

## RECOMMANDATION UIT-R SA.1744

**Caractéristiques techniques et opérationnelles des systèmes du service des auxiliaires de la météorologie basés au sol et fonctionnant dans la bande de fréquences 272-750 THz**

(Question UIT-R 235/7)

(2006)

**Domaine de compétence**

La présente Recommandation définit les caractéristiques opérationnelles et techniques de systèmes MetAids représentatifs fonctionnant dans la gamme de fréquences optiques 272-750 THz.

L'Assemblée des radiocommunications de l'UIT,

*considérant*

- a) que les observations effectuées dans la gamme de fréquences 272-750 THz (ci-après dénommée gamme de fréquences optiques) permettent d'obtenir des données essentielles pour la recherche opérationnelle météorologique et scientifique de l'atmosphère et du climat;
- b) que le spectre dans la gamme des fréquences optiques est utilisé par des systèmes de capteurs météorologiques actifs ou passifs ainsi que par de nombreuses autres applications;
- c) que la technologie des capteurs météorologiques utilisant le spectre optique évolue constamment de manière à offrir une précision et une résolution toujours meilleures des données de mesure;
- d) que les fréquences dans la gamme des fréquences optiques sont actuellement utilisées pour les liaisons de données, les dispositifs de mesure de distance et pour d'autres systèmes actifs installés sur des plates-formes au sol ou sur des plates-formes spatiales et, qu'en raison du développement et de l'augmentation rapides du nombre de ces systèmes, les brouillages entre les capteurs optiques météorologiques et d'autres systèmes optiques risquent d'augmenter;
- e) que de nombreuses applications de services actifs ou passifs exploités dans la gamme des fréquences optiques sont très similaires à celles actuellement utilisées à des fréquences inférieures du spectre électromagnétique;
- f) qu'il est temps de réfléchir à la nature de mesures de protection et aux conditions de partage pour faire en sorte que les capteurs optiques météorologiques au sol continuent de fonctionner sans subir de brouillage,

*recommande*

- 1** aux opérateurs de systèmes du service des auxiliaires de la météorologie fonctionnant dans la gamme des fréquences optiques de tenir compte, dans le choix des sites des observatoires et dans la conception des capteurs, du brouillage susceptible d'être causé par d'autres émetteurs optiques;
- 2** de tenir compte des paramètres techniques et opérationnels décrits dans l'Annexe 1 dans les études des brouillages à destination ou en provenance de systèmes optiques du service des auxiliaires de la météorologie.

## Annexe 1

### 1 Introduction

Les systèmes à capteurs météorologiques basés au sol et utilisant du spectre dans la gamme des fréquences optiques sont généralement exploités entre 272 et 750 THz par divers services météorologiques et par d'autres organisations spécialisées dans la recherche météorologique et climatique. La présente Annexe décrit les caractéristiques opérationnelles et techniques d'un ensemble représentatif de capteurs météorologiques émettant et recevant des signaux aux fréquences optiques.

### 2 Céломètres laser

#### 2.1 Caractéristiques techniques des céломètres

Un céломètre est un instrument météorologique utilisant comme source émettrice un laser et comme source réceptrice un photodétecteur, qui sert à mesurer et enregistrer le niveau des nuages dans l'atmosphère en émettant un rayonnement laser invisible. Il émet une impulsion laser dans l'atmosphère et détecte le retour de lumière réfléchi par des objets se trouvant sur sa trajectoire. En mesurant le temps écoulé entre l'émission et la réception, le céломètre calcule la hauteur des particules (par exemple des gouttelettes d'eau ou des cristaux de glace dans les nuages) et enregistre les données obtenues.

Les céломètres sont des dispositifs de détection et télémétrie par la lumière (LIDAR, *light detection and ranging*). La hauteur des nuages est déterminée par l'interprétation électronique des signaux rétrodiffusés, à partir de l'équation LIDAR:

$$Pr(h) = E_0 \times \frac{c}{2} \times \frac{A}{h^2} \times \beta(h) e^{-T} \quad (1)$$

où:

- $Pr(h)$ : puissance instantanée reçue de l'altitude  $h$  (W)
- $E_0$ : énergie pulsée effective, compte tenu de l'atténuation optique (J)
- $c$ : vitesse de la lumière (m/s)
- $A$ : ouverture du récepteur (m<sup>2</sup>)
- $h$ : hauteur d'origine du signal rétrodiffusé (m)
- $\beta(h)$ : coefficient volumique de rétrodiffusion à l'altitude  $h$ , partie de la lumière qui est réfléchi par le céломètre (m<sup>-1</sup> sr<sup>-1</sup>) (sr = stéradian)
- $T$ : transmittance atmosphérique qui donne la puissance émise et rétrodiffusée en fonction de l'extinction à diverses altitudes entre l'émetteur-récepteur et la zone de rétrodiffusion; elle est égale à 1 dans une atmosphère claire (atténuation nulle); ce terme, dans l'équation ci-dessus, permet de déterminer les signaux rétrodiffusés résultant de l'interaction des nuages et ceux résultant d'autres obstacles tels que le brouillard ou les précipitations.

#### 2.2 Céломètre représentatif du système A

Le système A permet de mesurer la hauteur de nuages jusqu'à 3 700 m environ. Il est employé avec d'autres équipements de surveillance météorologique, tels que des capteurs de visibilité, de

précipitations, de température ou de point de rosée, dans le cadre d'opérations aéronautiques ou d'activités de prévision du temps.

Le système A détermine la hauteur des nuages en émettant un laser pulsé dans l'atmosphère et en mesurant le temps nécessaire aux signaux rétrodiffusés par des particules présentes dans l'atmosphère pour atteindre un récepteur adjacent au capteur. Une impulsion laser d'une longueur d'onde nominale de 904 nm (331,8 THz) et d'une durée de 150 ns est émise une fois par cycle de mesure. Les relevés sont ensuite traités toutes les 100 ns pendant 25,4  $\mu$ s, de manière à enregistrer 254 valeurs pour chaque cycle de mesure, ce qui représente une résolution de hauteur de 15 m sur 3 850 m. Pour chaque cycle, on obtient un profil de densité spatiale pour la colonne verticale de l'atmosphère située juste au-dessus du célomètre, entre 0 et 3 850 m, que l'on peut interpréter pour en déduire les données relatives à la hauteur et aux couches des nuages. On fait la moyenne des résultats obtenus après plusieurs cycles afin de minimiser les effets de relevés erronés.

### 2.2.1 Unité émettrice

Une diode laser à l'arséniure de gallium (GaAs) émet des impulsions d'une longueur d'onde de 904 nm à une fréquence de répétition comprise entre 620 Hz et 1 120 Hz. La fréquence de répétition exacte est commandée par un processeur de manière à obtenir une puissance moyenne constante de 5 mW, avec un réglage en usine nominal de 770 Hz.

Chaque impulsion laser est émise avec un angle de 30°. On utilise une lentille présentant un diamètre efficace de 11,8 cm et une distance focale de 36,7 cm pour focaliser le faisceau incident. L'éclairement énergétique maximal est de 50  $\mu$ W/cm<sup>2</sup>, mesuré avec une ouverture de 7 mm de diamètre.

L'unité émettrice est équipée d'un dispositif de contrôle de la lumière permettant de déterminer la puissance de sortie du laser ainsi que la puissance d'entrée de la lumière du jour. On utilise une photodiode orientée vers le bas pour commander la puissance de sortie du laser. L'intensité de la lumière ambiante susceptible d'interférer, à une amplitude de crête, est bien inférieure à l'intensité d'impulsion laser; elle n'intervient donc pas dans le calcul de la puissance laser. La puissance de crête du laser émis est de 40 W. Le signal de sortie de commande de la puissance laser, introduit dans la carte processeur principale, sert à limiter la puissance émise moyenne à 5 mW. On utilise une photodiode orientée vers le haut, présentant une déflexion maximale par rapport à la verticale de 5,7°, pour commander la lumière entrante. Le signal de la photodiode est introduit dans le circuit obturateur solaire optionnel, examiné ci-après, ainsi que dans le processeur principal à des fins de commande. La sensibilité du dispositif de contrôle de la lumière du jour est de 0,4 A/W environ. La puissance de la lumière solaire directe dans un ciel dont l'atmosphère est claire est de 1 200 W/m<sup>2</sup> environ et son intensité est généralement de 1,1 mA. Lorsque le ciel est clair, l'intensité du dispositif de contrôle de la lumière du jour est de 10  $\mu$ A; en intérieur, l'intensité est généralement inférieure à 1  $\mu$ A.

Les célomètres dont la conception est caractéristique du système A et qui sont installés dans des régions tropicales à une latitude comprise entre 30° nord et 30° sud sont équipés d'un obturateur solaire optionnel monté sur l'unité émettrice. L'obturateur protège le laser émetteur des dommages que pourrait occasionner la lumière solaire directe. Il est installé de façon à recouvrir la lentille émettrice au moment où la lumière solaire directe peut pénétrer à l'intérieur. Les célomètres équipés d'un obturateur solaire sont également munis d'une entité réceptrice pour les zones tropicales, qui présente un filtre et un bloc de montage différents de ceux qui sont installés sur l'unité réceptrice standard.

### 2.2.2 Unité réceptrice

On utilise une lentille d'un diamètre effectif de 11,8 cm et d'une longueur focale de 8,4 cm, pour focaliser les faisceaux rétrodiffusés par des particules dans l'atmosphère sur une diode à avalanche

au silicium. La sensibilité de la photodiode dépend de la température. Elle est compensée par la commande fonction de la température d'une tension corrective dans le circuit récepteur, laquelle est réglée en usine à la température ambiante de manière à obtenir une capacité de réponse nominale de 40 A/W.

Un filtre interférentiel d'une largeur de bande de 50 nm, monté sur la lentille du récepteur, vise à empêcher l'émission de bruit de fond. Un filtre spécial est installé sur les unités équipées de l'obturateur solaire optionnel.

### 2.3 Céломètre représentatif du système B

Le mode de fonctionnement du céломètre représentatif du système B est identique à celui du système A, à quelques différences près. Le système B permet de déterminer la hauteur de nuages ainsi que des visibilités verticales à une altitude atteignant 7 300 m; il peut en outre détecter trois couches de nuages simultanément et déterminer la présence de précipitations ou d'autres obstacles à la vision.

#### 2.3.1 Unité émettrice

Une diode laser à l'arséniure de gallium et d'indium (InGaAs) émet des impulsions d'une longueur d'onde de  $905 \pm 5$  nm (331,5 THz), pendant une durée de 100 ns et à une fréquence de répétition de 5,57 kHz. La puissance émise de crête est de 16 W, ce qui permet d'obtenir une puissance moyenne de 8,9 mW.

#### 2.3.2 Unité réceptrice

Un filtre interférentiel d'une largeur de bande de 35 nm, centré sur 908 nm, est monté sur la lentille du système B récepteur afin d'empêcher l'émission de bruit de fond. La capacité de réponse est réglée en usine à 65 A/W à 905 nm.

TABLEAU 1  
Caractéristiques des céломètres

Paramètre	Système A	Système B
<i>Laser et optique de l'émetteur</i>		
Puissance de crête	40 W	10-20 W
Durée (niveau 50%)	135 ns (valeur type)	20-100 ns (valeur type)
Energie (diamètre = 118 mm)	6,6 $\mu$ Ws	
Fréquence de répétition	620-1 120 Hz	5-10 kHz
Source	Diode à l'arséniure de gallium (GaAs)	Diode à l'arséniure de gallium d'indium (InGaAs)
Longueur d'onde	904 nm	855/905/910 nm à 25°C
Mode de fonctionnement	Par impulsion	Par impulsion
Energie pulsée émise	6 $\mu$ J $\pm$ 10%	1-2 $\mu$ J $\pm$ 20%
Puissance moyenne	5 mW	5-10 mW (mesure sur l'intervalle complet)
Eclairement énergétique maximal	50 $\mu$ W/cm <sup>2</sup> avec une ouverture de 7 mm	170-760 $\mu$ W/cm <sup>2</sup> avec une ouverture de 7 mm
Longueur focale du système optique	36,7 cm	35-40 cm
Diamètre effectif de la lentille	11,8 cm	6-15 cm

TABLEAU 1 (*fin*)

Paramètre	Système A	Système B
Divergence du faisceau de l'émetteur	$\pm 2,5$ mrad au maximum	$\pm 0,4 - \pm 0,7$ mrad
Transmittance de la lentille	90% (valeur type)	96% (valeur type)
Transmittance de la fenêtre	97% (valeur type, fenêtre propre)	98% (valeur type, fenêtre propre)
<i>Optique du récepteur</i>		
Détecteur	Photodiode à avalanche au silicium	Photodiode à avalanche au silicium
Capacité de réponse	40 A/W à 904 nm	65 A/W à 905 nm
Diamètre de surface	0,8 mm	0,5 mm
Filtre interférentiel	940 nm	Longueur d'onde centrale type de 908 nm
Largeur de la bande passante à 50%	880-940 nm (intervalle type)	35 nm à 880-925 nm (intervalle type)
Transmissivité du filtre à 904 nm	85% (valeur type), 60% au minimum	80% (valeur type), 70% au minimum
Longueur focale	15,0 cm	
Diamètre effectif de la lentille de réception	11,8 cm	
Divergence du champ de vision	$\pm 2,7$ mrad	$\pm 0,66$ mrad
Transmittance de la lentille	90% (valeur type)	96% (valeur type)
Transmittance de la fenêtre	97% (valeur type, fenêtre propre)	98% (valeur type, fenêtre propre)
<i>Système optique</i>		
Distance entre l'émetteur et le récepteur	30,1 cm	
Distance à laquelle le faisceau laser entre dans le champ de vision du récepteur	30 m	
Distance à laquelle le faisceau laser occupe 90% du champ de vision du récepteur	300 m	
Qualité de fonctionnement		
Gamme de mesure	0 à 3 700 m	0 à 7 300-13 000 m
Résolution	15 m	3-15 m
Durée d'acquisition	30 s, maximum (pour une distance de 3 658 m)	2-120 s
Largeur de bande du système (3 dB)	10 MHz avec un gain faible, 3 MHz avec un gain élevé	3 MHz
Tolérance de précipitations	Limitée à 7,5 mm par heure (distance limitée)	

### **3 Capteurs de visibilité**

#### **3.1 Caractéristiques techniques des capteurs de visibilité**

Les capteurs de visibilité servent à calculer automatiquement un niveau de visibilité et à donner une indication de l'état de visibilité (jour/nuit). La méthode météorologique utilisée généralement pour mesurer la visibilité consiste à déterminer la distance maximale à laquelle une cible noire peut être vue à travers le brouillard/les nuages. Pour mesurer la portée optique météorologique (visibilité), le capteur de visibilité utilise la technique de la diffusion vers l'avant. Cette technique consiste à émettre un rayon lumineux au moyen d'un tube-éclair au xénon à travers une section de l'atmosphère (qui diffuse la lumière) et à mesurer le niveau de lumière diffusée afin de déterminer l'affaiblissement. Un coefficient d'atténuation est calculé à partir de la quantité de lumière diffusée reçue du tube-éclair au xénon. Ce coefficient est ensuite converti en une valeur de visibilité. Après calcul, le capteur de visibilité affiche une indication de jour ou de nuit obtenue à partir d'un capteur de lumière ambiante.

#### **3.2 Systèmes de capteur de visibilité représentatifs**

Le capteur de visibilité représentatif permet d'obtenir un coefficient d'atténuation correspondant à des visibilités à une distance maximale de 16 km. Le dispositif jour/nuit indique un état de jour ou de nuit en fonction du niveau de lumière ambiante pouvant atteindre 540 lux. Le capteur jour/nuit indique qu'il fait jour pour un éclairage supérieur à 32 lux et qu'il fait nuit pour un éclairage inférieur à 5 lux. Le passage du jour à la nuit se produit lorsque l'éclairage passe de 32 à 5 lux (à mesure que l'éclairage diminue), alors que le passage de la nuit au jour se produit lorsque l'éclairage passe de 5 à 32 lux (à mesure que l'éclairage augmente). Le capteur jour/nuit pointe dans la même direction que le récepteur.

Le capteur de visibilité possède un ou deux filtres anti-interférence électromagnétique (EMI) (en fonction du modèle) dans le boîtier électronique.

##### **3.2.1 Unité émettrice**

L'unité émettrice consiste en un tube-éclair au xénon produisant une lumière visible destinée à être diffusée. La lumière est focalisée dans la zone de diffusion par une lentille fixe intégrée à l'unité émettrice.

##### **3.2.2 Unité réceptrice**

L'unité réceptrice détecte la lumière au xénon émise après qu'elle a été diffusée par l'atmosphère. Le détecteur est une photodiode PIN montée dans le boîtier du récepteur. La lumière est focalisée sur la diode par une lentille fixe intégrée à l'unité réceptrice. La photodiode convertit l'énergie lumineuse en un courant électrique aux fins du traitement du signal.

Le dispositif jour/nuit est un photomètre détectant la lumière au moyen d'une photodiode située derrière une fenêtre propre. La photodiode est placée de telle sorte que son champ de vision soit de 6° au-dessus de l'horizon.

TABLEAU 2  
Caractéristiques des capteurs de visibilité

Paramètre	Système A	Système B
Source	Tube-éclair au xénon	DEL à infrarouge
Longueur d'onde	400-1 100 nm	400-1 100 nm
Fréquence de répétition des impulsions	0,1-1 Hz	1 Hz
Capteur récepteur	Photodiode PIN	Photodiode au silicium
Direction de visée principale	Horizontale	20° au-dessous de l'horizon
Champ de vision	6° au-dessus de l'horizon	9 mrad
Largeur de bande du récepteur	400-700 nm	400-700 nm
Niveau de détérioration du capteur optique	Supérieur au niveau de la lumière solaire directe	Supérieur au niveau de la lumière solaire directe
Portée de mesure de la visibilité du capteur	Jusqu'à 16 km	Jusqu'à 75 km

## 4 Capteurs de précipitations

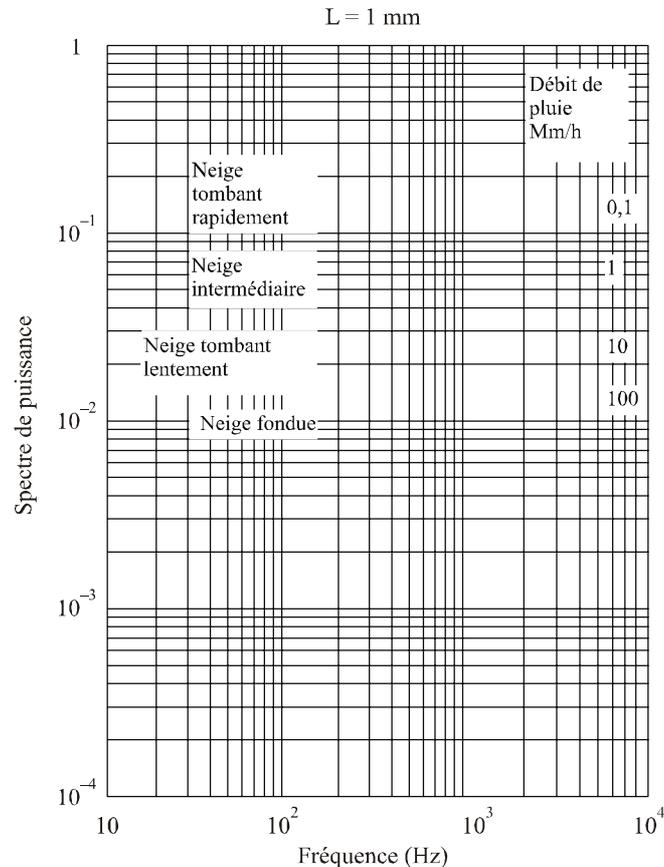
### 4.1 Caractéristiques techniques

Les capteurs de précipitations, connus également sous le nom de capteurs à diffusion vers l'avant, servent à déterminer la présence ou non de précipitations et, le cas échéant, les caractéristiques d'une précipitation (pluie, neige, etc.). Ils peuvent également servir à mesurer la visibilité. Les méthodes de mesure des paramètres de précipitation font intervenir essentiellement des technologies optiques ou à micro-ondes. La gamme des mesures effectuées varie en fonction de l'atténuation (ou de l'extinction), de la diffusion, de l'effet Doppler ou de la scintillation de sources d'énergie entre l'émetteur et le récepteur.

Les capteurs de précipitations décrits dans la présente Recommandation tirent parti de l'effet de diffusion qui se produit lorsqu'une particule perturbatrice (précipitation) interagit avec une source lumineuse partiellement cohérente. Ces diffusions de la lumière incidente induites par des particules produisent des scintillations au niveau du récepteur. On observe les scintillations induites par des particules atmosphériques passant à travers un faisceau optique et on en prend la moyenne afin de déterminer les paramètres liés aux précipitations. Le spectre de fréquences temporelles de la scintillation induite varie en fonction du volume et de la vitesse des précipitations. Les spectres de puissance applicables à différents débits de pluie et à différents types de neige sont représentés dans la Fig. 1.

FIGURE 1

**Spectre de puissance temporelle de la scintillation induite par la neige –  
Spectres de puissance pour différents débits de pluie  
à des fins de comparaison**



La technique de scintillation ne détecte que les signaux induits par des particules en mouvement; elle ne subit donc pas l'effet de contaminations causées par le brouillard, la brume, la poussière ou la fumée. L'utilisation d'une ouverture de réception horizontale permet d'améliorer encore la différenciation entre le mouvement horizontal et le mouvement vertical, qui constitue la composante principale de la précipitation. L'intensité du signal de porteuse à l'intérieur du faisceau est utilisée pour normaliser les scintillations afin d'éliminer les erreurs causées par les variations d'intensité de la source, les impuretés sur les instruments d'optique, etc.

#### 4.2 Système de capteur de précipitations représentatif

Les capteurs de précipitations utilisent la scintillation induite par des particules atmosphériques d'une source lumineuse, tel qu'un système de diode émettrice infrarouge (IRED, *infrared emitter diode*), afin de déterminer l'état et le type d'une précipitation (pluie, neige, bruine, etc.) et d'en mesurer l'intensité. Le capteur contient généralement deux unités principales: un cadre en U et un boîtier électrique principal. Les têtes de l'émetteur et du récepteur sont fixées aux extrémités opposées du cadre en U. La distance entre les deux têtes est généralement de l'ordre de 1 m.

Le spectre de puissance temporelle de la scintillation détectée est calculé par un processeur interne et comparé à des valeurs de référence normalisées afin de déterminer les paramètres de précipitations correspondants. Pour ce système, les spectres de puissance de la scintillation induite par les précipitations indiquent une énergie minimale généralement supérieure à 5 kHz; l'émission transmise est par conséquent modulée avec un signal de porteuse afin de garantir un rapport signal sur bruit adéquat dans des conditions variées de contaminations de la lumière de fond. Ce signal

modulé par les ondes de la porteuse correspond à l'amplitude modulée par les particules tombant à travers le faisceau. L'unité optique du récepteur utilise une ouverture de ligne horizontale afin qu'elle soit sensible au mouvement vertical de la précipitation.

Pour limiter le risque de problèmes liés aux interférences électromagnétiques (EMI, *electromagnetic interference*) ou aux interférences radioélectriques (RFI, *radio-frequency interference*), la protection du boîtier électronique principal est assurée par un joint EMI en caoutchouc de silicone fixé au moyen de fils en Monel.

#### 4.2.1 Unité émettrice

Un capteur de précipitations utilise généralement comme source d'émission une diode infrarouge. Celle-ci est focalisée à travers une lentille dans l'unité émettrice.

#### 4.2.2 Unité réceptrice

La lumière modulée est généralement détectée par une photodiode PIN. On utilise généralement un angle de réception plus large pour le récepteur afin de minimiser les fluctuations du signal causées par la vibration du montage. Le récepteur utilise le même type de lentille que l'émetteur.

TABLEAU 3  
Caractéristiques des capteurs de précipitations

Paramètre	Système A	Système B
Source émettrice	LED à infrarouge	Diode
Longueur d'onde de la source	880 nm	870-920 nm
Puissance émise	10 mW	2-20 mW
Caractéristiques de la lentille	175 mm/f3,5	Non spécifiées
Fréquence de modulation	Non spécifiée	2,0-4,0 kHz
Capteur du récepteur	Photodiode PIN	Photodiode au silicium
Largeur de bande du récepteur	780-1 100 nm	780-1 100 nm
Taille de la matrice	2,75 mm <sup>2</sup>	Non spécifiée
Caractéristiques de la lentille	175 mm/f3,5	Non spécifiée
Montage du filtre	Fente axée horizontalement de 1 mm avec filtre à infrarouge N° 87C	Filtre à infrarouge
Niveau de saturation du capteur de réception	Supérieur au niveau de la lumière solaire directe	Supérieur au niveau de la lumière solaire directe
Direction de visée principale	Horizontale	20° au-dessous de l'horizon
Champ de vision du récepteur	100 mrad	100 mrad
Chemin optique	0,5 m	0,3-1,0 m

## 5 Capteurs de rayonnement solaire

Les capteurs de rayonnement solaire sont des capteurs passifs servant à mesurer automatiquement le rayonnement global (direct et diffus) du soleil ainsi que la durée d'insolation effective pendant une journée. Ces capteurs sont utilisés pour une large gamme d'applications faisant toutes intervenir la détection de l'état d'ensoleillement et/ou du niveau de rayonnement solaire. D'après la définition de l'Organisation météorologique mondiale (OMM), l'ensoleillement est un niveau de lumière

supérieur à  $120 \text{ W/m}^2$  dans le faisceau solaire direct. Les capteurs de rayonnement solaire sont évidemment utilisés pour des activités météorologiques de recherche opérationnelle, mais également pour des applications telles que le chauffage/la climatisation de bâtiments et la gestion des périodes d'ombre, l'agronomie et l'agriculture ainsi que la climatologie.

Il existe plusieurs types différents de capteurs, mais ils fonctionnent tous selon le même principe de base. L'unité capteur contient une ou plusieurs photodiodes (certaines unités en possèdent un grand nombre). La différence de conception entre les systèmes réside dans la manière dont la lumière solaire diffuse et la lumière solaire directe sont détectées. Pour détecter ces deux paramètres, l'unité capteur doit pouvoir exposer un capteur dans la lumière solaire directe à un moment quelconque de la journée et doit aussi pouvoir occulter au moins un capteur de la lumière solaire directe. Il existe plusieurs manières d'occulter les photodétecteurs de la lumière solaire. Certains dispositifs utilisent un anneau pare-soleil situé entre le capteur et l'arc dans lequel se déplace le soleil tout au long de la journée. D'autres dispositifs font pivoter le capteur de façon qu'il soit exposé en alternance à la lumière solaire directe et à la lumière solaire diffuse; un troisième type de dispositif enfin contient un réseau de capteurs muni d'un écran pare-soleil disposé de façon à ce qu'un capteur soit toujours occulté et un autre toujours exposé directement au soleil à un moment quelconque de la journée.

TABLEAU 4

**Caractéristiques des capteurs de rayonnement solaire**

Paramètre	Système A
Type de détecteur	Photodiode
Type de système d'occultation	Réseau de photodiodes
Intervalle de sensibilité PAR	0-2 500 $\mu\text{mol/m}^2\text{s}$
Résolution de mesure PAR	0,6 $\mu\text{mol/m}^2\text{s}$
Intervalle de sensibilité d'énergie	0-1 250 $\text{W/m}^2$
Résolution de mesure d'énergie	0,3 $\text{W/m}^2$
Intervalle de sensibilité de luminance	0-200 klux
Résolution de mesure de luminance	0,06 klux
Largeur de bande de réponse spectrale	400-700 nm
Temps de réponse	<200 ms

**6 Capteurs de luminance**

Les capteurs de luminance sont des systèmes qui mesurent la luminance de fond de l'atmosphère. La luminance de fond a un effet sur l'évaluation de la visibilité mesurée par les capteurs de visibilité (transmissiomètres). Il s'agit de dispositifs passifs très analogues aux capteurs de rayonnement solaire.

TABLEAU 5  
**Caractéristiques des capteurs de luminance**

Paramètre	Système A	Système B
Type de détecteur	Photodiode au silicium	Photodiode au silicium
Intervalle de sensibilité de luminance	Non spécifié	2-40 000 cd/m <sup>2</sup>
Résolution de mesure de luminance	Non spécifiée	1 cd/m <sup>2</sup>
Largeur de bande de réponse spectrale	400-700 nm	400-700 nm
Direction de visée principale	30° au-dessus de l'horizon	30° au-dessus de l'horizon
Champ de vision du récepteur	87 mrad	105 mrad
Niveau de détérioration du capteur	Supérieur au niveau de la lumière solaire directe	Supérieur au niveau de la lumière solaire directe

---