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

**Partie 1:
Téledétection de la portée visuelle par
lidar basée sur le sol**

*Air quality — Environmental meteorology —
Part 1: Ground-based remote sensing of visual range by lidar*
**iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)**

ISO 28902-1:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ac1b0419-1d09-4538-8cf3-24cb2eb56427/iso-28902-1-2012>



iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

ISO 28902-1:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ac1b0419-1d09-4538-8c33-24cb2eb56427/iso-28902-1-2012>



DOCUMENT PROTÉGÉ PAR COPYRIGHT

© ISO 2012

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, 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'ISO à l'adresse ci-après ou du comité membre de l'ISO dans le pays du demandeur.

ISO copyright office
Case postale 56 • CH-1211 Geneva 20
Tel. + 41 22 749 01 11
Fax + 41 22 749 09 47
E-mail copyright@iso.org
Web www.iso.org

Publié en Suisse

Sommaire

Page

Avant-propos.....	iv
Introduction.....	v
1 Domaine d'application	1
2 Références normatives	1
3 Termes et définitions	2
4 Symboles et abréviations	4
4.1 Symboles	4
4.2 Termes abrégés	6
5 Principes essentiels du lidar pour portée visuelle	6
5.1 Généralités	6
5.2 Concept des mesurages lidar pour portée visuelle	10
6 Exigences	13
6.1 Variables de mesurage	13
6.2 Variables cibles	13
6.3 Spécifications et exigences minimales des caractéristiques de performance	13
7 Exigences de planification et d'emplacement du mesurage	18
8 Mode opératoire de mesurage	19
8.1 Généralités	19
8.2 Maintenance et essai de fonctionnement	19
8.3 Applications et mode opératoire de mesurage	20
9 Évaluation des signaux	21
9.1 Algorithme de Klett-Fernald	21
9.2 Intervalle d'évaluation	22
9.3 Incertitude	23
10 Interférences	24
Annexe A (informative) Méthode de calcul alternative	25
Annexe B (informative) Étalonnage par le fabricant	28
Annexe C (informative) Autres applications	30
Bibliographie	31

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 (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les Normes internationales sont rédigées conformément aux règles données dans les Directives ISO/CEI, Partie 2.

La tâche principale des comités techniques est d'élaborer les Normes internationales. Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

L'attention est appelée 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.

L'ISO 28902-1 a été élaborée par le comité technique ISO/TC 146, *Qualité de l'air*, sous-comité SC 5, *Météorologie*, en collaboration avec l'Organisation météorologique mondiale (OMM).

L'ISO 28902 comprend les parties suivantes, présentées sous le titre général *Qualité de l'air — Météorologie de l'environnement*:

— *Partie 1: Télédétection de la portée visuelle par lidar basée sur le sol*

La partie suivante est en cours d'élaboration:

— *Partie 2: Télédétection par lidar Doppler basée sur le sol*

[ISO 28902-1:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ac1b0419-1d09-4538-8cf3-24cb2eb56427/iso-28902-1-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ac1b0419-1d09-4538-8cf3-24cb2eb56427/iso-28902-1-2012>

Introduction

La présente partie de l'ISO 28902 décrit la détermination de la portée visuelle à l'aide d'un lidar («Light Detection And Ranging») atmosphérique à rétrodiffusion. Les lidars se sont révélés être des systèmes intéressants pour la télédétection par laser des polluants atmosphériques, de plusieurs paramètres météorologiques tels que la vitesse et la direction du vent, la répartition et la composition des nuages et des aérosols, la forme des particules, la concentration en gaz, et des propriétés optiques de l'atmosphère telles que l'extinction et la rétrodiffusion. Une caractéristique spécifique des méthodes lidar est leur capacité à permettre une télédétection par laser avec une résolution spatiale. Les mesurages peuvent être effectués sans contact direct et dans n'importe quelle direction car le rayonnement électromagnétique est utilisé pour la télédétection. Par conséquent, les systèmes lidar complètent la technologie de mesurage classique. Ils peuvent être utilisés pour plusieurs tâches qui ne peuvent pas être correctement effectuées avec des méthodes de mesure in situ ou ponctuelles.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 28902-1:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ac1b0419-1d09-4538-8cf3-24cb2eb56427/iso-28902-1-2012)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ac1b0419-1d09-4538-8cf3-24cb2eb56427/iso-28902-1-2012>

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 28902-1:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ac1b0419-1d09-4538-8cf3-24cb2eb56427/iso-28902-1-2012>

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

Partie 1:

Téledétection de la portée visuelle par lidar basée sur le sol

1 Domaine d'application

La présente partie de l'ISO 28902 spécifie principalement les exigences relatives aux mesurages lidar de la portée visuelle pour la détermination de la portée optique météorologique (POM) dans diverses directions. Le terme «lidar pour portée visuelle» est utilisé dans la présente partie de l'ISO 28902 pour désigner les systèmes lidar qui effectuent le mesurage de la portée visuelle, communément appelé aussi mesurage de la visibilité. En raison d'approximations physiques, la détermination quantitative de la portée optique météorologique est limitée à une plage comprise entre 30 m et 2 000 m. Pour cette plage, la présente partie de l'ISO 28902 spécifie la performance des systèmes lidar pour portée visuelle utilisant la méthode d'intégration de la portée visuelle basée sur l'extinction de lumière. Les paramètres suivants peuvent être calculés d'après la portée optique météorologique dans diverses directions:

- a) portée visuelle horizontale;
- b) portée visuelle verticale;
- c) portée visuelle oblique.

NOTE Les mesurages de visibilité sont fortement liés aux définitions historiques de visibilité, elles-mêmes associées à des observateurs humains. La technique lidar étend les définitions à plusieurs conditions telles que les conditions de lumière du jour et de nuit.

De plus, ce principe de mesurage permet à l'utilisateur d'obtenir des informations relatives à la hauteur de la base des nuages, la hauteur de la couche limite, aux bancs de brouillard et aux profils d'aérosols grâce à l'atténuation du signal par la vapeur d'eau et/ou les aérosols. L'Annexe C donne des exemples de ces applications.

La présente partie de l'ISO 28902 peut être appliquée dans les domaines suivants:

- stations météorologiques;
- aéroports;
- ports;
- voies navigables;
- routes et autoroutes;
- automobile;
- plates-formes pétrolières.

2 Références normatives

Les documents de référence suivants sont indispensables pour l'application 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).

CEI 60825-1:2007, *Sécurité des appareils à laser — Partie 1: Classification des matériels et exigences*

3 Termes et définitions

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

3.1

lidar pour portée visuelle

appareil à laser utilisant la rétrodiffusion et l'extinction par les particules pour mesurer la portée visuelle

3.2

visibilité

visibilité météorologique

distance maximale à laquelle un objet noir de dimensions appropriées (situé sur le sol) peut être vu et identifié sur le ciel à l'horizon la journée ou qui pourrait être vu et identifié la nuit si l'éclairement était augmenté jusqu'à atteindre l'intensité normale de la lumière du jour

[OMM, 1992^[1]; OMM, 2003^[2]]

NOTE 1 L'OACI (Organisation de l'aviation civile internationale) donne une définition différente spécifiée pour l'aviation et fait une nette distinction entre contraste de jour et contraste de nuit (voir OACI, 2007^[3]):

La visibilité à des fins aéronautiques est la plus grande des valeurs suivantes:

- a) la plus grande distance à laquelle on peut voir et reconnaître un objet noir situé près du sol lorsqu'il est observé sur un fond lumineux;
- b) la plus grande distance à laquelle on peut voir et identifier des feux d'une intensité voisine de 1 000 candelas lorsqu'ils sont observés sur un fond non éclairé.

NOTE 2 Dans la présente partie de l'ISO 28902, la définition plus générale de l'OMM est utilisée. La définition de l'OACI utilise l'intensité lumineuse des feux de piste pour la définition de nuit, qui n'est pas disponible en règle générale.

3.3

portée visuelle

distance maximale à laquelle un objet donné peut être identifié dans des circonstances particulières, uniquement limitée par la transmissivité atmosphérique et par le seuil de contraste visuel

[CEI 60050-845^[4] et CEI ELECTROPEDIA 845-11-23^[5]]

3.4

portée optique météorologique

POM

V_{POM}

longueur du trajet que doit effectuer dans l'atmosphère un faisceau de rayons lumineux parallèles, émanant d'une lampe à incandescence, à une température de couleur de 2 700 K, pour que l'intensité du flux lumineux soit réduite à 5 % de sa valeur originale

[OMM, 1992^[1]; OMM, 2008^[6]]

NOTE 1 La relation entre la POM et le coefficient d'extinction (au seuil de contraste de $\alpha = 0,05$) en utilisant la loi de Koschmieder est: $V_{POM} = -\ln(0,05)/\alpha$ ^[6].

NOTE 2 Si le seuil de contraste est de 2 %, la quantité mesurée est appelée portée visuelle standard V_N , initialement utilisée par Koschmieder^[7].

NOTE 3 Dans la présente partie de l'ISO 28902, la POM est utilisée comme une variable pour les mesurages horizontaux de la portée visuelle. Pour les mesurages obliques, la portée visuelle oblique (3.7) est utilisée.

3.5

portée visuelle de piste

RVR

distance jusqu'à laquelle le pilote d'un aéronef placé sur l'axe de la piste peut voir les marques ou les feux qui délimitent la piste ou qui balisent son axe

[OACI, 2005^[8]]

3.6**portée optique verticale****VOR** V_{VOR}

portée optique météorologique dans la direction verticale

3.7**portée optique oblique****SOR** V_{SOR} projection horizontale de la distance maximale jusqu'à laquelle une cible noire dans un avion peut être identifiée par un observateur à une hauteur h au-dessus de l'avion avec un contraste de 5 %

NOTE 1 Le seuil de contraste pour la portée optique oblique est de 5 % et est identique au seuil de portée optique météorologique (POM).

NOTE 2 Cette définition basée sur la définition normalisée de la POM [voir les Équations (5) et (8)] pour permettre un mode opératoire d'évaluation mathématique généralement applicable.

3.8**portée visuelle oblique****SVR**

portée visuelle d'un objet ou d'une lumière spécifiée(e) sur un axe visuel qui diffère significativement de l'horizontale, par exemple, la portée visuelle d'objets ou de lumières au sol vu(e)s depuis un avion en approche

[OACI, 2005^[8]]**iTeh STANDARD PREVIEW****3.9****portée conventionnelle****(standards.iteh.ai)**

portée maximale mesurée dans des conditions spécifiées pour comparer différents systèmes

[ISO 28902-1:2012](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ac1b0419-1d09-4538-8cf3-24cb2eb56427/iso-28902-1-2012)**3.10****coefficient d'extinction** α

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

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ac1b0419-1d09-4538-8cf3-24cb2eb56427/iso-28902-1-2012>**3.11****résolution temporelle**

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

3.12**résolution temporelle effective** Δx_{eff}

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

EXEMPLE La résolution temporelle de profils consécutifs du coefficient d'extinction ou les valeurs de portée optique météorologique (POM) et de portée optique verticale (VOR) calculées.

3.13**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

3.14
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

EXEMPLE La résolution en portée de profils consécutifs du coefficient d'extinction ou les valeurs de portée optique météorologique (POM) et de portée optique verticale (VOR) calculées

3.15
brouillard

réduction de visibilité causée par des hydrométéores conduisant à une portée optique météorologique $V_{POM} < 1$ km et avec une humidité relative proche de 100 %

3.16
brume

réduction de visibilité causée par des hydrométéores avec une humidité relative ≥ 80 % ou des différences de point de rosée ≤ 3 K pour une portée optique météorologique $V_{POM} \geq 1$ km

[OMM, 1992^[1]; OMM, 2003^[2]; OMM, 2008^[6]]

NOTE 1 La définition d'une limite supérieure de 5 km est donnée par l'OACI^[3].

NOTE 2 Des réglementations nationales spécifient des limites supérieures dues aux différentes définitions d'un ciel clair (par exemple 8 km pour l'Allemagne, 6 miles pour le Canada).

3.17
brume sèche

réduction de visibilité causée par des lithométéores avec une humidité relative < 80 % ou des différences de point de rosée > 3 K pour une portée optique météorologique $V_{POM} \geq 1$ km

[OMM, 1992^[1]; OMM, 2003^[2]; OMM, 2008^[6]]

NOTE 1 La définition d'une limite supérieure de 5 km est donnée par l'OACI^[3].

NOTE 2 Des réglementations nationales spécifient des limites supérieures dues aux différentes définitions d'un ciel clair (par exemple 8 km pour l'Allemagne, 6 miles pour le Canada).

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 28902-1:2012

24cb2eb56427/iso-28902-1-2012

4 Symboles et abréviations

4.1 Symboles

Variable	Unité	Signification
A	m^2	surface de l'optique du récepteur
B	$W m^3 sr$	paramètre système dépendant de la géométrie et de la portée
c	$m s^{-1}$	vitesse de la lumière
E_0	J	énergie d'impulsion laser
h	m	hauteur
K'	1	seuil de contraste de l'œil, fonction de la luminance
O	1	facteur de recouvrement (dépendant de la portée) entre le faisceau transmis et le champ de vision du récepteur (recouvrement complet si $O = 1$)
P	W	puissance de détection reçue
P_0	W	puissance moyenne de l'impulsion laser

Variable	Unité	Signification
S	W m ²	signature lidar
T	K	température
t	s	temps
Δt	s	durée d'impulsion laser
Δt_{eff}	s	résolution temporelle effective
x	m	portée (distance entre le système de mesure et le volume de diffusion)
Δx_{eff}	m	résolution en portée effective
x_{CR}	m	portée conventionnelle pour la détermination de la portée visuelle
x_f	m	distance de départ pour l'évaluation des données par intégration ascendante
x_n	m	distance de départ pour l'évaluation des données par intégration descendante
x_L	m	ligne de base d'un transmissomètre
V_{POM}	m	portée optique météorologique
V_N	m	portée visuelle standard
V_{SOR}	m	portée optique oblique
V_{VOR}	m	portée optique verticale
α	m ⁻¹	coefficient d'extinction
$\alpha(x_f)$	m ⁻¹	valeur initiale du coefficient d'extinction pour l'intégration ascendante
$\alpha(x_n)$	m ⁻¹	valeur initiale du coefficient d'extinction pour l'intégration descendante
$\Delta\alpha$	m ⁻¹	incertitude du coefficient d'extinction
β	m ⁻¹ sr ⁻¹	facteur de rétrodiffusion
δ	rad	divergence du laser
γ	rad	champ de vision
η	1	efficacité de l'optique du récepteur
λ	m	longueur d'onde
$\Delta\lambda$	m	largeur de bande spectrale
ξ	m	variable pour l'intégration de portée
τ	1	transmittance atmosphérique entre le lidar et le volume de diffusion

STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 28902-1:2012

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/11-0419-1-d00-4538-8-3-24cb2eb56427/iso-28902-1-2012>

4.2 Termes abrégés

OACI	Organisation de l'aviation civile internationale
POM	Portée optique météorologique
RVR	Portée visuelle de piste
SOR	Portée optique oblique
SVR	Portée visuelle oblique
VOR	Portée optique verticale
OMM	Organisation météorologique mondiale

5 Principes essentiels du lidar pour portée visuelle

5.1 Généralités

Les méthodes lidar sont des méthodes actives permettant de mesurer les variables physiques sélectionnées de l'atmosphère^[9]. Le lidar nécessite une source de lumière pulsée et un système de détection utilisant une résolution temporelle correcte^[10]. La lumière émise interagit avec l'atmosphère par diffusion^{[11][12]} et la fraction rétrodiffusée est mesurée. Les signaux de rétrodiffusion sont utilisés pour déterminer les variables physiques qui décrivent les conditions atmosphériques. Selon le processus d'interaction physique de la lumière avec les atomes, les molécules ou les particules d'aérosols présents dans l'atmosphère, une distinction est faite entre les variantes du principe lidar.

Le lidar pour portée visuelle utilise la diffusion élastique sur les particules pour le mesurage.

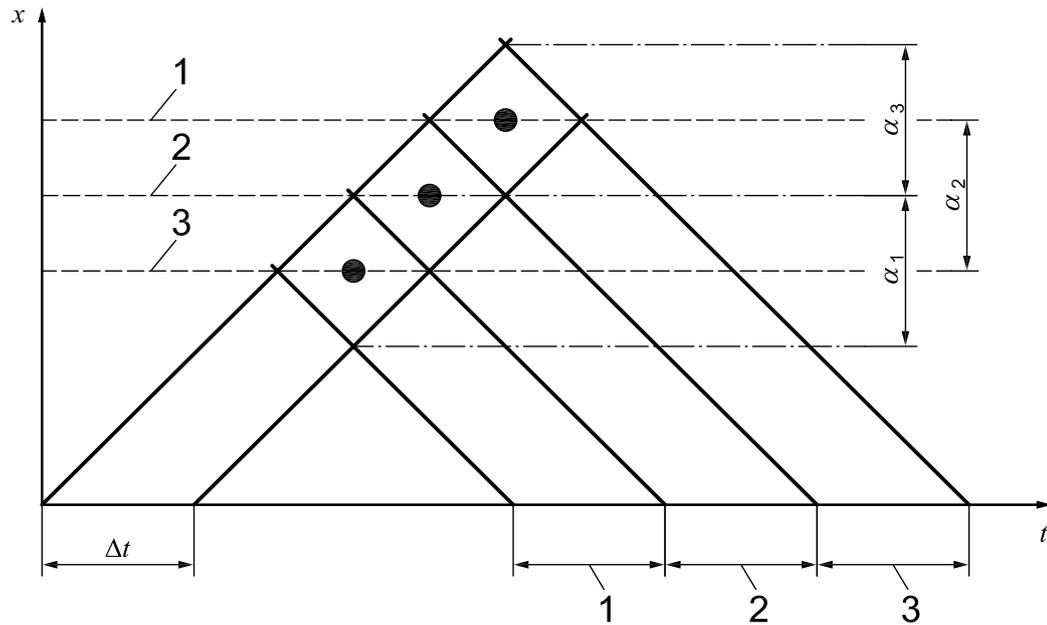
NOTE La longueur d'onde ne change pas au cours du processus de diffusion.

Dans le lidar, le temps de propagation de la lumière de la source à l'objet et vice versa est utilisé pour déterminer la distance. La distance x au volume de diffusion est déterminée à partir du temps t après l'émission de l'impulsion laser en utilisant la vitesse de la lumière c :

$$x = \frac{ct}{2} \tag{1}$$

Le facteur $1/2$ est le résultat de la trajectoire double traversée par la lumière émise avant d'être réenregistrée par le système lidar.

Après l'émission de chaque impulsion laser, le signal de rétrodiffusion est détecté dans des blocs de temps successifs. Chacun d'entre eux correspond à un intervalle de hauteur ou de portée et est caractérisé par sa hauteur ou distance centrale (voir la Figure 1).



Légende

1, 2, 3	centre de l'intervalle de portée ou de hauteur et intervalle de temps de réception correspondant
x	distance, en m
α_i	coefficient d'extinction, en m^{-1}
t	temps, en s
Δt	durée d'impulsion laser, en s

Figure 1 — Relation schématique entre le temps de propagation et la portée

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/ac1b0419-1d09-4538-8cf3-24cb2eb56427/iso-28902-1-2012>

Dans le cas d'un agencement tel que celui représenté schématiquement à la Figure 2, le détecteur enregistre un signal $P(x, \lambda)$ après l'émission d'une impulsion laser. Le profil temporel du signal est transformé en profil spatial. Si on ne tient pas compte de la durée Δt de l'impulsion transmise, le profil spatial du signal peut être représenté par l'Équation (2)^[10]:

$$P(x, \lambda) = \frac{c \Delta t}{2} P_0 \frac{A \eta O(x)}{x^2} \beta(x, \lambda) \tau^2(x, \lambda) \quad (2)$$

où

c	est la vitesse de la lumière;
Δt	est la durée d'impulsion (laser);
P_0	est la puissance moyenne du laser pendant l'impulsion;
A	est la surface de l'optique du récepteur;
η	est l'efficacité de l'optique du récepteur;
$O(x)$	est le facteur de recouvrement dépendant de la portée entre le faisceau transmis et le champ de vision du récepteur [recouvrement complet si $O(x) = 1$];
λ	est la longueur d'onde;
$\beta(x, \lambda)$	est le facteur de rétrodiffusion;