



Le LP NET 14 est un radiomètre net à 4 éléments pour la mesure de l'éclairement énergétique net entre 0.3µm et 45 µm.

La radiomètre net est formé par un couple de pyranomètres (l'un pour la mesure du rayonnement global $E_{sw \downarrow}$ et l'autre pour la mesure du rayonnement diffus $E_{sw \uparrow}$) et par un couple de pyrgeomètres (l'un pour la mesure du rayonnement infrarouge provenant de l'atmosphère $E_{FIR \downarrow}$ et l'autre pour le rayonnement infra-rouge tellurique $E_{FIR \uparrow}$).

Le LP NET 14 est pourvu de capteur de température (NTC). La mesure de la température est nécessaire pour la mesure avec les deux pyrgeomètres ; en effet, le rayonnement infrarouge à longue distance est dérivé de la mesure du signal de sortie de la thermopile et de la connaissance de la température de l'instrument.

Le radiomètre net a été conçu pour être utilisé à l'extérieur dans toutes les conditions climatiques et n'a pas besoin de beaucoup de maintenance.

2 Principe de Fonctionnement

Les pyranomètres qui composent le LP NET 14 mesurent le rayonnement pour les longueurs d'onde comprises entre 0.3µm et 3.0 µm, tandis que les pyrgeomètres mesurent le rayonnement dans la plage spectrale comprise entre 5µm et 45 µm.

Les pyranomètres se basent sur un capteur à thermopile. La surface sensible de la thermopile est revêtue de vernis noir opaque qui permet au pyranomètre de n'être pas sélectif envers les différentes longueurs d'onde. La plage spectrale du pyranomètre est déterminée par la transmission du dôme en verre type K5 (Figure 1).

L'énergie radiante est absorbée par la surface noircie de la thermopile, en créant de cette façon une différence de température entre le centre de la thermopile (jonction chaude) et le corps du pyranomètre (jonction froide). La différence de température entre jonction chaude et jonction froide est convertie en Différence de Potentiel grâce à l'effet Seebeck.

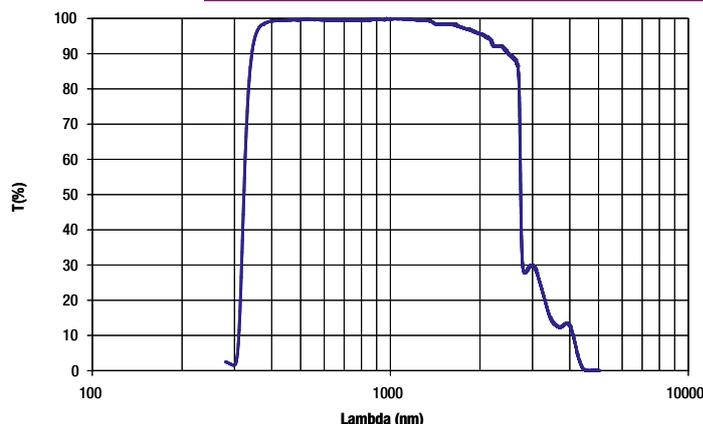


Figure 1: Réponse spectrale relative du pyranomètre.

Les deux pyrgeomètres aussi se basent sur un capteur à thermopile. Dans ce cas, pour la protection de la thermopile on utilise des disques en silice. Le silice est transparent à des longueurs d'onde majeures de 1.1µm et pourtant la face intérieure de la fenêtre est pourvue d'un filtre qui bloque le rayonnement jusqu'à 4.5- 5 µm. La surface externe du silice, qui est exposée aux agents atmosphériques, est recouverte d'un revêtement anti-rayure (DLC) pour assurer résistance et durée dans toutes les conditions climatiques. Le revêtement anti-rayure per-met de nettoyer la surface sans danger de rayer la fenêtre. La transmission de la fenêtre en silice aux différentes longueurs d'onde est montrée dans la figure 2:

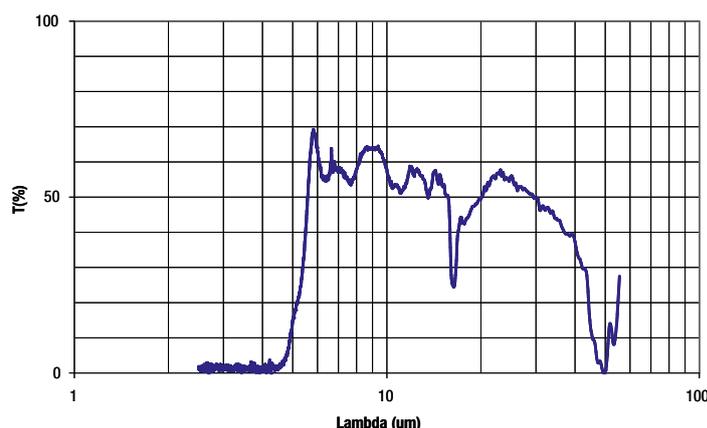


Figure 2: Transmission de la fenêtre en silice.

L'énergie radiante est absorbée/irradiée par la surface noircie de la thermopile, en créant de cette façon une différence de température entre le centre de la thermopile (jonction chaude) et le corps du pyranomètre (jonction froide). La différence de température entre jonction chaude et jonction froide est convertie en Différence de Potentiel grâce à l'effet Seebeck.

Si la température du pyrgeomètre est majeure de la température radiante de la portion du ciel encadrée par le pyrgeomètre, la thermopile va irradier de l'énergie et le signal de sortie va être négatif (situation typique du ciel sans nuages) ; vice-versa, si la température du pyrgeomètre est inférieure à celle de la portion du ciel encadrée, le signal va être positif (situation typique du ciel nuageux). Donc, pour le calcul du rayonnement infrarouge provenant de l'atmosphère ($E_{FIR \downarrow}$), outre au signal de sortie de la thermopile, il faudra connaître la température T du pyrgeomètre, selon la formule 1 :

$$E_{FIR \downarrow} = E_{term} + \sigma T_B^4 \quad 1$$

Où :

E_{term} = l'éclairement énergétique net (positif ou négatif) mesuré avec la thermopile

[W m⁻²], la valeur est calculée une fois connue la sensibilité de l'instrument C [µV/ (W m⁻²)] et le signal de sortie (U_{emf}) selon la formule 2 ;

$$E_{term} = \frac{U_{emf}}{C} \quad 2$$

σ = constante de Stefan-Boltzmann ($5.6704 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$);
 T_B = température du pyr géomètre (K), obtenue à travers la lecture de la résistance de l'NTC ($10 \text{ k}\Omega$). Le manuel (Tableau 1) montre la valeur de résistance en fonction de la température pour les valeurs entre -25°C et $+55^\circ\text{C}$.
 La première lettre de la formule 1 représente l'éclairement énergétique net, c'est-à-dire la différence entre le rayonnement infrarouge qui atteint le pyr géomètre et l'émission du pyr géomètre, tandis que la deuxième lettre exprime le rayonnement émis par un objet (assumé comme rémissivité $\epsilon=1$) à la température T_B .

3 Installation et montage du Radiomètre Net pour la mesure du rayonnement infrarouge:

Avant l'installation du radiomètre net on devra placer deux cartouches de gel de silice dans le logement inférieur. Le gel de silice a la fonction d'absorber l'humidité à l'intérieur de l'instrument; dite humidité pourrait causer la formation de condensation sur la surface externe des fenêtres en silice et des dômes en verre, en des conditions climatiques particulières. Les opérations à effectuer en milieu sec (en tant que possible) sont les suivantes :

- 1- dévisser les 6 vis qui fixent le couvercle inférieur du radiomètre net (Figure 3)
- 2- enlever les vieilles cartouches de sels et le marqueur
- 3- ouvrir le sachet qui contient les cartouches et le marqueur, couper le marqueur en correspondance de l'indicateur d'H.R. 10% (s'assurer que les dimensions permettent de le placer dans le logement porte-silicagel)
- 4- introduire les cartouches dans le logement
- 5- introduire le marqueur de manière qu'on puisse le contrôler aisément sans ouvrir le logement porte-silicagel
- 6- visser les 6 vis du couvercle faisant attention à ce que le joint soit monté correctement
- 7- le radiomètre net est prêt à être utilisé

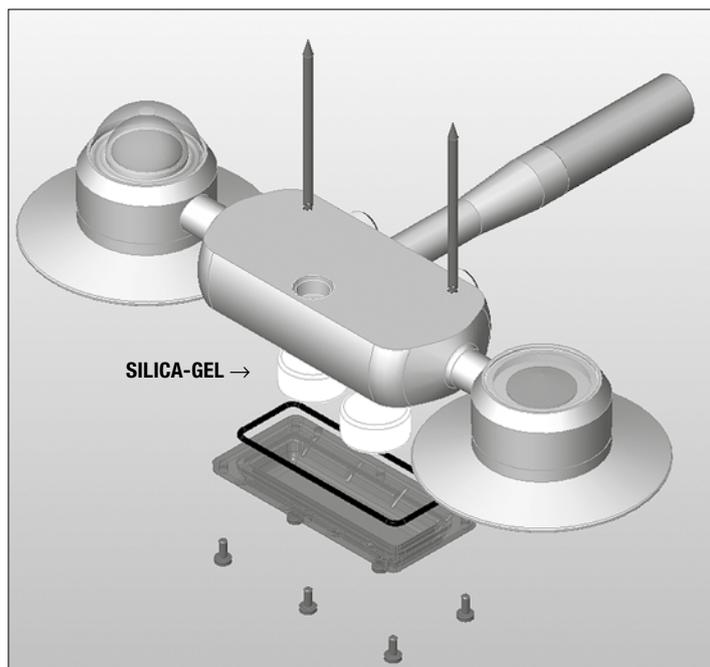


FIG. 3

- Le LP NET 14 devra être installé dans un emplacement facilement accessible pour un nettoyage périodique des dômes et des fenêtres en silice. En même temps, on devrait éviter que des édifices, des arbres ou des obstacles de n'importe quel type supèrent le plan horizontal sur lequel l'instrument a été placé. Au cas où cela ne serait pas possible, on recommande de choisir une position où les obstacles présents soient inférieurs à 10° .
- Habituellement on place l'instrument de façon que le câble électrique sorte de la part du pôle NORD, si on l'utilise dans l'hémisphère NORD et de la part du pôle SUD si on l'utilise dans l'hémisphère SUD en conformité avec la norme ISO TR9901 et aux recommandations du WMO. En tout cas, il est préférable de suivre cette recommandation même lorsqu'on utilise l'écran.
- Pour un positionnement horizontal correct, le LP NET 14 doit être fixé à un poteau par moyen de la barre de fixation. Figure 4.

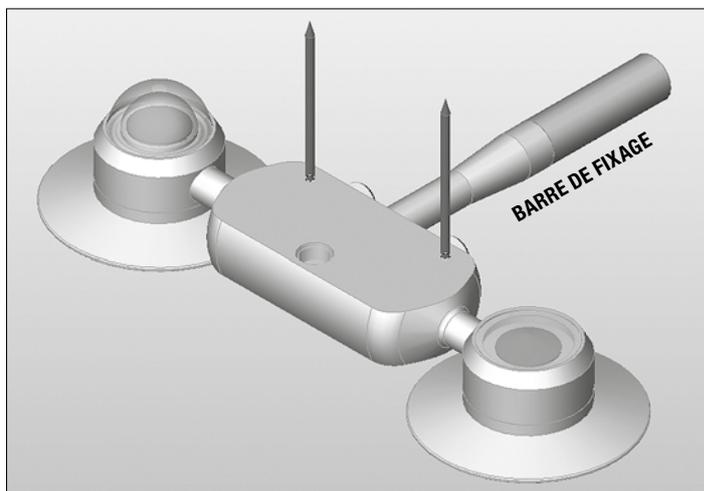
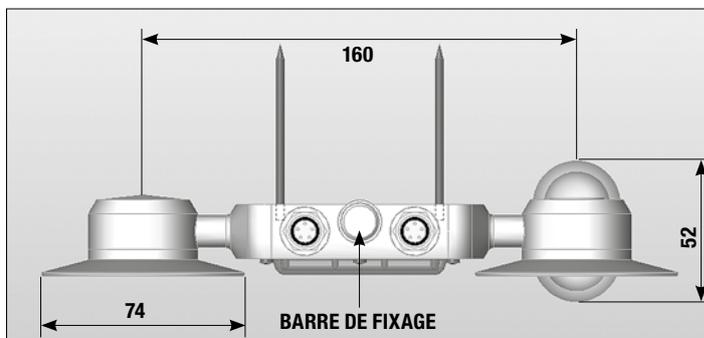


FIG. 4

4 Connexions électriques et spécifications techniques de l'électronique de lecture:

- Le net-radiomètre LP NET 14 ne nécessite pas aucune alimentation.
- L'instrument est pourvu de 2 connecteurs M12 à 8 pôles
- Les câbles optionnels se terminent à une extrémité par le connecteur à 8 pôles et à l'autre par les fils ouverts. Le câble est en PTFE résistant aux UV, est pourvu de 7 fils plus le blindage (gaine), la correspondance entre les couleurs des fils et les pôles des connecteurs est la suivante (figure 5):

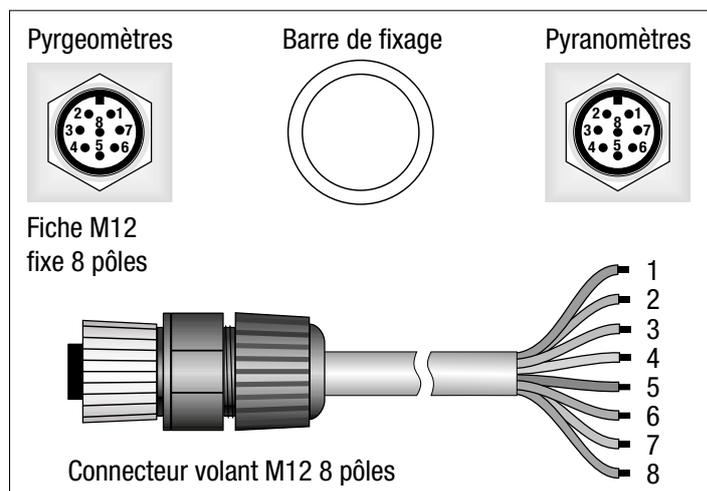


FIG. 5

Connecteur	Fonction		Couleur
	Pyrgéomètres	Pyranomètres	
1	$V_{out} (+) E_{FIR} \downarrow$	$V_{out} (+) E_{SW} \downarrow$	Rouge
2	$V_{in} (-) E_{FIR} \downarrow$	$V_{in} (-) E_{SW} \downarrow$	Bleu
3	Schermo (\pm)	Schermo (\pm)	Écran
4	NON CONNECTE'		
5	$V_{out} (-) E_{FIR} \uparrow$	$V_{out} (-) E_{SW} \uparrow$	Marron
8	$V_{in} (+) E_{FIR} \uparrow$	$V_{in} (+) E_{SW} \uparrow$	Vert
6	NTC	NON CONNECTE'	Blanc
7	NTC	Écran (\pm)	Noir

Tableau 1: correspondance pin-fonction

Pour obtenir une mesure, il est nécessaire d'acquérir simultanément les signaux des 4 thermopiles et de l'NTC.

Pour la mesure des signaux provenant des thermopiles il faut brancher les 4 canaux à un millivoltmètre ou à un collecteur de données. Afin d'exploiter pleinement les caractéristiques du pyranomètre, la résolution conseillée pour l'instrument de lecture est 1 µV.

Il faut en plus lire la résistance de l'NTC pour pouvoir déterminer la température des deux pyrromètres.

La figure 6 montre les connexions nécessaires pour la lecture des signaux des 4 thermopiles et de l'NTC.

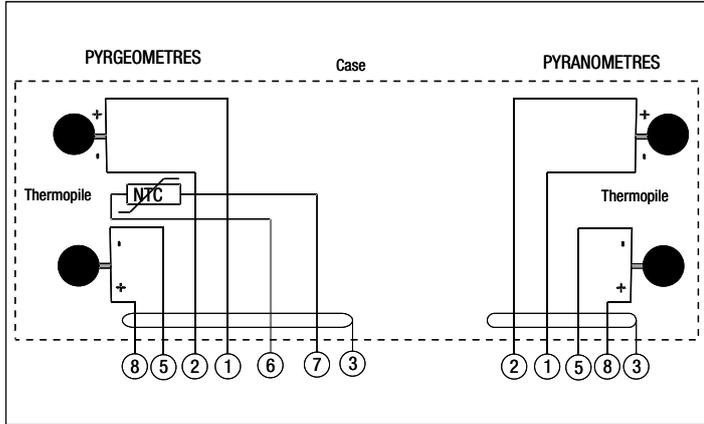


FIG. 6

5 Maintenance:

Afin de garantir une précision des mesures élevée il faut que les fenêtres en silice et les dômes du radiomètre net soient conservés toujours propres, donc plus haute sera la fréquence de nettoyage, plus élevée sera la précision des mesures. Le nettoyage peut être effectué à l'aide d'un normal tissu de nettoyage pour objectifs photo et avec de l'eau ; si cela n'est pas suffisant, utiliser de l'ALCOOL ÉTHYLE pur. Après le nettoyage avec l'alcool, il faudra nettoyer de nouveau le dôme avec de l'eau seulement.

A cause des sauts thermiques élevés entre le jour et la nuit, il est possible que de la condensation se dépose à l'intérieur des pyranomètres et des pyrromètres (en particulier sur la fenêtre en silice, dans ce cas la lecture effectuée ne sera pas correcte. Pour réduire au minimum la formation de condensation, on a

prévu deux cartouches à l'intérieur de l'instrument avec du matériel absorbant : le Silica-gel. L'efficace des cristaux de gel de silice se réduit dans le temps avec l'absorption de l'humidité. Typiquement, la durée du gel de silice varie de 4 à 12 mois selon les conditions environnementales dans lesquelles opère l'instrument. Pour contrôler aisément l'état d'efficacité des sels, un marqueur a été placé à l'intérieur de chaque recharge, dans la partie inférieure du logement porte-silicagel pour une meilleure visibilité. Lorsqu'il indique la présence d'humidité, il faudra remplacer les sels.

De la grêle d'une intensité/dimension particulière pourrait endommager la fenêtre en silice, on conseille donc de vérifier l'état de la fenêtre après un orage intense avec de la grêle.

6 Étalonnage et réalisation des mesures:

Chaque pyranomètre et pyrromètre qui compose l'instrument est étalonné individuellement. Le facteur d'étalonnage **S** est donné en µV/(Wm⁻²).

- Une fois mesurée la différence de potentiel (DDP) aux extrémités de la sonde, on obtient l'éclairement énergétique E_e à travers la formule suivante:

$$E_e = DDP/S$$

où;

E_e : est l'éclairement énergétique exprimé en W/m²,

DDP: est la différence de potentiel exprimée en µV mesurée par le multimètre,

S: est le facteur d'étalonnage indiqué sur l'étiquette de chaque pyranomètre (et sur le rapport d'étalonnage) en µV/(W/m²).

Chaque pyranomètre est étalonné individuellement en usine et est caractérisé par son facteur d'étalonnage.

La mesure avec les deux pyrromètres doit être effectuée de la façon suivante: D'après la mesure de résistance R_{NTC} [ohm] de l'NTC on peut obtenir la température du pyrromètre (T_p) à travers la formule 3:

$$\frac{1}{T_p} = a + b \cdot \log(R_{NTC}) + c \cdot (R_{NTC})^3 \quad 3$$

Où:

$a=10297.2 \times 10^{-7}$;

$b=2390.6 \times 10^{-7}$;

$c=1.5677 \times 10^{-7}$.

La température est exprimée en degrés Kelvin.

N.B. Le tableau 2 montre les valeurs entre -25°C et +58°C, pour obtenir la valeur en degrés Kelvin on devra choisir la conversion opportune.



T [C]°	R _{-NTC} [Ω]	T [C]°	R _{-NTC} [Ω]	T [C]°	R _{-NTC} [Ω]
-25	103700	3	25740	31	7880
-24	98240	4	24590	32	7579
-23	93110	5	23500	33	7291
-22	88280	6	22470	34	7016
-21	83730	7	21480	35	6752
-20	79440	8	20550	36	6499
-19	75390	9	19660	37	6258
-18	71580	10	18810	38	6026
-17	67970	11	18000	39	5804
-16	64570	12	17240	40	5592
-15	61360	13	16500	41	5388
-14	58320	14	15810	42	5193
-13	55450	15	15150	43	5006
-12	52740	16	14520	44	4827
-11	50180	17	13910	45	4655
-10	47750	18	13340	46	4489
-9	45460	19	12790	47	4331
-8	43290	20	12270	48	4179
-7	41230	21	11770	49	4033
-6	39290	22	11300	50	3893
-5	37440	23	10850	51	3758
-4	35690	24	10410	52	3629
-3	34040	25	10000	53	3505
-2	32470	26	9605	54	3386
-1	30980	27	9228	55	3386
0	29560	28	8868	56	3271
1	28220	29	8524	57	3161
2	26950	30	8195	58	3055

Tableau 2: valeurs de résistance de l'NTC en fonction de la température.

Une fois connue la température en degrés Kelvin (=Température en °C + 273.15) du pyrgéomètre et le signal de sortie de la thermopile U_{emf} [μV], on obtient le rayonnement $E_{FIR \downarrow}$ [W/m^2] avec la formule 4:

$$E_{FIR \downarrow} = \frac{U_{emf}}{C} + \sigma \cdot T_B^4 \quad 4$$

Où:

C = facteur d'étalonnage [$\mu V / (W/m^2)$] du pyrgéomètre indiqué sur le rapport d'étalonnage;

σ = constante de Stefan-Boltzmann ($5.6704 \times 10^{-8} W m^{-2} K^{-4}$).

Chaque pyrgéomètre est étalonné individuellement en usine et est caractérisé par son propre facteur d'étalonnage.

L'étalonnage du pyrgéomètre est effectué en externe, par comparaison avec un pyrgéomètre étalon calibré chez le World Radiation Center (WRC).

Les deux instruments sont tenus à l'extérieur pendant quelques jours et nuits avec un ciel sans nuages. Les données acquises par moyen d'un collecteur de données sont ensuite élaborées pour obtenir le facteur d'étalonnage.

Afin de pouvoir exploiter entièrement les caractéristiques de la sonde LP NET 14, on recommande d'effectuer la vérification de l'étalonnage tous les deux ans ou après un an (le choix de l'intervalle de calibrage dépend de l'exactitude qu'on souhaite obtenir et de l'endroit d'installation, de la présence de pollution etc.).

7 Caractéristiques techniques:

PYRANOMETRES

Pyranomètre de II^{ème} Classe selon ISO 9060

Sensibilité typique:	10 $\mu V / (W/m^2)$
Impédance:	33 $\Omega \div 45 \Omega$
Plage de mesure:	0-2000 W/m^2
Champ visuel:	2 π sr
Plage spectrale:	305 nm \div 2800 nm (50%)
(transmission du dôme)	335 nm \div 2200 nm (95%)
Température de travail:	-40 °C \div 80 °C

PYRGEOMETRES

Sensibilité typique:	5-10 $\mu V / (W/m^2)$
Impédance:	33 $\Omega \div 45 \Omega$
Plage de mesure:	-300+300 W/m^2
Champ visuel:	160°
Plage spectrale:	5.5 $\mu m \div 45 \mu m$ (50%)
(transmission de la fenêtre en silice)	
Température de travail:	-40 °C \div 80 °C

CODE DE COMMANDE

LP NET 14: Radiomètre net pourvu de:

tige $\phi=16$ mm longueur 400 mm, 2 protection anti-oiseaux, 2 recharges de matériel dessiccatif (composées par 2 cartouches de silica gel plus un marqueur), dispositif de nivelage. 2 prises libres M12 8 pôles et Rapport d'étalonnage.

ACCESSOIRES

LPG2: 2 Recharges composées de 2 cartouches de silica gel

CPM12AA8.5: Câble avec connecteur M12 8 pôles de 5 mètres

CPM12AA8.10: Câble avec connecteur M12 8 pôles de 10 mètres

