

Pyranomètre au silicium SP-Lite

Manuel d'utilisation

*Issued 30.7.98
Traduction du 03.09.2002*

Campbell Scientific Ltd prend note de l'expertise technique fournie par Kipp & Zonen dans leur manuel du SP-Lite (Instruction Manuel rev. 9607), sur lequel ce manuel d'utilisation est basé.

Copyright © 1998 Campbell Scientific Ltd.

GARANTIE

Cet équipement est garanti contre tout vice de matériau, de façon et de logiciel. Cette garantie demeurera en vigueur pendant une période de douze mois à compter de la date de livraison. Nous nous engageons à réparer ou à remplacer les produits jugés défectueux pendant la période de garantie, à condition qu'ils nous soient renvoyés port payé. Cette garantie ne pourra être appliquée :

- A aucun équipement modifié ou altéré de quelque manière que ce soit sans une autorisation écrite de Campbell Scientific.
- Aux batteries.
- A aucun produit soumis à une utilisation abusive, un mauvais entretien, aux dégâts naturels ou endommagements lors du transport.

Campbell Scientific renverra les équipements sous garantie par voie de terre, frais de transport payés. Campbell Scientific ne remboursera ni les frais de démontage ni les frais de réinstallation du matériel. Cette garantie et les obligations de la société citées ci-dessous remplacent toute autre garantie explicite ou implicite, y compris l'aptitude et l'adéquation à une utilisation particulière. Campbell Scientific décline toute responsabilité en cas de dommages indirects.

Avant de renvoyer un équipement, veuillez nous en informer pour obtenir un numéro de référence de réparation, que les réparations soient effectuées ou non dans le cadre de la garantie. Veuillez préciser la nature du problème le plus clairement possible et, si l'appareil n'est plus sous garantie, joindre un bon de commande. Un devis pour les réparations sera fourni sur demande.

Le numéro de référence de réparation doit être indiqué clairement à l'extérieur du carton utilisé pour renvoyer tout équipement.

Veuillez noter que les produits envoyés par avion sont sujets à des frais de dédouanement que Campbell Scientific facturera au client. Ces frais sont bien souvent plus élevés que le prix de la réparation proprement dite.



Campbell Scientific Ltd,
1, rue de Terre Neuve
Miniparc du Verger
Bât. H - Les Ulis
91967 COURTABOEUF CEDEX, FRANCE
Tél. : (+33) 1 69 29 96 77
Fax : (+33) 1 69 29 96 65
Email : campbell.scientific@wanadoo.fr
www.campbellsci.co.uk/fr/

Table des matières

1. Description.....	1
2. Propriétés.....	2
2.1 Propriétés électriques.....	2
2.2 Propriétés spectrales.....	2
2.3 Réponse directionnelle / cosinusoidale	3
3. Caractéristiques du capteur.....	4
4. Calibrage.....	5
4.1 Conditions de calibrage.....	5
4.2 Re-calibrage.....	5
5. Installer le SP-Lite.....	5
5.1 Installation sur le terrain.....	5
5.2 Calibrage et vérification du fonctionnement du capteur.....	6
6. Branchement.....	7
7. Programmation de la centrale de mesure	7
7.1 Etendue de mesure en entrée pour la centrale de mesure	8
7.2 Facteur d'étalonnage et multiplicateur.....	8
7.3 Exemple de programme partiel.....	8
7.3.1 Instruction 2 - Entrée différentielle (recommandé).....	8
7.3.2 Instruction 1 - Entrée unipolaire	9
7.4 Considérations à propos du format de sauvegarde	9
8. Entretien.....	9
9. Résolution de problèmes.....	9

Figures

1. Capteur SP-Lite seul, sans système de mise à niveau ni bras de montage...	1
2. Dimensions du SP-Lite et du système de mise à niveau	1
3. Circuit électrique du SP-Lite.....	2
4. Sensibilité spectrale du pyranomètre, comparée au rayonnement solaire ...	3
5. Réponse cosinusoidale d'un pyranomètre SP-Lite typique.....	3
6. Branchement pour une mesure différentielle	7
7. Branchement pour une mesure unipolaire	7

Tables

1. Multiplicateurs utilisés pour le calcul de la densité de flux et le flux total..	8
---	---

Pyranomètre au silicium SP-Lite

Le SP-Lite est un pyranomètre au silicium robuste, qui peut être utilisé pour mesurer l'énergie reçue par d'un hémisphère entier. Il utilise un détecteur à photodiode qui crée une tension proportionnelle au rayonnement incident.

Le SP-Lite est utilisé pour des applications relatives à l'énergie solaire, comme la croissance des plantes, la conversion thermique ou l'évapotranspiration. Il peut être connecté directement à une centrale de mesure, et la lecture du signal en watts par mètre carrés (Wm^{-2}) peut être directement obtenue. Le capteur est fourni avec un système de mise à niveau afin de faire des mesures d'alignement précis.

1. Description



Figure 1 Capteur SP-Lite seul, sans système de mise à niveau ni bras de montage

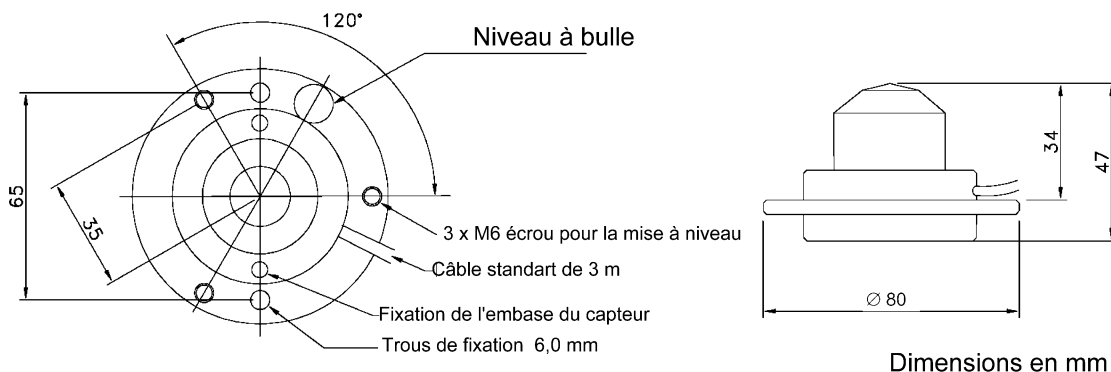


Figure 2 Dimensions du SP-Lite et du système de mise à niveau

Le SP-Lite est utilisé pour mesurer le rayonnement solaire. Il mesure l'énergie solaire reçue depuis l'hémisphère en entier, soit un angle de vision de 180° . Le signal de sortie est exprimé en Watts par mètre carré (Wm^{-2}).

Le SP-Lite est prévu pour être utilisé en extérieur et de façon continue. Son étalonnage n'est valable que pour des conditions d'ensoleillement sans ombre – pas pour de la lumière artificielle. Il est la plupart du temps utilisé afin de mesurer le rayonnement solaire reçu dans le plan horizontal, et est équipé d'un système à niveau à bulle afin qu'il soit parfaitement aligné à l'horizontal. Le SP-Lite peut cependant être installé à l'envers ou dans une position intermédiaire si cela est demandé.

Le SP-Lite est en conformité avec la directive Européenne 89/336/EEC, relative aux radiations électromagnétiques.

2. Propriétés

Le SP-Lite est constitué d'une photodiode avec un habillage et un câble. Le circuit inclut une résistance de shunt pour la photodiode, afin qu'elle fournisse une tension en sortie. La caractéristique électrique du capteur dépend des caractéristiques de la photodiode et de la résistance, quand la caractéristique spectrale dépend de la photodiode et du matériau qui est au dessus. La photodiode est encapsulée dans le matériau de façon à ce qu'elle ait un angle de vision de 180°, et que sa caractéristique angulaire réponde à une réponse dite « cosinusoidale » (voir paragraphe suivant).

2.1. Propriétés électriques

Le circuit électrique du pyranomètre est donné à la figure 3, ci-dessous. Etant donné que la résistance nominale de sortie du SP-Lite est de 50 Ohms, la résistance d'entrée de l'équipement de lecture associé doit être au minimum de 5000 Ohms afin de réduire les erreurs au minimum à moins de 0,1%. Cela est le cas pour les centrales d'acquisition de Campbell Scientific.

Le câble du NR-Lite peut être étendu jusqu'à une longueur de 100 mètres sans problème, pour autant que la résistance de la longueur totale du câble soit inférieure à 0,1% de l'impédance de lecture de l'équipement.

La sensibilité électrique de la photodiode change en fonction de la température. Une valeur nominale de ce changement est de 0,2% de changement par °C. Le calibrage est effectuée à 20°C.

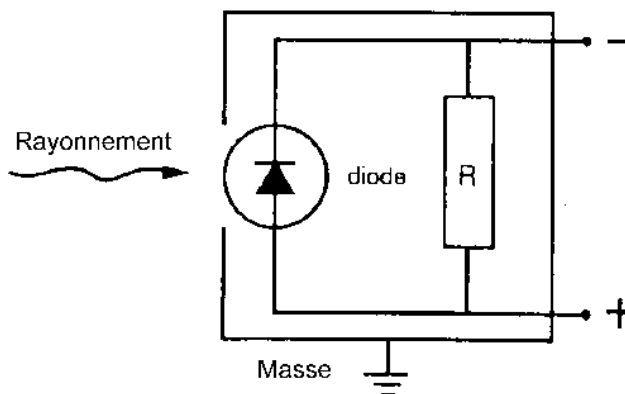


Figure 3 Circuit électrique du SP-Lite

2.2. Propriétés spectrales

Les propriétés spectrales du SP-Lite sont principalement déterminées par la réponse spectrale de la photodiode ; celle-ci est donnée à la figure 4 ci-dessous.

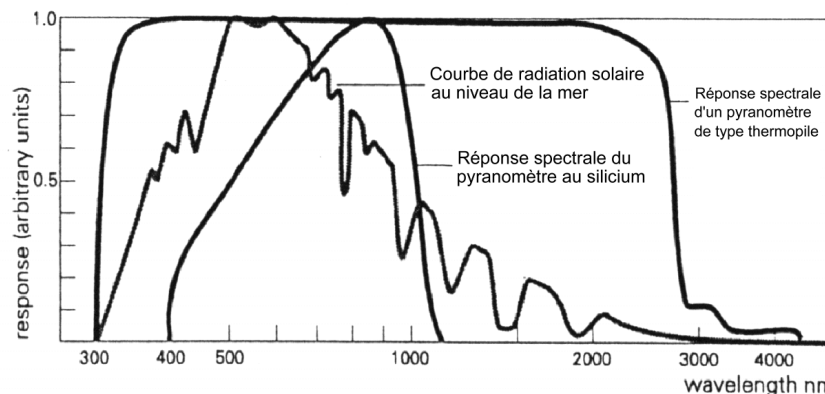


Figure 4 Sensibilité spectrale du pyranomètre, comparée au rayonnement solaire

Le SP-Lite est calibré pour le rayonnement solaire sous un ciel clair. Le spectre correspondant à cette condition au niveau de la mer, est aussi donné à la figure 4.

Malheureusement, le spectre solaire réel varie en fonction de la couverture nuageuse, de la saison et de l'altitude. Etant donné que le pyranomètre n'a pas une sensibilité uniforme sur la totalité du spectre, la précision de sa réponse variera. On a cependant prouvé que l'erreur sur la totalité du spectre, est très faible. L'erreur maximale totale estimée sera de +/- 5% comparé aux conditions d'étalonnage.

La sensibilité spectrale et la sensibilité de la photodiode du SP-Lite varieront en fonction de la température, et les effets séparés de chacun de ses changements, ne peut pas être déterminé de façon simple.

2.3. Réponse directionnelle / cosinusoïdale

Une réponse cosinusoïdale parfaite donnera une sensibilité maximale à un angle d'incidence de zéro degrés (perpendiculaire à la surface du capteur), et une sensibilité de zéro pour un angle d'incidence de 90° (radiation passant au delà de la surface du capteur). Aux angles compris entre 0 et 90 degrés, la sensibilité devrait être proportionnelle au cosinus de l'angle d'incidence.

La figure 5 montre le comportement typique d'un SP-Lite. L'axe vertical montre la déviation par rapport à un comportement idéal, exprimé en pourcentage de déviation par rapport à la valeur idéale.

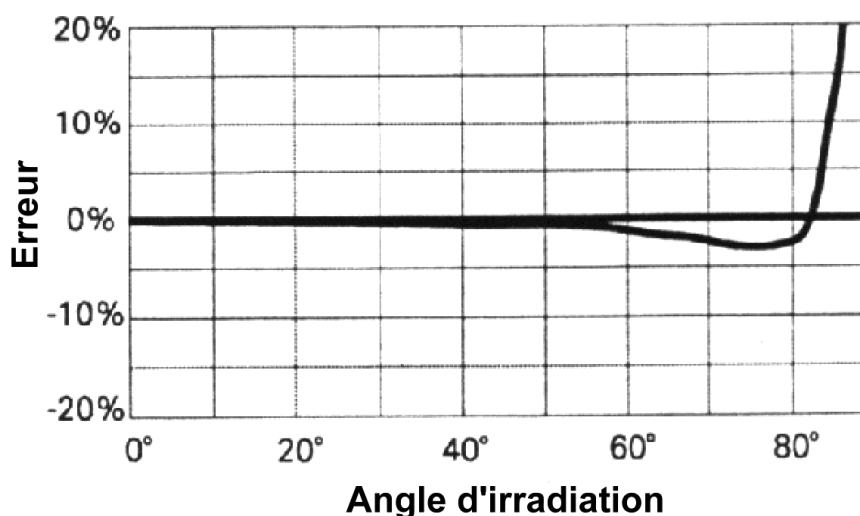


Figure 5 Réponse cosinusoïdale d'un pyranomètre SP-Lite typique.

Sur la figure 5, un angle de zénith de 0 degré correspond à un angle d'incidence de 90 degrés. L'axe vertical montre le pourcentage de déviation par rapport à la déviation cosinusoidale idéale

3. Caractéristiques du capteur

Electrique

Impédance nominale :	< à 50 Ohms
Temps de réponse :	< à 1 seconde
Sensibilité :	10 μ V/Wm ⁻²
Etendue de mesure du signal :	0 à 15 mV (sous les conditions atmosphériques)
Stabilité :	< à +/- 2% par année
Non linéarité :	< à +/- 1% jusqu'à 1000 Wm ⁻²
Dépendance à la température :	< à +/- 0,15% / °C

Spectrale

Etendue de mesure :	De 0,4 à 1,1 μ m
Type de détecteur :	BPW 34

Directionnelle

Erreur de cosinus corrigé entre 80° d'angle d'incidence erreur:	inférieur à +/- 10%
Erreur de cosinus, moyenne corrigé sur des erreurs d'azimut opposé (à un angle d'incidence de 60°) :	inférieur à +/- 10%
Réponse d'inclinaison :	pas d'erreur

Mécanique

Matériau d'emballage :	Aluminium anodisé
Matériau du câble :	Polyuréthane
Poids :	110g
Longueur du câble :	Approximativement 3 mètres en standard (cela peut être étendu jusqu'à 100m – voir parag. 2)
Dimensions physiques :	Voir la figure 2.

Environnementale

Température de fonctionnement :	De -30 à + 70°C
---------------------------------	-----------------

4. Calibrage

4.1. Conditions de calibrage

Le SP-Lite est calibré avec une référence vis à vis d'un pyranomètre standard secondaire de Kipp & Zonen sous des conditions de lumière solaire naturelle, par temps dégagé.

Les conditions de référence sont :

Montage :	Horizontale
Incidence :	Normale
Température :	20°C
Irradiation :	500Wm ⁻²

Le standard primaire de radiation solaire, par rapport auquel le pyranomètre standard secondaire est calibré, est la référence radiométrique mondiale (World Radiometric Reference).

4.2. Re-calibrage

Il est recommandé de faire un re-calibrage tous les 2 ans, de préférence en faisant fonctionner le SP-Lite en parallèle avec un capteur de référence pendant au moins deux jours ensoleillés, puis en comparant les valeurs journalières. Le capteur de référence devrait être un capteur de standard supérieur, ou un SP-Lite qui n'est utilisé qu'à cette fin. Si les résultats diffèrent de plus de 5% , le capteur doit être retourné pour un re-calibrage. Contactez alors Campbell Scientific pour avoir plus de détails.

5. Installer le SP-Lite

Un capteur neuf aura été vérifié et calibré avant d'être expédié, et peut alors être installé directement comme cela est décrit ci-dessous.

Si vous vous êtes en train d'installer ou de ré-installer un capteur plus ancien, qui a déjà été utilisé, il est recommandé de vérifier l'état de fonctionnement du capteur par la méthode décrite précédemment, avant d'installer l'instrument. Vous pouvez alors déterminer s'il y a un problème, et la corriger avant même de mettre le capteur en fonctionnement sur le terrain.

5.1. Installation sur le terrain

Installez le SP-Lite à un bras de montage adapté. Lorsque vous le fixez aux différents types de stations météo de Campbell Scientific, des systèmes de fixation adaptés sont fournis. Reportez-vous au manuel de la station météo appropriée pour de plus amples informations.

Montez le capteur de façon à ce qu'aucune ombre ne soit orientée sur lui (arbres, immeubles ou mât sur lequel le capteur est installé), à n'importe quelle heure de la journée ou de l'année. Dans l'hémisphère nord, l'instrument est généralement orienté vers le sud, afin d'éviter les problèmes potentiels dus aux ombres.

NOTE

Le SP-Lite ne fonctionnera correctement que s'il est utilisé sous un ciel dégagé. Il ne doit pas être mis en place là où il peut y avoir des ombres, sous des constructions ou sous la canopée.

Bien que le SP-Lite ne fonctionnera correctement que sous un ciel dégagé comme cela est indiqué ci-dessus, il peut être utilisé afin de mesurer le rayonnement réfléchi – par exemple lorsqu'il est pointé vers le sol, dans une position inversée. Cependant, comme le spectre du rayonnement réfléchi est différent du rayonnement incident, des erreurs significatives peuvent advenir.

Montez le capteur à une hauteur d'au minimum 1,5m au dessus de la surface du sol afin de minimiser les effets d'ombre et afin de promouvoir un effet de moyenne spatiale. Pour s'assurer que le capteur soit mis à niveau de façon précise, le SP-Lite est fourni avec un support de montage ajustable spécial, qui comprend un système de niveau à bulle intégré. On monte et on ajuste le niveau à bulle de la façon suivante :

1. Fixez fermement le système de fixation au mât, à la hauteur souhaitée. Assurez-vous que la plaque présente à l'extrémité du système, soit approximativement à niveau.
2. Attachez le SP-Lite au bras de montage de façon souple et avec son support de montage, grâce aux deux longues vis de montage. Ajustez la position du SP-Lite en faisant tourner les vis ajustables de la plaque de fixation, jusqu'à ce que la bulle du niveau soit parfaitement centrale.
3. Serrez les écrous à fond, en vous assurant que la bulle reste au centre. Si cela décentre la bulle, il faut dévisser les écrous et recommencer.

Le capteur devrait être vérifié et re-calibré tous les deux ans.

5.2. Calibrage et vérification du fonctionnement du capteur

Il est toujours préférable de vérifier l'état de fonctionnement d'un SP-Lite avant de l'installer ou de le ré-installer lors du début d'une nouvelle campagne de mesure.

Pour vérifier correctement le fonctionnement de l'instrument, vous aurez besoin :

1. Du capteur SP-Lite
2. D'un voltmètre d'étendue de mesure 0-50mV et d'une impédance d'entrée supérieure à 5000 Ohms. Une centrale d'acquisition peut être utilisée afin de lire la tension, si aucun voltmètre n'est disponible.
3. Une source de lumière.

Mettez en place le SP-Lite de façon à ce qu'il soit parallèle à la surface que vous voulez sonder.

Suivez la procédure détaillée ci-dessous :

1. Connectez le SP-Lite au voltmètre (fil blanc à la borne + et fil vert à la borne -, blindage à la masse générale)
2. Sélectionnez l'étendue de mesure la plus sensible
3. Avec la lampe en position éteinte et le capteur recouvert, lisez la valeur du signal en sortie – cela devrait donner zéro.
4. Allumez la lampe. Le capteur doit alors donner une tension positive.
5. Ajustez l'étendue de mesure du voltmètre de façon à ce que la pleine échelle attendue pour le pyranomètre, soit à peu près la même que celle du voltmètre. Une façon (théorique) de calculer le signal maximum attendu lors d'une exposition météorologique normale, est donnée ci-dessous :

Rayonnement maximum attendu : $+1500\text{Wm}^{-2}$

Sensibilité du pyranomètre : $10\mu\text{VW}^{-1}\text{m}^{-2}$

L'étendue de mesure attendue en sortie pour le radiomètre est $1500 \times 10 = 15 \text{ mV}$

Ce calibrage n'est valable que pour la lumière du jour.

On calcule l'intensité du rayonnement en divisant le signal en sortie du pyranomètre, par le facteur d'étalonnage.

6. Branchement

Le SP-Lite peut être mesuré en unipolaire ou en différentiel.

Si on fait une mesure différentielle, mettre le fil blanc (+) sur la voie haute (1H par exemple) d'une voie différentielle de la centrale de mesure, et le fil vert (-) sur la voie basse (1L) de la même voie différentielle. Il faut aussi relier la partie basse de la voie différentielle à la masse analogique afin d'éviter des erreurs de mode commun. On branche le fil de blindage à la masse (G sur les CR10/10X & CR500/510 et $\perp$ sur les CR23X, CR7 & 21X).

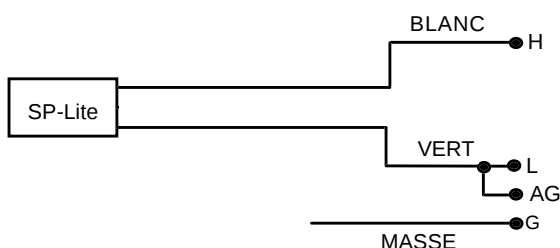


Figure 6 Branchement pour une mesure différentielle

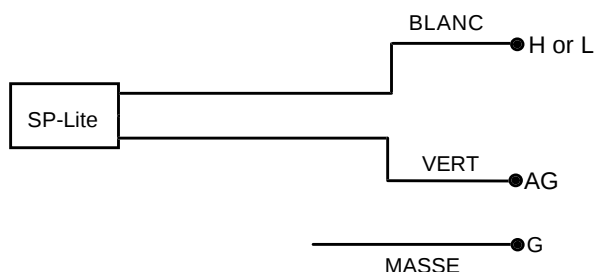


Figure 7 Branchement pour une mesure unipolaire

Si on fait une mesure unipolaire, on branche le fil blanc sur n'importe quelle voie unipolaire (H ou L) et le fil vert sur la masse analogique (AG sur les CR10/10X & CR500/510 et $\perp$ sur les CR23X, CR7 Et 21X). On branche le fil de blindage à la masse de la même manière que pour une mesure différentielle.

7. Programmation de la centrale de mesure

Le SP-Lite fournit une faible tension en sortie, allant de 0 à un maximum de 15mV. Une mesure différentielle (Instruction 2) est recommandée puisqu'elle a une réjection du bruit qui est meilleure qu'avec la mesure unipolaire. Si une voie différentielle n'est pas disponible, une mesure unipolaire (instruction 1) peut être utilisée. Le fait d'accepter les mesures faites en unipolaire peut être fait après avoir comparé de façon simple, les résultats d'une mesure différentielle et celle d'une mesure unipolaire, faite dans les mêmes conditions.

7.1. Etendue de mesure en entrée pour la centrale de mesure

La tension de sortie du SP-Lite est sensée être de 1,0mV par 100Wm⁻².

On utilise normalement l'étendue de mesure 15mV sur les 21X et CR7, l'étendue de mesure 25mV pour la CR10/10X et la CR500/510, et 50mV pour la CR23X.

Le code du paramètre destiné à l'étendue de mesure, configure aussi la durée d'intégration. L'intégration lente ou avec réjection 50Hz donne une lecture avec moins de bruit. Une intégration rapide prend moins d'énergie et permet d'augmenter le taux de scrutation.

7.2. Facteur d'étalonnage et multiplicateur

Chaque SP-Lite est fourni avec un « certificat d'étalonnage » du fabricant, reprenant le n° de série et le facteur de « sensibilité » ou d'étalonnage. Tous les capteurs fournis à Campbell Scientific ont un étalonnage standard de 10μV/Wm⁻².

Le facteur de sensibilité fourni par Kipp & Zonen est en unité du μV/Wm⁻².

Le multiplicateur à utiliser dans un programme de centrale de mesure, afin de donner des Wm⁻², est de 100.

D'autres unités peuvent être utilisées en ajustant le multiplicateur selon ce qui est écrit dans le tableau 1.

Tableau 1 Multiplicateurs utilisés pour le calcul de la densité de flux et le flux total

Unité	Multiplicateurs	
kJm ⁻²	M*t*0.001	Flux total
kWm ⁻²	M*0.001	Densité de flux
cal cm ⁻²	M*t*0.0239*0.001	Flux total
cal cm ⁻²	M*1.434*0.001	Densité de flux

Où M = facteur d'étalonnage en Wm⁻²/mV, soit 100

Et où t = l'intervalle d'exécution du programme de la centrale de mesure, en sec.

7.3. Exemple de programme partiel

Les exemples qui suivent donnent les codes d'utilisation appropriés aux centrales de mesure CR10/10X, avec soit l'instruction 2 (différentielle), soit l'instruction 1 (unipolaire).

7.3.1. Instruction 2 – Entrée différentielle (recommandé)

```
;{CR10X}
;
*Table 1 Program
01: 1      Execution Interval (seconds)      ; ou différent !

1: Volt (Diff) (P2)
1: 1      Reps
2: 3      25 mV Slow Range                  ; codes pour la CR10/10X
3: 1      DIFF Channel
4: 1      Loc [ Valeur_1 ]
5: 100    Mult                              ; coefficient d'étalonnage
6: 0.0    Offset                            ; en unités de Wm-2mV-1 (voir ci dessus)
```

7.3.2. Instruction 1 – Entrée unipolaire

```
;{CR10X}
;
*Table 1 Program
01: 1      Execution Interval (seconds)      ; ou différent !

1: Volt (SE) (P1)
1: 1      Repts
2: 3      25 mV Slow Range                  ; codes pour la CR10/10X
3: 1      SE Channel
4: 1      Loc [ Net_rad ]
5: 100    Mult                              ; coefficient d'étalonnage
6: 0.0    Offset                          ; en unités de  $Wm^{-2}mV^{-1}$  (voir ci dessus)
```

7.4. Considérations à propos du format de sauvegarde

Le plus grand nombre que les centrales de mesures peuvent enregistrer en mémoire finale sont 6999 en basse résolution et 99999 en haute résolution. Si les valeurs mesurées sont totalisées, il y a un danger potentiel de dépasser la limite des valeurs disponibles pour la sauvegarde, comme cela est montré dans l'exemple suivant :

Exemple

On considère que la grandeur souhaitée est le total de flux, et que la centrale d'acquisition a un temps de scrutation d'une seconde. Avec un multiplicateur qui convertit les mesures en kJm^{-2} et un ensoleillement de $0,5kWm^{-2}$, le maximum de la valeur basse résolution sera atteinte en moins de quatre heures.

Solution 1 – Changer le multiplicateur de l'instruction pour ($m*0,0001$). Cela fera un total en MJm^{-2} au lieu des kJm^{-2} .

Solution 2 – Enregistrer la moyenne de la densité de flux, et la multiplier ensuite par le nombre de secondes présents dans l'intervalle de sauvegarde, afin d'obtenir le flux total.

Solution 3 – Enregistrer le flux total en utilisant le format de haute résolution. La contrepartie de l'utilisation de la haute résolution, est que ce format utilise 4 bits de mémoire par point de donnée, ce qui est deux fois plus qu'en basse résolution.

8. Entretien

Le SP-Lite est un appareil « tout temps » ; il est très stable, mais il doit être manipulé avec soin. Il nécessite peu d'entretien périodique, mis à part le fait de nettoyer la surface du capteur avec soin en utilisant un chiffon doux passé à l'eau ou à l'alcool.

9. Résolution de problèmes

Le pyranomètre ne semble pas fournir de signal en sortie

Si votre pyranomètre ne semble pas fonctionner du tout, faites les vérifications suivantes :

- Vérifiez la sensibilité de l'instrument vis à vis de la lumière, en suivant la procédure de pré-installation décrite au paragraphe 5.
- Si cette procédure n'aboutit pas, mesurez l'impédance du capteur entre le fil blanc et le fil marron. L'impédance lue devrait être proche de 50 Ohm. Si elle est inférieure à 5 Ohm, c'est qu'un court circuit a lieu. Si elle est infinie, c'est que le capteur est endommagé, ou que le câble est cassé.

Les valeurs lues ne sont pas celles qu'on attend

- Lors d'un ensoleillement complet, la valeur attendue pour le rayonnement est d'environ 1500Wm^{-2} . Sous des lampes, il peut être supérieur.
- Utilisez-vous le bon coefficient d'étalonnage ? Avez-vous converti le facteur de la façon appropriée par rapport à l'utilisation faite dans le programme de la centrale ? (voir le paragraphe 7)
- Vérifiez le programme d'acquisition de la centrale de mesure.

Si vous ne réussissez pas à résoudre votre problème, merci de contacter Campbell Scientific pour plus de conseils.