en ce qui concerne la fourniture d'une production d'énergie stable, les motivant ainsi pour de futurs investissements;

c) réduire les coûts de maintenance des turbines en:

   1) évitant que les défaillances n'atteignent un état grave;

   2) évitant les défaillances consécutives ou ultérieures; et

   3) étant en mesure de planifier l'entretien plusieurs mois à l'avance;

d) réduire le coût du cycle de vie en:

   1) évitant une perte de disponibilité;

   2) permettant la poursuite des opérations dans des conditions de défaut (éventuellement avec des restrictions appropriées); et

   3) facilitant l'analyse des défaillances afin d'empêcher leur répétition.

En général, la surveillance d'état est associée aux exigences suivantes:

— des alarmes fiables. Une alarme n'est déclenchée que si le niveau de confiance du diagnostic et du pronostic est élevé. Les éoliennes sont installées dans des lieux éloignés et de nombreuses éoliennes sont situées en mer où l'accès est limité et coûteux;

— une durée estimée de fonctionnement avant défaillance. Elle permet de planifier efficacement la maintenance, d'utiliser efficacement les grues et le personnel, de commander des pièces de rechange, etc.;

— des mesurages fiables des descripteurs. Outre les forces auto-excitées, une éolienne est également soumise à des événements environnementaux. Du fait de sa structure compacte, les valeurs de mesure d'une partie de la machine peuvent être affectées par d'autres parties de la machine;

— la détection d'une surveillance défectueuse. Un système d'acquisition de données en fonctionnement est la base d'un système de surveillance fiable. Tout équipement est sujet à défaillance. Il est essentiel qu'un équipement défectueux soit détecté pour assurer un processus fiable de surveillance de l'état;

— un environnement informatique complexe. Un système de surveillance doit surveiller des milliers d'éoliennes connectées à un serveur central via des réseaux de données mondiaux complexes. (Cette exigence ne relève pas du domaine d'application du présent document.)

© ISO 2017 – Tous droits réservés

La surveillance de l'état des éoliennes présente certaines difficultés par rapport à la surveillance de l'état des autres machines:

— l'accès à la nacelle étant difficile, potentiellement dangereux et non autorisé en cours d'exploitation dans de nombreux pays, des systèmes en ligne sont le plus souvent nécessaires pour des mesurages habituellement réalisés à l'aide de dispositifs portatifs;

— la charge des éoliennes variant de façon significative dans le temps et ne pouvant pas être influencée, des mesures supplémentaires doivent être prises pour assurer la répétabilité des mesurages;

— l'auto-excitation des structures, les valeurs extrêmes de la température ambiante et la probabilité de foudroiement mettent durement à l'épreuve la robustesse de tous les systèmes;

— étant donné que les éoliennes sont souvent installées dans des lieux éloignés, les systèmes de surveillance doivent être capables de fonctionner en cas de perte de connectivité du réseau.

Objectifs de la série de normes ISO 16079

Le présent document et les documents suivants de la série de normes ISO 16079 ont les objectifs suivants:

a) permettre aux fabricants d'éoliennes, aux exploitants d'éoliennes et aux fabricants de systèmes de surveillance de l'état des éoliennes de partager des concepts et une terminologie communs;

b) fournir une méthodologie permettant aux utilisateurs du présent document de hiérarchiser et de sélectionner les composants devant être surveillés et les modes de défaillance devant être détectés, afin d'obtenir le système de surveillance d'état le plus efficace en termes de:

   1) coût;

   2) capacité de détection;

   3) complexité du système et des méthodes de surveillance; et

   4) ressources disponibles et niveau de compétence du personnel de l'organisme de surveillance.

Le présent document et les documents suivants de la série de normes ISO 16079 N'ONT PAS pour objectif de traiter de tous les aspects des systèmes de surveillance de sécurité.

Longue expérience

Les stratégies de surveillance présentées dans la série de normes ISO 16079 sont fondées sur une longue expérience. Seules des méthodes conservatives éprouvées et les meilleures pratiques sont appliquées. Cela signifie que la détection de certains modes de défaillance peut être délaissée si le comportement des modes de défaillance et leurs symptômes associés ne sont pas bien documentés. Lorsque de nouvelles techniques de surveillance seront développées, le présent document sera mis à jour en conséquence.

Relation avec les normes génériques de l'ISO/TC 108

L'ISO 17359 est une norme mère du présent document. Elle présente une vue d'ensemble d'une procédure générique recommandée pour la mise en œuvre d'un programme de surveillance et fournit de plus amples détails relatifs aux principales étapes à suivre. Elle introduit le concept d'orientation des activités de surveillance vers les origines des modes de défaillance et décrit l'approche générique pour déterminer des critères d'alarme, pour réaliser des diagnostics d'état et des pronostics et pour améliorer la confiance dans ces diagnostics d'état et pronostics, développés plus en détail dans d'autres documents. Les techniques particulières de surveillance de l'état ne sont présentées que succinctement.

Le concept de surveillance de l'état lui-même, mais aussi les techniques de mesure impliquées, sont présentés dans d'autres lignes directrices générales de surveillance de l'état, telles que l'ISO 13373 (toutes les parties), l'ISO 13374 (toutes les parties) et l'ISO 13379-1. Ces lignes directrices sont considérées comme le fondement du présent document. La Figure 1 montre la relation entre le présent

 © ISO 2017 – Tous droits réservés

document spécifique à une machine et d'autres lignes directrices génériques relatives aux techniques de mesure et de surveillance de l'état.

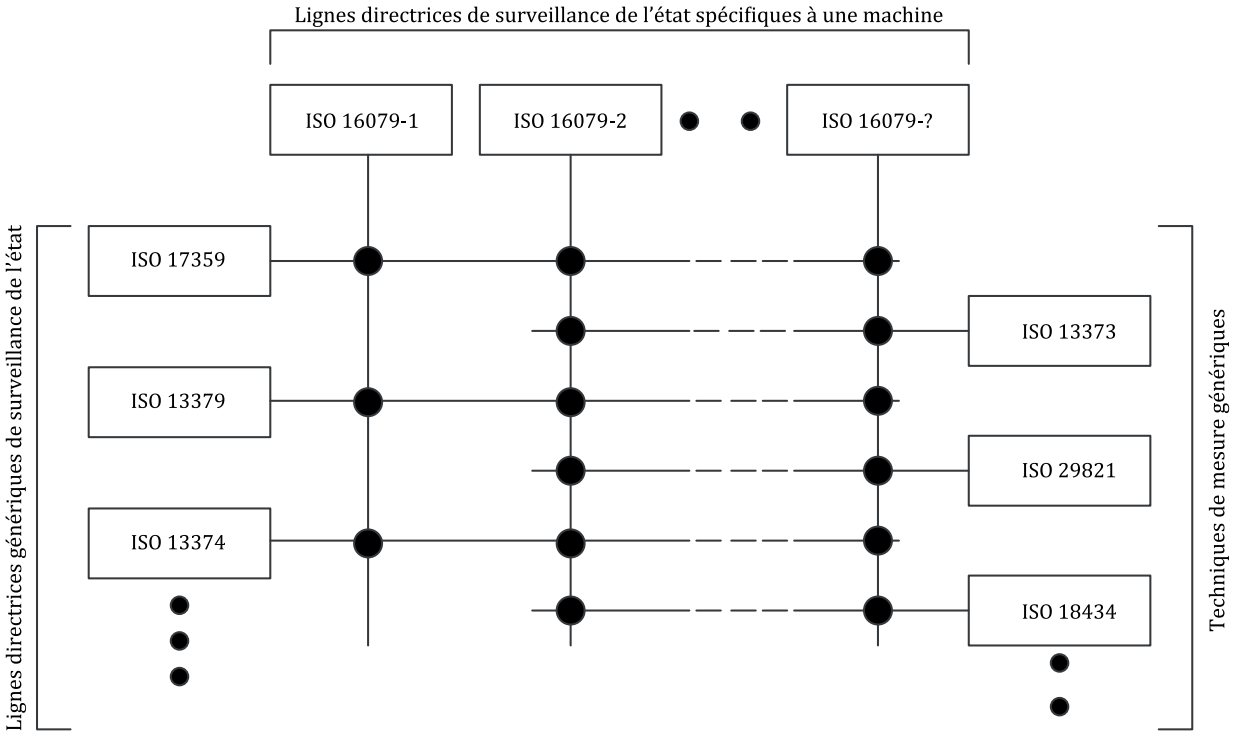


Figure 1 — Relation entre les Normes internationales spécifiques à une machine et les Normes internationales génériques

Autres documents et lignes directrices relatives aux éoliennes

Les documents et les lignes directrices énumérées ici ne relèvent pas du domaine d'application du présent document. Toutefois, une brève description est pertinente car ils sont souvent mentionnés.

— L'10816-21[1] spécifie les mesurages à large bande à appliquer pour l'évaluation des vibrations mécaniques des éoliennes en utilisant des limites de zones. Des exemples de limites de zones pour les éoliennes terrestres de moins de 3 MW sont fournis dans une annexe. L'objectif de l'ISO 10816-21 est de normaliser les mesurages des vibrations, de faciliter leur évaluation et de permettre une évaluation comparative des vibrations mesurées dans les éoliennes et leurs composants. Pour la surveillance de l'état à long terme et le diagnostic, des techniques plus avancées ne relevant pas du domaine d'application de l'ISO 10816-21 sont requises.

— L'IEC 61400-25-6,[10] dans la série de normes IEC 61400-25, spécifie les modèles d'information associés à la surveillance d'état des centrales éoliennes et l'échange d'informations concernant les valeurs des données associées à ces modèles. L'objectif du présent document (ISO 16079) est de définir les descripteurs pour la détection des différents modes de défaillance. L'IEC 61400-25-6 complète le présent document en spécifiant la façon d'organiser ces descripteurs dans un modèle de données.

  Un modèle de données organise les éléments de données et normalise leurs relations. Le modèle de données permet à un seul programme informatique d'extraire les données relatives aux éoliennes à partir de plusieurs systèmes de surveillance d'état dans lesquels le modèle de données est mis en œuvre. L'IEC 61400-25-6 décrit la notation permettant d'identifier les capteurs et les emplacements de capteurs, les types de capteur, les états de fonctionnement et propose une dénomination systématique des types de descripteur.

— Les lignes directrices DNV GL[11] spécifient les exigences relatives à la certification des systèmes de surveillance d'état des éoliennes et des organismes de surveillance associés. Les lignes directrices

© ISO 2017 – Tous droits réservés

spécifient les exigences relatives à la documentation du système de surveillance d'état et les exigences relatives aux procédures associées qui sont appliquées par le personnel de l'organisme de surveillance. Les lignes directrices spécifient l'emplacement des capteurs et les gammes de fréquences requises ainsi que les exigences relatives à la présence de certaines procédures d'analyse. Les lignes directrices ne proposent pas d'exigence concernant les modes de défaillance devant être détectés, ni la capacité de mesurage des types de descripteurs associés.

Relation avec la série de normes ISO 55000

L'exigence de la série de normes ISO 55000 est simple et a une relation directe avec la surveillance d'état. Une organisation, une société, ou une centrale éolienne, etc. détient un portefeuille d'actifs. Elle a mis en place une stratégie d'entreprise permettant d'atteindre les objectifs généraux de l'ensemble de l'organisation. Ces actifs sont destinés à réaliser une partie de ces objectifs. Le contrôle et la gouvernance efficaces d'actifs par des organisations sont essentiels pour créer de la valeur par la gestion du risque et de l'opportunité, afin d'atteindre l'équilibre souhaité entre coût, risque et performance.

Pour une centrale éolienne, la surveillance d'état est un élément essentiel du traitement des risques du programme de gestion d'actifs, en évitant une défaillance inopinée des éoliennes, en maîtrisant les coûts d'exploitation et en assurant des performances élevées

© ISO 2017 – Tous droits réservés

Surveillance et diagnostic d'état des éoliennes de production d'électricité —

Partie 1:
Lignes directrices générales

1 Domaine d'application

Le présent document fournit des lignes directrices qui servent de base pour choisir les méthodes de surveillance d'état utilisées pour la détection des modes de défaillance, le diagnostic et le pronostic des composants des centrales éoliennes.

2 Références normatives

Les documents suivants cités dans le texte constituent, pour tout ou partie de leur contenu, des exigences du présent document. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

ISO 2041, *Vibrations et chocs mécaniques, et leur surveillance — Vocabulaire*

ISO 13372:2012, *Surveillance et diagnostic de l'état des machines — Vocabulaire*

ISO 13379-1:2012, *Surveillance et diagnostic d'état des machines — Interprétation des données et techniques de diagnostic — Partie 1: Lignes directrices générales*

3 Termes et définitions

Pour les besoins du présent document, les termes et définitions donnés dans l'ISO 2041 et l'ISO 13372 ainsi que les 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 https://www.iso.org/obp

3.1
alarme
signal ou message destiné à avertir le personnel en cas d'*anomalie* (3.2) ou de combinaison logique d'anomalies, qui nécessite une action corrective

[SOURCE: ISO 13372:2012, 4.2, modifié — «nécessitant» a été remplacé par «qui nécessite».]

3.2
anomalie
irrégularité ou état anormal d'un système

[SOURCE: ISO 13372:2012, 4.4]

© ISO 2017 – Tous droits réservés

3.3
composant
sous-composant
partie de composant
partie d'une éolienne à engrenages, généralement palier principal, multiplicateur et génératrice

Note 1 à l'article: Au sens le plus strict de la définition, chacun de ces composants peut également contenir plusieurs sous-composants ou parties de composants tels qu'un palier de génératrice ou une roue satellite.

3.4
dommage consécutif
phénomènes par lesquels la dégradation d'un *composant* (3.3) peut provoquer des *défaillances (3.7)* dans d'autres composants

Note 1 à l'article: Il est aussi souvent appelé dommage secondaire ou dommage subséquent.

3.5
descripteur
attribut provenant de paramètres bruts ou calculés ou d'une observation externe

Note 1 à l'article: Les descripteurs sont utilisés pour exprimer des *symptômes (3.14)* et des *anomalies (3.2)*. Les descripteurs utilisés pour la surveillance et le diagnostic sont généralement ceux obtenus à partir des systèmes de surveillance d'état. Toutefois, les paramètres de fonctionnement, comme toute autre mesure, peuvent être considérés comme des descripteurs.

Note 2 à l'article: Les descripteurs sont également appelés « descripteurs de surveillance d'état ».

[SOURCE: ISO 13372:2012, 6.2, modifié — le terme admis «indicateur» a été supprimé et les Notes à l'article ont été ajoutées.]

3.6
durée estimée de fonctionnement avant défaillance
DEFAD
durée de fonctionnement
estimation du temps écoulé entre l'instant actuel et le moment où la machine surveillée présente une *défaillance fonctionnelle* (3.7)

[SOURCE: ISO 13381-1:2015, 3.8, modifié — le terme «durée de fonctionnement» a été ajouté.]

3.7
défaillance
cessation de l'aptitude d'un *composant* (3.3) ou d'une machine à effectuer la fonction requise

Note 1 à l'article: Une défaillance est un événement, à la différence d'un *défaut* (3.9), qui est un état.

[SOURCE: ISO 13372:2012, 1.7, modifié — «élément» a été remplacé par «composant» et «machine».]

3.8
défaillance fonctionnelle
F
moment où la machine cesse d'effectuer sa fonction requise

3.9
mode de défaillance
manière dont peut se produire la *défaillance* (3.6) d'un équipement ou d'une machine

Note 1 à l'article: Une machine peut avoir plusieurs *modes de défaillance* (3.8) tels que frottement, écaillage, déséquilibre, dommages par décharge électrique, desserrage, etc. Un mode de défaillance produit des *symptômes (3.15)* indiquant la présence d'un *défaut* (3.9).

© ISO 2017 – Tous droits réservés

3.10
défaut
<d'un composant d'une machine, dans une machine> état d'une machine en cas de dégradation ou de comportement anormal de l'un de ses *composants* (3.3) ou assemblages, pouvant entraîner une *défaillance fonctionnelle* (3.7) de la machine

Note 1 à l'article: Voir également *défaillance potentielle* (3.11).

Note 2 à l'article: Un défaut peut être le résultat d'une *défaillance* (3.6), mais il peut exister en l'absence de défaillance.

[SOURCE: ISO 13372:2012, 1.8, modifié — le domaine d'application a été ajouté, le terme «défaillance» a été remplacé par le terme «défaillance fonctionnelle» et les Notes à l'article ont été modifiées.]

3.11
intervalle P-F
estimation du temps qui s'écoule entre la détection d'un *défaut* (3.10) [*défaillance potentielle*, P (3.12)] et une *défaillance fonctionnelle* (F) (3.8)

Note 1 à l'article: La *DEFAD/durée de fonctionnement* (3.5) est inférieure ou égale à l'intervalle P-F.

Note 2 à l'article: Voir également *durée estimée de fonctionnement avant défaillance* (3.6).

Note 3 à l'article: Pour une planification efficace d'une action de maintenance, il est utile de connaître l'intervalle P-F d'un *mode de défaillance* (3.8) spécifique. Se reporter à l'Annexe A pour une explication plus précise de l'intervalle P-F, de la *DEFAD/durée de fonctionnement* (3.5) et de la *DVUR* (3.12).

3.12
défaillance potentielle
P
moment où un *défaut* (3.9) devient détectable

Note 1 à l'article: Elle est aussi parfois appelée « potentiel de défaillance ».

3.13
durée de vie utile restante
DVUR
temps restant avant que l'état du système ne descende au-dessous d'un seuil défini par le niveau de confiance de la *DEFAD* (3.5) et le risque acceptable

Note 1 à l'article: La capacité de prédire la DVUR est l'objectif du processus de pronostic.

Note 2 à l'article: Se reporter à l'Annexe A pour une explication plus précise de *l'intervalle P-F (3.10)*, de la *DEFAD/durée de fonctionnement* (3.5) et de la *DVUR*.

3.14
cause originelle
série de conditions et/ou d'actions qui interviennent au début d'une série d'événements qui ont pour conséquence le déclenchement d'un *mode de défaillance* (3.8)

[SOURCE: ISO 13372:2012, 8.9, modifié — le terme «et» a été ajouté.]

3.15
symptôme
<d'un défaut> perception, par observation humaine et par mesurages [*descripteurs* (3.4)], pouvant indiquer la présence d'un ou plusieurs *défauts* (3.9) avec une probabilité donnée

[SOURCE: ISO 13372:2012, 9.4, modifié — le champ d'application a été ajouté et l'expression «avec une probabilité donnée» a été ajoutée.]

© ISO 2017 – Tous droits réservés