



LP PYRA 02 - LP PYRA 03 - LP PYRA 12
LP PYRA 05 - LP PYRA 06 - LP NET 07



PYRANOMETRES - ALBEDOMETER - MESUREUR D'ÉCLAIREMENT ÉNERGÉTIQUE NET

PYRANOMETRES

Delta Ohm produit, conformément à la norme ISO 9060 et aux recommandations WMO, des pyranomètres de 1^{ère} Classe LP PYRA 02 et LP PYRA 12, ainsi que le pyranomètre de 2^e Classe LP PYRA 03.

Il s'agit d'instruments robustes, fiables, prévus pour supporter des conditions climatiques adverses et adaptés pour l'installation sur terrain.

Emploi type: recherche atmosphérique, stations météorologiques, climatologie, agriculture, recherche dans secteur de l'économie d'énergie, mesure de l'efficacité des installations photovoltaïques, etc.

Les pyranomètres LP PYRA 02 et LP PYRA 03 mesurent le rayonnement solaire global dans la gamme spectrale 0.3µm ÷ 3µm. Le pyranomètre LP PYRA 12, grâce à l'anneau d'ombre pour le composant direct, permet de mesurer uniquement l'élément diffus du rayonnement solaire.

Les pyranomètres ne nécessitent d'aucune alimentation extérieure. Ils génèrent une tension qui, typiquement, équivaut à :

$$10 \frac{\text{mV}}{\text{kW} \cdot \text{m}^2}$$

Chaque pyranomètre est calibré individuellement conformément à WRR (World Radiometric Reference) et livré avec le Rapport d'étalonnage correspondant.

Caractéristiques techniques	LP PYRA 02 / LP PYRA 12*	LP PYRA 03
Sensibilité typique	10 µV/(W/m ²)	
Impédance	33 Ω ÷ 45 Ω	
Domaine de mesure	0 ÷ 2000 W/m ²	
Domaine de vue	2π sr	
Domaine spectrale	305 nm ÷ 2800 nm W/m ² (50%)	
Température de fonctionnement	-40 °C ÷ 80 °C	
Poids	0.90 Kg	0.45 Kg
Caractéristiques techniques selon ISO 9060		
Temps de réponse (95 %)	< 28 sec	< 30sec
Reglage du zero		
a) réponse à une radiation thermique (200 Wm ⁻²)	15 W/m ²	25 W/m ²
b) réponse au changement de la température du milieu de 5K/h	<± 4IW/m ²	<± 6IW/m ²
3a) instabilité à long terme (1 an)	<± 1.51%	<± 2.51%
3b) non linearité	<± 1%	<± 2%
3c) réponse selon loi du cosinus	<±18IW/m ²	<±22IW/m ²
3d) sélectivité spectrale	<±51%	<±71%
3e) réponse en fonction de la température	< 4 %	< 8 %
3f) réponse en fonction du Tilt	<± 21%	<± 41%
Anneau de protection pour LP PYRA 12		
Poids		5.90 Kg
Diamètre anneau		570 mm
Hauteur anneau		54 mm
Diamètre de la base		300 mm

Les pyranomètres sont disponibles aussi avec signal de sortie amplifiée et convertissée dans un signal en courant 4...20mA ou voltage 0...1Vdc, 0...5Vdc et 0...10Vdc.

CODES DE COMMANDE

LP PYRA 02: Pyranomètre de Première Classe conformément à ISO 9060. Complet de: protection LP SP1, cartouche pour les cristaux de silicagel, 2 recharges, niveau pour le nivellement et Rapport d'étalonnage. Sensibilité typique 10µV(W/m²). **Le câble doit être commandé à part.**

LP PYRA 02-AC: Pyranomètre de Première Classe conformément à ISO 9060. Complet de : protection LP SP1, cartouche pour les cristaux de silicagel, 2 recharges, niveau pour le nivellement, prise libre à 4 pôles et Rapport d'étalonnage. **Le câble doit être commandé à part.** Sortie du signal en courant 4...20mA, 4mA=0. W/m², 20mA=2000 W/m². Alimentation : 10...30Vdc.

LP PYRA 02-AV: Pyranomètre de Première Classe conformément à ISO 9060. Complet de : protection LP SP1, cartouche pour les cristaux de silicagel, 2 recharges, niveau pour le nivellement, prise libre à 4 pôles et Rapport d'étalonnage. **Le câble doit être commandé à part.** Sortie du signal en voltage: 0...1Vdc, 0...5Vdc. 0Vdc=0 W/m², 1Vdc/5Vdc/10Vdc = 2000 W/m². Alimentation : 10...30Vdc (15...30Vdc pour le modèle avec sortie 0...10Vdc).

LP S1: Kit composé de étrier de fixation des pyranomètres LP PYRA 02 à un support cylindrique, complet de vis de nivelage et de fixation

LP SP1: Écran de protection pour LP PYRA 02

LP SG: Cartouche pour contenir les cristaux de silicagel complète d'OR.

LP G: Paquet de 5 recharges de cristaux de silicagel

LP PYRA 03: Pyranomètre de Seconde Classe conformément à ISO 9060. Complet de niveau pour le nivellement, prise libre à 4 pôles et Rapport d'étalonnage. Sensibilité typique 10µV(W/m²). **Le câble doit être commandé à part.**



LP PYRA 02



LP PYRA 02



LP PYRA 12



LP PYRA 03



LP PYRA 03

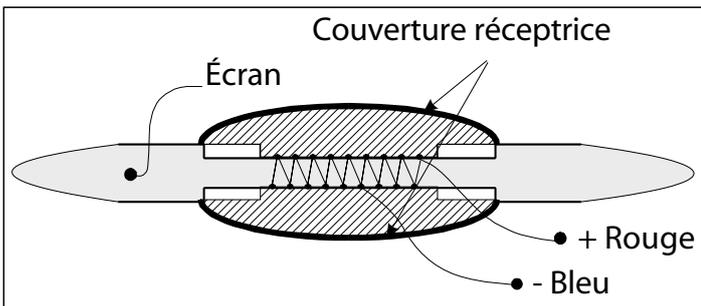


FIG. 1

LP PYRA 03AC: Pyranomètre de Seconde Classe conformément à ISO 9060. Complet de niveau pour le nivellement, prise libre à 4 pôles et Rapport d'étalonnage. Sensibilité typique $10\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$. **Le câble doit être commandé à part.** 4...20mA, 4mA=0. W/m², 20mA=2000 W/m². Alimentation : 10...30Vdc.

LP PYRA 03AV: Pyranomètre de Seconde Classe conformément à ISO 9060. Complet de niveau pour le nivellement, prise libre à 4 pôles et Rapport d'étalonnage. Sensibilité typique $10\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$. **Le câble doit être commandé à part. Sortie du signal en voltage: 0...1Vdc, 0...5Vdc, 0...10Vdc, 0Vdc=0 W/m², 1Vdc/5Vdc/10Vdc = 2000 W/m².** Alimentation : 10...30Vdc (15...30Vdc pour le modèle avec sortie 0...10Vdc).

LP S2: Kit composé de support avec niveau pour la fixation des pyranomètres LP PYRA 03, tige de support. Le kit comprend les vis de fixation du pyranomètre au support et l'écran de protection LP SP2

LP SP2: Écran de protection.

LP PYRA 12: Pyranomètre (LP PYRA 02) de Première Classe conformément à ISO 9060. Complet de protection LPSP1, anneau d'ombre protection pour la lumière diffuse, cartouche pour silicagel, 2 recharges, niveau pour le nivellement, prise libre à 4 pôles et Rapport d'étalonnage. Sensibilité typique $10\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$. **Le câble doit être commandé à part.**

LP PYRA 12AC: Pyranomètre (LP PYRA 02) de Première Classe conformément à ISO 9060. Complet de protection LPSP1, anneau d'ombre protection pour la lumière diffuse, cartouche pour silicagel, 2 recharges, niveau pour le nivellement, prise libre à 4 pôles et Rapport d'étalonnage. Sensibilité typique $10\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$. **Le câble doit être commandé à part. Sortie du signal en courant 4...20mA, 4mA=0. W/m², 20mA=2000 W/m².** Alimentation : 10...30Vdc.

LP PYRA 12AV: Pyranomètre (LP PYRA 02) de Première Classe conformément à ISO 9060. Complet de protection LP SP1, anneau d'ombre protection pour la lumière diffuse, cartouche pour silicagel, 2 recharges, niveau pour le nivellement, prise libre à 4 pôles et Rapport d'étalonnage. Sensibilité typique $10\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$. **Le câble doit être commandé à part. Sortie du signal en voltage 0÷1Vdc, 0÷5Vdc, 0÷10Vdc. 0Vdc= 0W/m², 1Vdc/5Vdc/10Vdc= 2000W/m².** Alimentation : 10...30Vdc (15...30Vdc pour le modale avec sortie 0...10Vdc).

CP AA 1.5: prise libre à 4 pôles complète de câble résistante aux rayons UV, L=5m. Pour les instruments LP PYRA 02 – 03 – 12 et LP Phot 02 – LP UVA 02.

CPA AA 1.10: prise libre à 4 pôles complète de câble résistante aux rayons UV, L=10m. Pour les instruments LP PYRA 02 – 03 – 12 et LP Phot 02 – LP UVA 02.

ALBEDOMETERS

Delta Ohm produit deux modèles d'albédomètres: **LP PYRA 05** construit à partir de deux pyranomètres de 1^{ère} classe * et **LP PYRA 06** construit à partir de deux pyranomètres de 2^{ème} Classe* (* en conformité avec la norme ISO 9060 et les recommandations WMO). L'albédomètre est formé de deux pyranomètres identiques opposés: un dirigé vers le haut (ciel) l'autre vers le bas (terre). Le pyranomètre dirigé vers le haut mesure le rayonnement global (direct + diffus) incident sur le terrain tandis que celui dirigé vers le bas mesure le rayonnement global réfléchi par le terrain. Les sorties des signaux électriques des deux pyranomètres (les deux pyranomètres qui constituent LP PYRA 05 sont accouplés de manière à ce qu'ils aient la même sensibilité) peuvent être envoyées à un collecteur de données ou à un processeur automatique de données. L'albédo représente la fraction de radiation réfléchi par le sol par rapport à la radiation incidente:

$$\text{ALBÉDO} = \frac{\text{Rayonnement Global Réfléchi}}{\text{Rayonnement Global Incidente}}$$

Avec l'albédomètre il est possible d'obtenir la radiation nette en calculant la différence entre la radiation globale incidente et la radiation globale réfléchi.

Les albédomètres Delta Ohm mesurent dans la gamme spectrale $0.3\mu\text{m} \div 3 \mu\text{m}$. Les pyranomètres qui composent les deux albédomètres ne nécessitent d'aucune alimentation extérieure et génèrent une tension qui typiquement est:

$$10 \frac{\text{mV}}{\text{kW} \cdot \text{m}^2}$$

Chaque pyranomètre qui compose l'albédomètre est calibré individuellement conformément à WRR (World Radiometric Reference) et il est accompagné de son Rapport d'étalonnage. Il s'agit d'instruments robustes, fiables prévus pour supporter des conditions climatiques adverses. Ils sont indiqués pour des installations sur terrain.

Emploi type: recherches atmosphériques, stations météorologiques, climatologie, relevé de verglas et neige sur les routes, agriculture, etc.

Caractéristiques techniques	LP PYRA 05*	LP PYRA 06*
Sensibilité typique	10 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$	
Impédance	33 $\Omega \div 45 \Omega$	
Domaine de mesure	0 ÷ 2000 W/m ²	
Domaine de vue	2 π sr	
Domaine spectrale	305 nm ÷ 2800 nm W/m ² (50%)	
Température de fonctionnement	-40 °C ÷ +80 °C	
Poids	1.35 Kg	1.1 Kg
Caractéristiques techniques selon ISO 9060		
Temps de réponse (95 %)	< 28 sec	< 30sec
Reglage du zero		
a) réponse à une radiation thermique (200 Wm ⁻²)	15 W/m ²	25 W/m ²
b) réponse au changement de la température du milieu de 5K/h	< ± 4 W/m ²	< ± 6 W/m ²
3a) instabilité à long terme (1 an)	< ± 1.5 %	< ± 2.5 %
3b) non linearité	< ± 1 %	< ± 2 %
3c) réponse selon loi du cosinus	< ±18 W/m ²	< ±22 W/m ²
3d) sélectivité spectrale	< ±5 %	< ±7 %
3e) réponse en fonction de la température	< 4 %	< 8 %
3f) réponse en fonction du Tilt	< ± 2 %	< ± 4 %

* Tous les données techniques, poids exclu, se réfèrent au pyranomètre qui compose l'albédomètre.

CODES DE COMMANDE

LP PYRA 05: Albédomètre composé de 2 pyranomètres de Première Classe conformément à ISO 9060. Complet de : protection supérieure et inférieure, cartouche pour cristaux de silicagel, 2 recharges, niveau pour le nivellement, tige de fixation diam. 16x600, prise libre à 7 pôles et Rapport d'étalonnage. Sensibilité typique $10\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$. **Le câble doit être commandé à part.**

LP SP1: Écran de protection pour l'albédomètre LP PYRA 05 (pyranomètre haut).

LP SP3: Écran de protection pour l'albédomètre LP PYRA 05 (pyranomètre bas).

LP SG: Cartouche pour contenir les cristaux de silicagel complet d'OR et bouchon.

LP G: Paquet de 5 recharges de cristaux de silicagel.

LP PYRA 06: Albédomètre composé de 2 pyranomètres de Seconde Classe conformément à ISO 9060. Complet de : protection supérieure et inférieure, niveau pour le nivellement, tige de fixation diam. 16x600, prise libre à 7 pôles et Rapport d'étalonnage. Sensibilité typique $10\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$. **Le câble doit être commandé à part.**

CP AA 2.5: prise libre à 7 pôles complète de câble résistante aux rayons UV, L=5m. Pour les instruments LP PYRA 02 – 03 – 12 et LP Phot 02 – LP UVA 02.

CPA AA 1.10 : prise libre à 7 pôles complète de câble résistante aux rayons UV, L=10m. Pour les instruments LP PYRA 02 – 03 – 12 et LP Phot 02 – LP UVA 02.



LP NET 07

MESUREUR D'ÉCLAIREMENT ÉNERGÉTIQUE NET

Le net-radiomètre LP NET 07 mesure le éclairage énergétique global net grâce à une surface ultra violet loin de l'infrarouge. Le éclairage énergétique est noter comme la différence entre le éclairage énergétique qui arrive sur la surface supérieur et le éclairage énergétique sur la surface inférieur du net-radiomètre. La surface supérieur mesure le éclairage énergétique solaire direct et celui diffus et, la radiation par longueur d'onde longues émises par le ciel (nuages), tandis que la surface inférieur qui reçoit, mesure le éclairage énergétique solaire qui reflète sur le terrain (Albedo) et le éclairage énergétique de la longueur d'onde longue émise par le terrain. L'instrument est conçu et projeté pour être utilisé à l'air et à n'importe quelles conditions atmosphériques. Outre, à être utilisé pour le champ météorologique et pour les mesures du bilan de l'énergie, le LP NET 07 peut être utilisé à l'intérieur pour les mesures de la température de éclairage énergétique (ISO 7726).

Principe de Fonctionnement

Le net-radiomètre LP NET 07 est basé sur un capteur à thermopile dont les joints chauds sont en contact thermique avec le receveur supérieur tandis que les joints froids sont en contact thermique avec le receveur inférieur. La différence de température entre les deux receveurs est proportionnelle au éclairage énergétique net. La différence de température entre le joint chaud et froid est transformée en une Différence du Potentiel grâce à l'effet Seebeck. Les deux receveurs sont constitués d'une portion sphérique protégée par du téflon®. La forme particulière des deux receveurs garantie une réponse selon la loi du cosinus optimal. Le revêtement en téflon® outre à garantir une installation à l'air pur pour une longue période sans dangers de dommage permet d'obtenir une réponse spectrale constante par les rayons ultra-violet (200nm) loin de l'infrarouge (100µm).

Installation et montage du net-radiomètre pour la mesure du éclairage énergétique total:

- Le LP NET 07 doit être installé dans un lieu facilement accessible pour effectuer un nettoyage périodique des deux surfaces recevant. Pour nettoyer les surfaces il est conseillé d'utiliser de l'eau ou de l'alcool éthylique.
- Éviter que des constructions, arbres ou toute autre entrave projettent leur ombre sur le net-radiomètre pendant la journée et les saison.
- Lorsque le net-radiomètre est utilisé dans l'hémisphère NORD il est nécessaire de l'orienter vers le SUD, et vice-versa si on l'utilise dans l'hémisphère SUD.
- L'instrument est monté à une hauteur d'environ 1.5 m du sol. Il est nécessaire de noter que le flux sur le receveur inférieur est représenté par une surface circulaire avec un rayon qui est 10 fois plus grande.
- Pendant le montage du net-radiomètre éviter, de toucher les surfaces qui reçoivent du net-radiomètre.

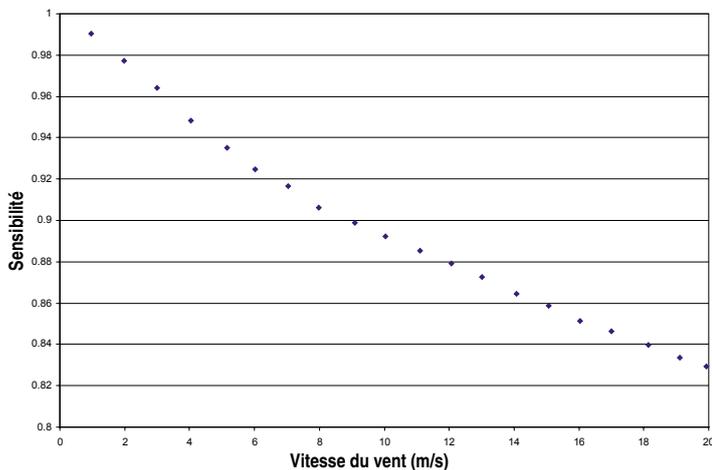


FIG. 2



LP PYRA 05



LP PYRA 05

Connexions Electriques et Conditions de L'Electronique de Lecture:

- Le net-radiomètre LP NET 07 n'a pas besoin d'alimentation.
- Il est fourni avec du câble de signal de 5 m.
- Le câble en PTFE résiste aux rayons ultraviolets, et est pourvu de 2 fils plus la protection (écran), le code des couleurs est le suivant:
 noir → branché au conteneur
 rouge → (+) positif du signal qui provient du détecteur
 bleu → (-) négatif du signal qui provient du détecteur
 Le schéma électrique est reporté sur l'illustration 1.
- Il est branché à un millivoltmètre ou à un acquéreur des données avec un empêchement de l'entrée d'environ 4000Ω. Typiquement le signal de sortie net-radiomètre ne dépasse pas les ±20 mV. La résolution conseillée de l'instrument de lecture pour pouvoir exploiter entièrement les caractéristiques du net-radiomètre, est de 1µV.

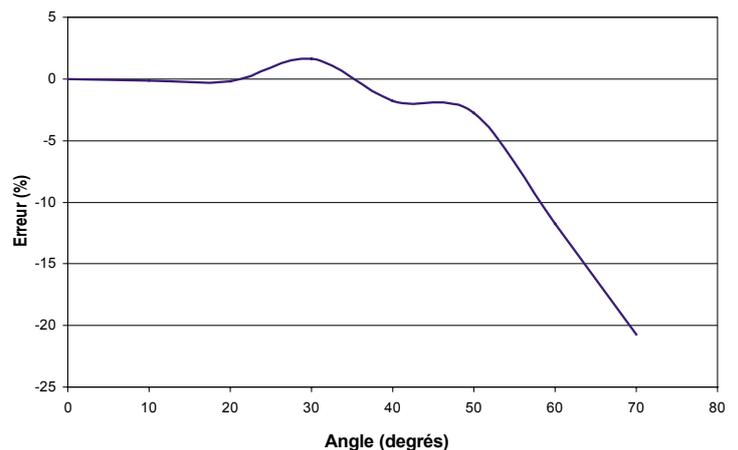


FIG. 3



LP PYRA 06

Maintenance:

Afin d'assurer les caractéristiques de l'instrument il est nécessaire que les deux surfaces recevant soient propres, donc plus grande sera la fréquence de nettoyage et plus grande sera la précision des mesures. Le nettoyage peut être effectué avec du papier de nettoyage utilisé pour les objectifs photographiques et avec de l'eau, si tout cela n'est pas suffisant, utiliser de l'Alcool ETHYLIQUE pur. Après avoir nettoyé avec l'alcool, nettoyer de nouveau les coupoles seulement avec de l'eau. Il est conseillé d'effectuer le calibrage de l'LP NET 07 avec une fréquence annuelle. Le calibrage peut être effectué par rapport à un autre échantillon du net-radiomètre directement sur le champ. Le calibrage sur le terrain est moins précis que le calibrage effectué dans un laboratoire mais offre l'avantage de ne pas devoir démonter l'instrument de son lieu.

Calibrage et exécution des mesures:

La sensibilité du net-radiomètre S (ou facteur de étalonnage) permet de déterminer le flux de éclairment énergétique net grâce à une surface. **Le facteur S est donné en $\mu V/(Wm^2)$.**

- Une fois mesurée la différence du potentiel (DDP) aux extrémités de la sonde, le flux E_e s'obtient par la formule suivante:

$$E_e = DDP/S$$

où;

E_e : est le éclairment énergétique exprimé en klux,

DDP: est la différence du potentiel exprimée dans mV mesurée par le multimètre,

S: est le facteur de calibrage reporté sur l'étiquette du net-radiomètre (et sur le rapport de calibrage) en $\mu V/(Wm^2)$.



LP PYRA 06

N.B. Si la différence du potentiel est positive. Le éclairment énergétique sur la surface supérieur est plus grand du éclairment énergétique sur la surface inférieur (typiquement pendant les premières heures de la matinée), si la DDP est négative, le éclairment énergétique sur la surface inférieur est plus grand du éclairment énergétique sur la surface supérieur (typiquement pendant les heures de la nuit).

Chaque net-radiomètre est étalonné individuellement à l'usine et est distingué par un facteur de calibrage.

L'appareillage équipé du laboratoire métrologique de la DeltaOhm, est effectué **par rapport à un net-radiomètre de référence avec un simulateur solaire comme une source lumineuse. L'étalonnage est effectué avec un faisceau de lumière parallèle.**

Sensibilité de la fonction de la vitesse du vent:

A égalité du flux de éclairment énergétique et augmentation la vitesse du vent le signal de sortie du net-radiomètre diminue (la sensibilité diminue lorsque la vitesse du vent diminue). Les mesures conduites dans les tunnels du vent ont démontré que la sensibilité S_v en fonction de la vitesse du vent pour LP NET 07, peut être rapprochée par les deux fonctions suivantes:

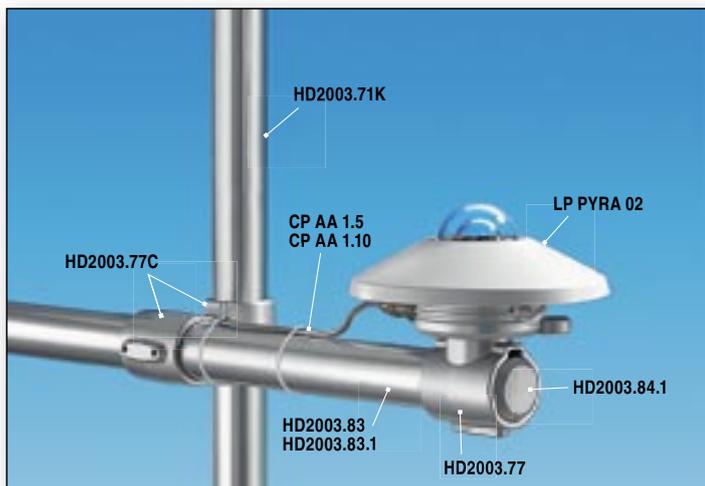
$$S_v = S_0(1 - 0.011 \times V) \quad \text{pour } V \leq 10 \text{ m/s}$$

$$S_v = S_0(0.95 - 0.006 \times V) \quad \text{pour } 10 \text{ m/s} < V < 20 \text{ m/s}$$

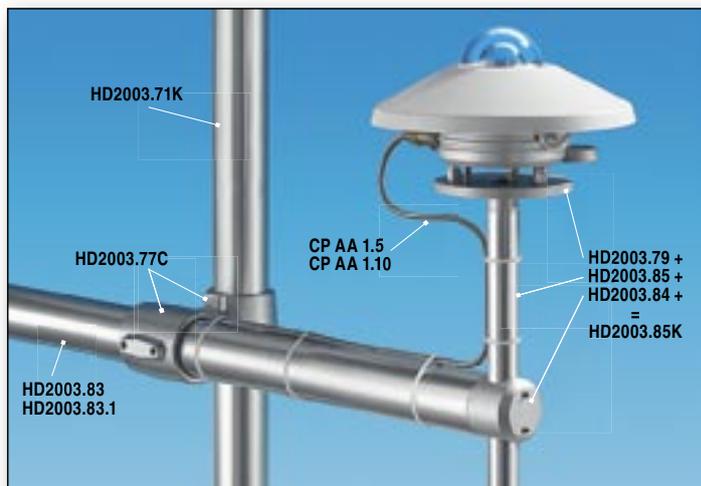
Où: S_0 est la sensibilité pour le vent nul

V est la vitesse du vent en m/s

Sur l'illustration 2 le éclairment énergétique est reporté par le facteur de calibrage selon la vitesse du vent.



LP PYRA 02 + HD2003.77C + HD2003.77



LP PYRA 02 + HD2003.85K + HD2003.77C



HD2013.2.14 + LPPYRA05 + LPPYRA06

Une fois calculé l'éclairement énergétique net en utilisant la sensibilité par vent nul ($F_{net,0}$), et noter la vitesse du vent (V) en m/s, la donnée correcte s'obtient en appliquant la formule suivante:

$$F_{net} = \frac{F_{net,0}}{(1 - 0.011 \times V)} \quad \text{pour } V \leq 10 \text{ m/s}$$

$$F_{net} = \frac{F_{net,0}}{(0.95 - 0.006 \times V)} \quad \text{pour } 10 \text{ m/s} < V < 20 \text{ m/s}$$

Réponse selon la loi du cosinus:

Le éclairement énergétique sur une surface doit être mesuré avec un capteur dont la réponse, en fonction de l'angle d'incidence de la lumière soit lambertiana. Un receveur est appelé lambertiano si sa sensibilité (S_θ) en fonction de l'angle d'incidence entre la lumière et la surface du détecteur à un cours du type:

$$S_\theta = S_0 \cos(\theta)$$

Où: S_0 est la sensibilité quand la lumière incite perpendiculairement à la surface, θ est l'angle entre la normale à la surface et la phase de lumière incidente.

Sur l'illustration 3 est reporté le cours typique de l'erreur (pourcentage) en fonction de l'angle d'incidence.

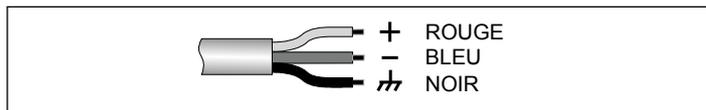
Caractéristiques techniques:

Sensibilité typique:	10 $\mu\text{V}/(\text{W}/\text{m}^2)$
Impédance:	$2\Omega \div 4\Omega$
Domaine de mesure:	$\pm 2000 \text{ W}/\text{m}^2$
Domaine spectral:	$0.2 \mu\text{m} \div 100 \mu\text{m}$
Température de travail:	$-40^\circ\text{C} \div 80^\circ\text{C}$
Poids:	0.35 Kg
Temps de réponse (95%):	<75 sec

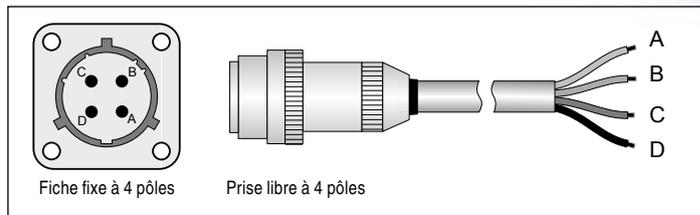
CODE DE COMMANDE

LP NET 07: Net-Radiomètre. Câble de branchement 5 m standard. Longueur du câble différent sur demande.

SCHEMA DE BRANCHEMENT LP NET 07

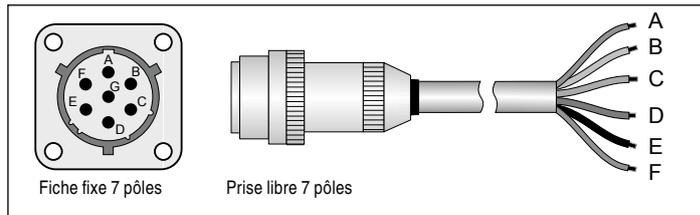


SCHEMA DE BRANCHEMENT LP PYRA 02 - LP PYRA 03

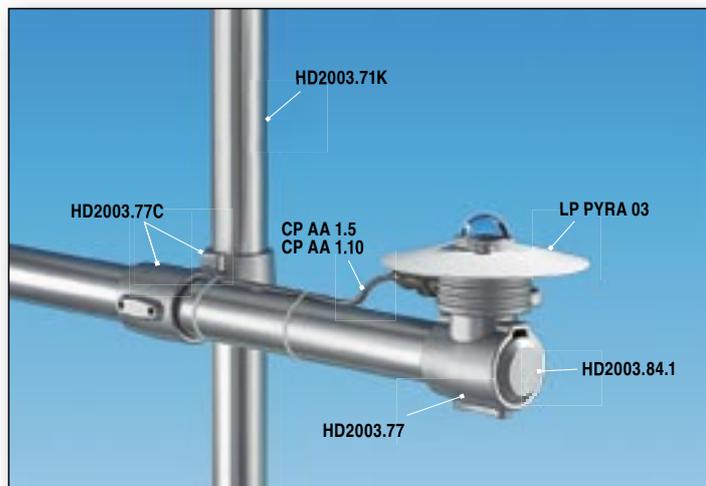


Connecteur	Fonction	Couleur
A	Ecran (\perp)	Noir
B	Positive (+)	Rouge
C	Negative (-)	Bleu
D	Boitier (\neq)	Blanc

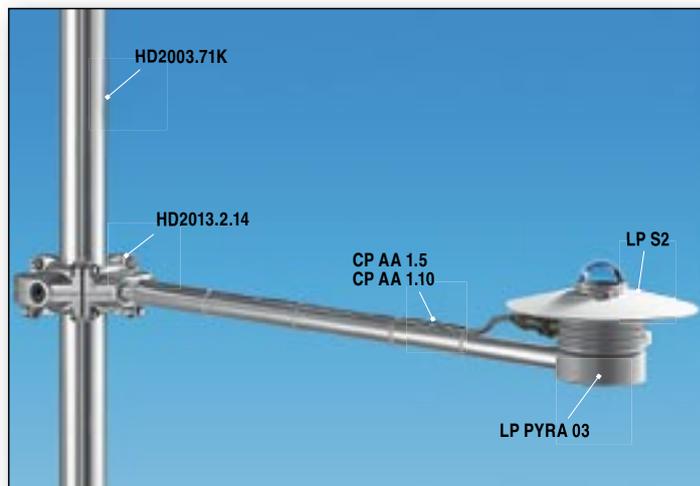
SCHEMA DE BRANCHEMENT LP PYRA 05 - PL PYRA 06



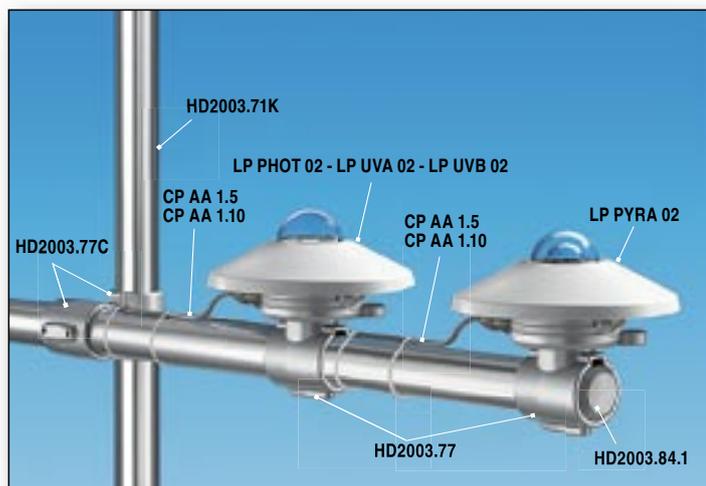
Connecteur	Fonction	Couleur
A	V out (+) générateur inférieur	Vert
B	Boitier (\neq)	Blanc
C	V out (-) générateur supérieur	Bleu
D	V out (+) générateur supérieur	Rouge
E	Ecran (\perp)	Noir
F	V out (-) générateur inférieur	Marron



LP PYRA 03 + HD2003.77 + HD2003.77C



HD2013.2.14 + LP PYRA 03 + LP SP2 + LP S2



LP PYRA 02 + LP PHOT 02 + HD2003.77C + HD2003.77



LP PYRA 03 + HD2003.77C + HD2003.85K