

---

---

**Qualité de l'air — Météorologie de  
l'environnement —**

**Partie 3:  
Télédétection du vent par lidar  
Doppler à ondes contenues basé au sol**

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
*Air quality — Environmental meteorology —*

**(standards.iteh.ai)**  
*Part 3: Ground-based remote sensing of wind by continuous-wave  
Doppler lidar*

ISO 28902-3:2018

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8dcae629-d8a6-4eb3-9be2-c32400a97174/iso-28902-3-2018>



**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 28902-3:2018

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8dcae629-d8a6-4eb3-9be2-c32400a97174/iso-28902-3-2018>



**DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT**

© ISO 2018

Tous droits réservés. Sauf prescription différente ou nécessité dans le contexte de sa mise en œuvre, 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, ou la diffusion sur l'internet ou sur un intranet, sans autorisation écrite préalable. Une autorisation peut être demandée à l'ISO à l'adresse ci-après ou au comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office  
Case postale 401 • Ch. de Blandonnet 8  
CH-1214 Vernier, Genève  
Tél.: +41 22 749 01 11  
Fax: +41 22 749 09 47  
E-mail: [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)  
Web: [www.iso.org](http://www.iso.org)

Publié en Suisse

## Sommaire

Page

<b>Avant-propos</b> .....	<b>iv</b>
<b>Introduction</b> .....	<b>v</b>
<b>1 Domaine d'application</b> .....	<b>1</b>
<b>2 Références normatives</b> .....	<b>1</b>
<b>3 Termes et définitions</b> .....	<b>2</b>
<b>4 Principes essentiels du lidar Doppler hétérodyne</b> .....	<b>4</b>
4.1 Présentation générale.....	4
4.2 Détection hétérodyne.....	6
4.3 Analyse spectrale.....	8
4.3.1 Traitement du signal pour un lidar à ondes continues.....	8
4.3.2 Exemple de processus d'estimation de la vitesse du vent.....	9
4.4 Variables cibles.....	10
4.5 Sources de bruit et d'incertitudes.....	10
4.5.1 Bruit de Schottky de l'oscillateur local.....	10
4.5.2 Bruit du détecteur.....	10
4.5.3 Bruit d'intensité relatif (RIN).....	11
4.5.4 Chatoiement.....	11
4.5.5 Fréquence du laser.....	11
4.6 Assignation en distance.....	11
4.7 Limites connues.....	12
<b>5 Spécifications et essais du système</b> .....	<b>13</b>
5.1 Spécifications du système.....	13
5.1.1 Longueur d'onde du laser.....	13
5.1.2 Caractéristiques de l'émetteur/récepteur.....	13
5.1.3 Caractéristiques du système de pointage.....	13
5.2 Facteurs de mérite.....	14
5.3 Fidélité et disponibilité des mesurages.....	14
5.3.1 Exactitude de mesure de la vitesse radiale.....	14
5.3.2 Taux de disponibilité des données.....	15
5.3.3 Portée opérationnelle maximale.....	15
5.4 Modes opératoires d'essai.....	15
5.4.1 Généralités.....	15
5.4.2 Écho sur cible dure.....	15
5.4.3 Évaluation de l'exactitude par comparaison avec d'autres instruments.....	16
5.4.4 Validation de la portée opérationnelle maximale.....	17
<b>6 Planification du mesurage et instructions relatives à l'installation</b> .....	<b>18</b>
6.1 Exigences relatives au site.....	18
6.2 Conditions limites pour usage général.....	18
6.3 Maintenance et essai de fonctionnement.....	19
6.3.1 Généralités.....	19
6.3.2 Maintenance.....	19
6.3.3 Essai de fonctionnement.....	19
6.3.4 Incertitude.....	19
<b>Bibliographie</b> .....	<b>21</b>

## 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](http://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](http://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 [www.iso.org/avant-propos](http://www.iso.org/avant-propos).

Le présent document a été élaboré par le comité technique ISO/TC 146, *Qualité de l'air*, sous-comité SC 5, *Météorologie*.

Une liste de toutes les parties de la série ISO 28902 se trouve sur le site web de l'ISO.

Il convient que l'utilisateur adresse tout retour d'information ou toute question concernant le présent document à l'organisme national de normalisation de son pays. Une liste exhaustive desdits organismes se trouve à l'adresse [www.iso.org/fr/members.html](http://www.iso.org/fr/members.html).

## Introduction

Les lidars («light detection and ranging»), désignant les lidars atmosphériques dans le présent document, se sont révélés être des systèmes intéressants pour la télédétection des polluants atmosphériques et divers paramètres météorologiques, tels que le vent, les nuages, les aérosols et les gaz. L'utilisation des méthodes lidar permet d'extraire et de déterminer l'ensemble des propriétés optiques et physiques des cibles explorées telles que la distribution granulométrique, la composition chimique et la forme des particules, la concentration de gaz, et des propriétés optiques de l'atmosphère telles que la visibilité, l'extinction et la rétrodiffusion. La détection de telles cibles atmosphériques peut être résolue en distance le long de la ligne de visée du lidar, par exemple en focalisant le faisceau laser à la distance choisie. La mesure est sans contact direct et peut se faire dans n'importe quelle direction grâce à l'utilisation d'un rayonnement électromagnétique. Les systèmes lidar complètent donc les technologies de mesure *in situ* classiques. Ils peuvent être utilisés pour plusieurs applications qui ne peuvent pas être correctement mises en œuvre avec des méthodes de mesure *in situ* ou ponctuelles.

Plusieurs méthodes permettent d'utiliser les lidars pour mesurer le vent atmosphérique. Les quatre méthodes les plus couramment utilisées sont le lidar Doppler pulsé hétérodyne (voir l'ISO 28902-2:2017<sup>[1]</sup>), le lidar Doppler hétérodyne à ondes continues, le lidar Doppler à détection directe et le lidar Doppler à résonance (couramment utilisé pour les mesurages de la couche de sodium mésosphérique). Pour de plus amples informations, se reporter aux Références <sup>[2]</sup> et <sup>[3]</sup>.

Le présent document décrit l'utilisation du lidar Doppler (monostatique) hétérodyne à ondes continues.

## iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 28902-3:2018

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8dcae629-d8a6-4eb3-9be2-c32400a97174/iso-28902-3-2018>

**iTeh STANDARD PREVIEW**  
**(standards.iteh.ai)**

ISO 28902-3:2018

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/8dcae629-d8a6-4eb3-9be2-c32400a97174/iso-28902-3-2018>

# Qualité de l'air — Météorologie de l'environnement —

## Partie 3:

# Téledétection du vent par lidar Doppler à ondes contenues basé au sol

## 1 Domaine d'application

Le présent document spécifie les exigences et les modes opératoires d'essais de performance relatifs aux techniques de lidar Doppler monostatique hétérodyne à ondes continues et présente leurs avantages et limites. Dans le présent document, le terme «lidar Doppler» s'applique uniquement à des systèmes lidars monostatiques hétérodynes à ondes continues permettant d'extraire des mesures du vent à partir de la diffusion d'une lumière laser par des aérosols dans l'atmosphère. Les performances et les limites sont décrites sur la base de conditions atmosphériques normalisées. Le présent document décrit la détermination de la vitesse du vent sur la ligne de visée (vitesse radiale du vent).

NOTE La détermination du vecteur vent à partir de mesures individuelles sur la ligne de visée n'est pas décrite dans le présent document car elle est hautement spécifique à une configuration de lidar particulière. Un exemple d'extraction du vecteur vent est donné dans l'ISO 28902-2:2017 Annexe B.

Le présent document ne traite pas de l'extraction du vecteur vent.

Le présent document peut être utilisé dans les champs d'application suivants:

- points météorologiques, par exemple pour l'aviation, la sécurité aéroportuaire, les applications maritimes, les plates-formes pétrolières;
- production d'énergie éolienne, par exemple évaluation d'un site, détermination de la courbe de puissance;
- mesurages de routine des profils de vent dans les stations météorologiques;
- surveillance de la dispersion des polluants dans l'atmosphère;
- gestion des risques industriels (surveillance directe des données ou par assimilation des données dans des modèles de flux à micro-échelle);
- processus d'échanges (émissions de gaz à effet de serre).

Le présent document peut être utilisé par les fabricants de lidars Doppler monostatiques à ondes continues ainsi que par les organismes en charge des essais et de la certification de leur conformité. Le présent document fournit également des recommandations aux utilisateurs pour un usage adéquat de ces instruments.

## 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).

IEC 61400-12-1:2017, *Systèmes de génération d'énergie éolienne — Partie 12-1: Mesures de performance de puissance des éoliennes de production d'électricité*

### 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:

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

#### 3.1

##### **taux de disponibilité des données**

rapport entre le nombre de données de mesure effectivement acquises ayant une qualité prédéfinie et le nombre attendu de données de mesure pendant une période de mesure donnée

Note 1 à l'article: Dans l'industrie éolienne, ce terme s'applique couramment à des mesurages moyennés sur une période normalisée de 10 min.

#### 3.2

##### **résolution en portée affichée**

intervalle spatial entre les centres de deux mesurages de portée successifs

#### 3.3

##### **résolution en portée effective**

variable liée à l'application décrivant un intervalle de portée intégré pour lequel la variable cible est fournie avec une incertitude définie

[SOURCE: ISO 28902-1:2012, 3.14, modifiée — L'exemple a été supprimé.]

#### 3.4

##### **résolution temporelle effective**

variable liée à l'application décrivant un intervalle de temps intégré pour lequel la variable cible est fournie avec une incertitude définie

[SOURCE: ISO 28902-1:2012, 3.12, modifiée — Le symbole et l'exemple ont été supprimés.]

#### 3.5

##### **coefficient d'extinction**

$\alpha$

mesure de l'opacité atmosphérique, exprimée par le logarithme népérien du rapport de l'intensité lumineuse incidente à l'intensité lumineuse transmise, par longueur unitaire du trajet lumineux

[SOURCE: ISO 28902-1:2012, 3.10]

#### 3.6

##### **durée d'intégration**

temps nécessaire à la détermination d'une valeur indépendante de la vitesse dans la ligne de visée

#### 3.7

##### **portée maximale d'acquisition**

$R_{MaxA}$

distance maximale à laquelle un signal lidar peut être enregistré et traité

Note 1 à l'article: Elle dépend principalement de la longueur d'onde du laser et de la dimension de l'ouverture de l'émetteur; elle dépend aussi, dans une certaine mesure, du nombre de points d'acquisition et de la fréquence d'échantillonnage.

**3.8****portée minimale d'acquisition** $R_{MinA}$ 

distance minimale à partir de laquelle un signal lidar peut être enregistré et traité

Note 1 à l'article: Si la portée minimale d'acquisition n'est pas indiquée, elle est supposée être égale à zéro. Elle peut être différente de zéro lorsque la réception est masquée par les limites de focalisation.

**3.9****portée opérationnelle maximale** $R_{MaxO}$ 

distance maximale jusqu'à laquelle le signal lidar permet de déterminer de manière fiable une vitesse de vent

Note 1 à l'article: La portée opérationnelle maximale est inférieure ou égale à la portée maximale d'acquisition.

Note 2 à l'article: La portée opérationnelle maximale est définie le long d'un axe correspondant à l'application. Elle est mesurée verticalement pour un profileur de vent. Elle est mesurée horizontalement pour les lidars à balayage capables de mesurer dans la totalité d'un hémisphère.

Note 3 à l'article: La portée opérationnelle maximale dépend des paramètres lidar, mais aussi des conditions atmosphériques, en particulier du coefficient d'extinction.

**3.10****période de mesure**

intervalle de temps entre les première et dernière mesures

[SOURCE: ISO 28902-2:2017, 3.10]

**3.11****portée opérationnelle minimale** $R_{MinO}$ 

distance minimale à laquelle le signal lidar permet de déterminer de manière fiable une vitesse de vent

Note 1 à l'article: La portée opérationnelle minimale est également appelée zone aveugle.

Note 2 à l'article: Dans les lidars à ondes continues, la portée opérationnelle minimale est déterminée par la position la plus proche du foyer pouvant être atteinte par le système optique de l'émetteur/récepteur.

**3.12****résolution en portée physique**

largeur (à mi-hauteur) de la fonction de pondération en portée

[SOURCE: ISO 28902-2:2017, 3.12]

**3.13****longueur de sonde**

largeur (à mi-hauteur) de la fonction de pondération spatiale sélectionnant la région de l'espace qui contribue au calcul de la vitesse du vent

Note 1 à l'article: La longueur de sonde est centrée sur la distance de mesure.

**3.14****résolution en portée**

variable liée au matériel décrivant le plus court intervalle de portée à partir duquel des informations de signal indépendantes peuvent être obtenues

[SOURCE: ISO 28902-1:2012, 3.13]

### 3.15

#### **fonction de pondération en portée**

fonction de pondération de la vitesse radiale du vent le long de la ligne de visée

[SOURCE: ISO 28902-2:2017, 3.15]

### 3.16

#### **résolution temporelle**

variable liée au matériel décrivant le plus court intervalle de temps à partir duquel des informations de signal indépendantes peuvent être obtenues

[SOURCE: ISO 28902-1:2012, 3.11]

### 3.17

#### **biais de vitesse**

écart systématique maximal dû à l'instrument lors du mesurage de la vitesse

Note 1 à l'article: Le biais de vitesse doit être réduit au minimum par un étalonnage adéquat, par exemple sur une cible fixe.

[SOURCE: ISO 28902-2:2017, 3.17]

### 3.18

#### **plage de vitesse**

plage déterminée par la vitesse minimale mesurable du vent, la vitesse maximale mesurable du vent et l'aptitude à mesurer le signe de la vitesse, sans ambiguïté

Note 1 à l'article: Selon l'application lidar, la plage de vitesse peut être définie en tant que vitesse radiale du vent (lidar à balayage) ou en tant que vitesse horizontale du vent (profilleur de vent).

[SOURCE: ISO 28902-2:2017, 3.18]

### 3.19

#### **résolution en vitesse**

écart-type instrumental de vitesse

Note 1 à l'article: La résolution en vitesse est déterminée par la largeur de tranche de traitement du signal.

### 3.20

#### **cisaillement du vent**

variation du vecteur vent dans un plan perpendiculaire à la direction du vent

[SOURCE: ISO 28902-2:2017, 3.20]

## 4 Principes essentiels du lidar Doppler hétérodyne

### 4.1 Présentation générale

Un lidar Doppler à ondes continues émet un faisceau laser étroit (voir [Figure 1](#)). Lorsqu'il se propage dans l'atmosphère, le rayonnement laser est diffusé dans toutes les directions par les aérosols, les molécules et autres particules diffusantes. Une partie du rayonnement diffusé revient vers le lidar; elle est capturée par un télescope, détectée et analysée. Les aérosols et les molécules se déplaçant avec l'atmosphère, il en résulte un décalage de fréquence par effet Doppler pour la lumière laser diffusée.

Aux longueurs d'onde (et donc fréquences) pertinentes pour un lidar Doppler hétérodyne (cohérent), la majeure partie du rayonnement rétrodiffusé provient des aérosols.

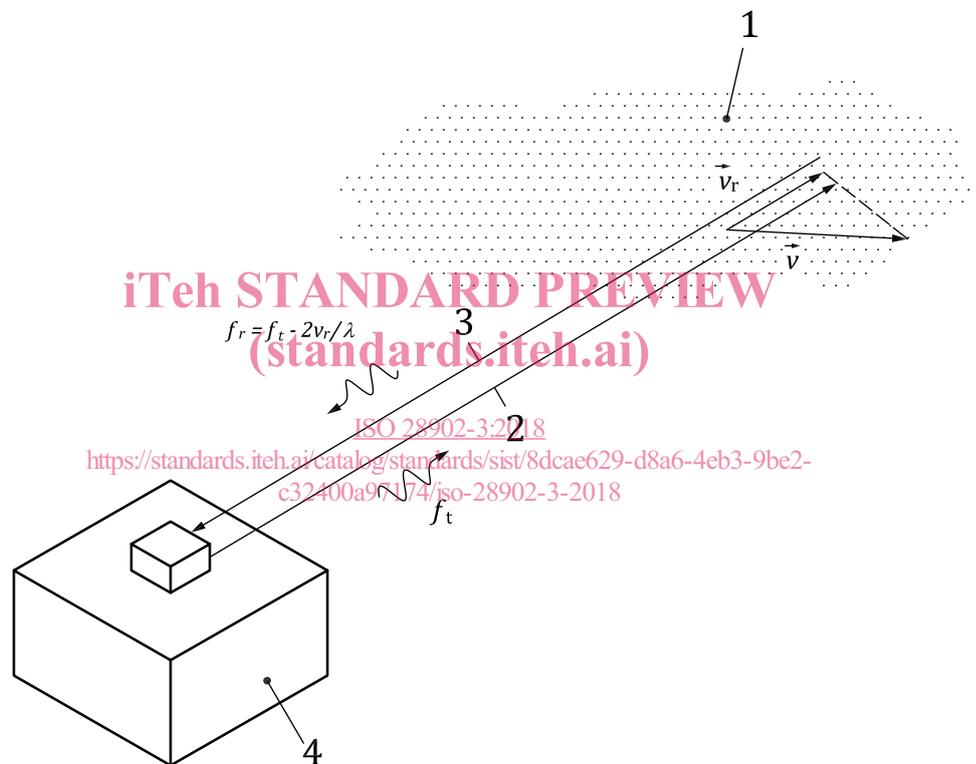
L'analyse vise à déterminer la différence  $\Delta f$  entre la fréquence  $f_t$  de l'émission laser et la fréquence  $f_r$  de la lumière rétrodiffusée. Selon l'équation de Doppler, cette différence est proportionnelle à la composante du vent sur la ligne de visée, comme indiqué dans la [Formule \(1\)](#):

$$\Delta f = f_r - f_t = -2v_r / \lambda \quad (1)$$

où

$\lambda$  est la longueur d'onde du laser;

$v_r$  est la composante du vent le long de la ligne de visée (composante du vecteur vent,  $\vec{v}$ , le long de l'axe du faisceau laser, considérée comme étant positive lorsque le vent souffle dans la direction opposée au lidar).



#### Légende

- 1 particules diffusantes se déplaçant avec le vent
- 2 trajet optique du faisceau laser émis
- 3 axe optique du récepteur
- 4 instrument lidar

**Figure 1 — Principe de mesure d'un lidar Doppler hétérodyne**

Pour un système lidar Doppler à ondes continues, la distance de mesure est généralement réglée en focalisant le faisceau pour lui donner une dimension minimale à la distance choisie. La lumière rétrodiffusée à partir des régions situées à proximité du point de focalisation est efficacement ré-imaginée par le récepteur; la lumière provenant d'une région bien plus proche ou bien plus éloignée du point de focalisation ou du foyer est mal captée.