

Radiomètre différentiel NR-Lite

Manuel d'utilisation

Issued 29.6.98

Traduction le 11/02/03

Campbell Scientific Ltd prend note de l'expertise technique fournie par Kipp & Zonen dans leur manuel du NR-Lite (Instruction Manuel rev. 9702), 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.....	3
2.3 Réponse directionnelle / cosinusoidale.....	3
2.4 Sensibilité au vent.....	4
3. Caractéristiques du capteur.....	4
4. Calibrage.....	5
4.1 Conditions de calibrage.....	5
4.2 Erreurs potentielles de calibrage	5
4.3 Re-calibrage	5
5. Installer le NR-Lite	6
5.1 Installation sur le terrain.....	6
5.2 Calibrage et vérification du fonctionnement du capteur.....	7
6. Branchement	8
7. Programmation de la centrale de mesure	8
7.1 Facteur d'étalonnage.....	9
7.2 Exemples de programme.....	9
7.2.1 Exemple de programme pour CR10/10X, sans correction de la vitesse du vent	9
7.2.2 Exemple de programme pour CR10/10X, avec correction de la vitesse du vent	10
8. Entretien.....	12
9. Résolution des problèmes	12

Figures

1. Vue générale et description du NR-Lite.....	1
2. Circuit électrique pour le radiomètre différentiel NR-Lite.....	2
3. Sensibilité spectrale approximative et radiation solaire / infrarouge lointain....	3
4. Réponse cosinusoidale d'un radiomètre différentiel typique.	4
5. Mise en place du NR-Lite sur un support tubulaire	7

Radiomètre différentiel pour la mesure du rayonnement net : NR-Lite

Le NR-Lite est un capteur à thermopile de signal en sortie élevé, qui mesure la somme algébrique de la radiation incidente et réfléchie pour toutes les longueurs d'onde (c'est à dire, en même temps les ondes courtes et les ondes longues). La radiation incidente est constituée du rayonnement solaire direct et diffus, plus l'irradiation en longues ondes provenant du ciel. La radiation réfléchie est constituée du rayonnement solaire réfléchi plus de la composante des longueurs d'ondes longues terrestre.

Le NR-Lite est équipé d'une surface enduite de téflon. Cela permet une maintenance facile et cela assure la robustesse du capteur et sa bonne stabilité. Cependant, ce type de capteur est légèrement moins précis que le radiomètre différentiel traditionnel qui utilise une coupelle en plastique.

1. Description

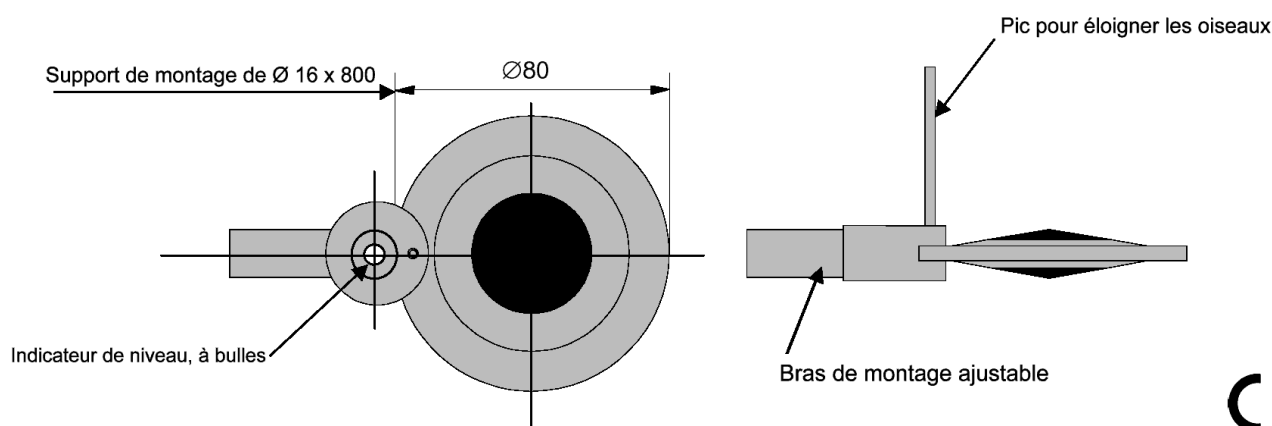


Figure 1 Vue générale et description du NR-Lite

Le NR-Lite est utilisé pour mesurer le bilan du rayonnement solaire et de l'infrarouge lointain. Ce bilan est connue sous le nom de rayonnement net (total). Son capteur supérieur mesure l'énergie solaire et l'infrarouge lointain provenant du soleil reçue sur la totalité de l'hémisphère (angle de vision de 180°). Son capteur inférieur mesure l'énergie reçue en provenance de la surface du sol. Les deux valeurs sont automatiquement soustraites et le résultat est fourni sous forme d'un seul signal en sortie. Ce signal représente le rayonnement net (qui peut être interprété en tant que l'énergie absorbée par la surface du sol) ; il est exprimé en Watts par mètre carré (Wm^{-2}).

Le NR-Lite est prévu pour être utilisé en extérieur et de façon continue. Les surfaces du capteur sont recouvertes de téflon. Ceci assure une bonne stabilité du capteur, une longue durée de vie, et un entretien facile à effectuer comparé à l'entretien demandé par des radiomètres utilisant des dômes en plastique. Cela entraîne cependant quelques désavantages, particulièrement vis à vis de la sensibilité au vent, et de la précision de la mesure. On peut néanmoins corriger la sensibilité au vent pour autant que le système où est installé le capteur, comporte aussi une mesure de vitesse du vent.

Bien que le NR-Lite soit généralement utilisé à des fins météorologiques dans le but de mesurer le bilan radiatif, il peut aussi être utilisé dans un endroit fermé, pour mesurer le stress radiatif d'un climat.

Le NR-Lite est fourni avec un niveau à bulle intégré, et le système de montage permet au capteur d'être mis à niveau avec précision.

2. Propriétés

Le NR-Lite est constitué d'un détecteur à thermopile, de deux surfaces de capteur recouvertes de téflon noir, d'un habillage et d'un câble.

La thermopile est constituée d'un nombre de thermocouples connectés en série, se comportant essentiellement comme un capteur de température différentiel à forte

sensibilité. La thermopile génère une tension de sortie – le capteur seul est passif, donc il n'a pas besoin d'être alimenté.

Les surfaces des faces supérieures et inférieures du capteur sont respectivement connectées aux jonctions des thermopiles du haut et du bas, et ainsi le capteur peut mesurer la température différentielle. Le différentiel de température peut être mesuré avec une forte précision (de l'ordre de 0,001 degrés), et est proportionnel au rayonnement net.

La thermopile détermine les caractéristiques électriques de l'instrument, et le revêtement en téflon noir détermine la réponse spectrale. Les faces supérieures et inférieures du capteur ont chacune un angle de vision de 180 degrés, et leurs caractéristiques angulaires se conforment de très près aux réponses dites de « cosinus » (voir le paragraphe suivant).

2.1. Propriétés électriques

Le circuit électrique du radiomètre différentiel est donné à la figure 2, ci-dessous. Etant donné que la résistance nominale de sortie du NR-Lite est de 2,3 Ohm, la résistance d'entrée de l'équipement de lecture associé doit être au minimum de 2300 Ohm afin de réduire les erreurs au minimum à moins de 0,1%.

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 est inférieure à 0,1% de l'impédance de lecture de l'équipement.

La sensibilité électrique de la thermopile change en fonction de la température, et aucune valeur nominale de sensibilité n'est disponible. Le calibrage est effectuée à 20°C.

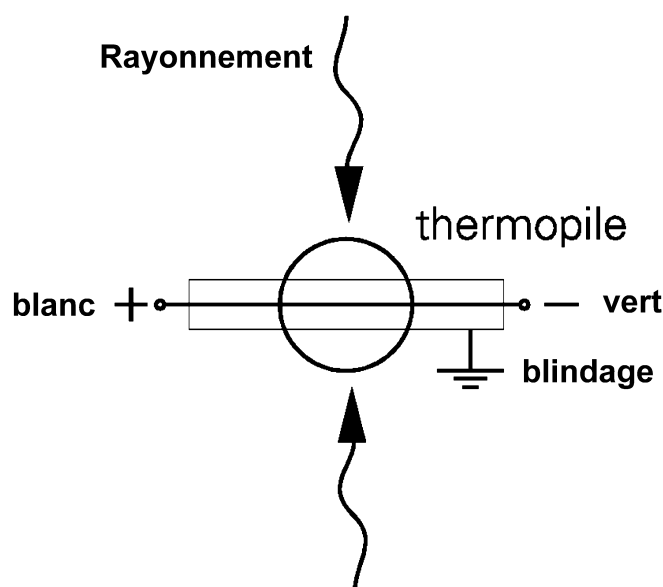


Figure 2 Circuit électrique pour le radiomètre différentiel NR-Lite

2.2. Propriétés spectrales

Les propriétés spectrales du NR-Lite sont déterminées par la surface en téflon du capteur. Une courbe de sensibilité à la réponse spectrale, pour cet instrument, est donnée à la figure 3 ci-dessous, pour un spectre solaire sous un ciel clair, et un spectre de retour d'infrarouge lointain.

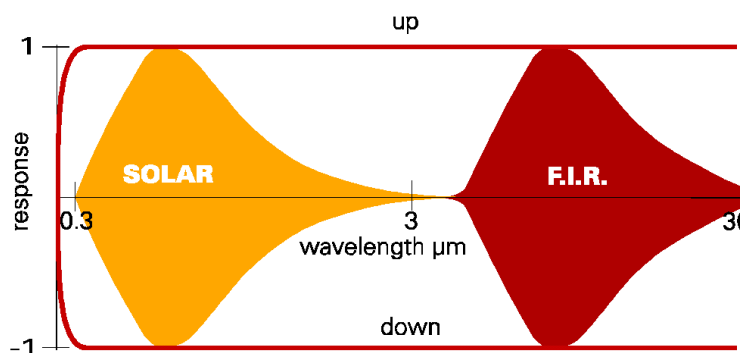


Figure 3 Sensibilité spectrale approximative et radiation solaire / infrarouge lointain

La partie supérieure du capteur est calibrée pour les longueurs d'onde solaires. Les hypothèses suivantes sont faites :

- Il est entendu que le capteur inférieur a les mêmes caractéristiques de sensibilité. Cependant, étant donné que le capteur n'est peut-être pas strictement symétrique, cette hypothèse peut ne pas être toujours vérifiée, mais les différences qui en découleront seront faibles.
- Il est aussi entendu que la sensibilité du NR-Lite est la même pour ce qui est du rayonnement solaire et infrarouge.

2.3. Réponse directionnelle / cosinusoidale

La mesure de la radiation arrivant sur une surface (connue aussi sous le nom d'irradiance ou de flux radiatif) est basée sur deux hypothèses :

1. La surface du capteur est noire d'un point de vue spectral (c'est à dire qu'elle absorbe toutes les longueurs d'onde (voir le paragraphe ci-dessus).
2. Le champ de vision du capteur est réellement de 180°.

Ces deux propriétés mises ensemble, et avec lesquelles le rayonnement net a besoin d'être en conformité, sont généralement connues sous l'appellation de « réponse cosinusoidale ».

Une réponse cosinusoidale 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 4 montre un radiomètre différentiel typique. L'axe vertical montre la déviation par rapport à un comportement idéal, exprimé en pourcentage de déviation par rapport à la valeur idéale.

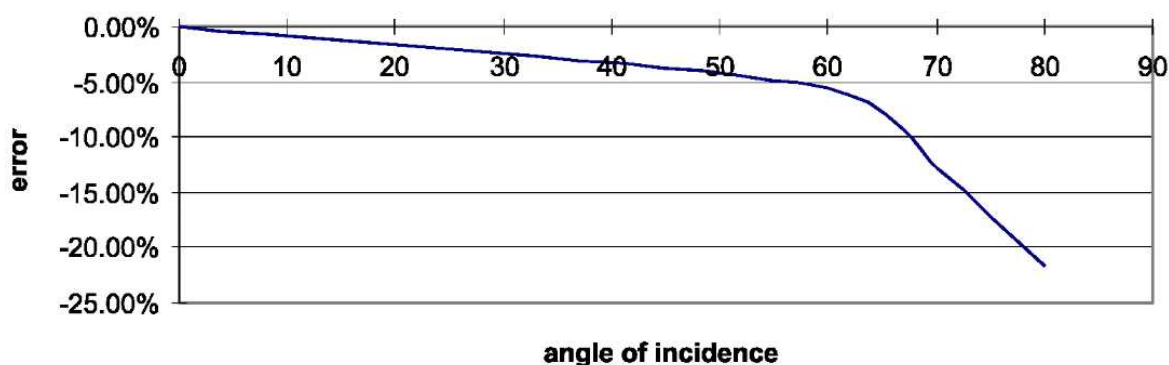


Figure 4 Réponse cosinusoidale d'un radiomètre différentiel typique.

Le radiomètre différentiel a une bonne réponse cosinusoidale, comme cela est montré ci-dessus, grâce à la forme conique du détecteur de surface.

2.4. Sensibilité au vent

Le calibrage du NR-Lite est effectuée en conditions non venteuses. A n'importe quelle autre vitesse de vent, sa sensibilité décroîtra. Il a été démontré que la baisse de sensibilité est de moins de 1% par mètre par seconde de vent mesuré, et qu'elle est relativement indépendante du niveau de radiation.

Les valeurs lues pour la vitesse du vent peuvent être corrigées suite à l'application d'un multiplicateur de correction dérivé de l'équation $1 + 0,0082u$, où « u » est la vitesse du vent au niveau du capteur, en mètres par seconde. Si un anémomètre est installé à proximité du capteur de rayonnement net, alors la mesure de vitesse du vent peut être utilisée afin de corriger en direct, les valeurs de rayonnement (voir l'exemple de programme au paragraphe 7).

3. Caractéristiques du capteur

Spectrale

Etendue de mesure :	De 0,2 à 100μm
Type de détecteur :	Thermopile
Protection du détecteur :	Revêtement en téflon
Profil du détecteur :	Conique

Directionnel

Erreur directionnelle :	
(De 0 à 60° 100Wm ⁻²)	<30 Wm ⁻²
Asymétrie du capteur :	+/-5% typiquement (+/-10% dans le pire des cas)

Mécanique

Matériau d'emballage :	Aluminium anodisé
Matériau du câble :	Polyuréthane
Poids :	200g
Longueur du câble :	Approximativement 5 mètres en standard (cela peut être étendu jusqu'à 100m – voir parag. 2)
Dimensions physiques :	Voir la figure 1.

Environnemental

Température de fonctionnement :	De -30 à $+70^{\circ}\text{C}$
Dépendance à la température :	$0,12\% / ^{\circ}\text{C}$

4. Calibrage

4.1. Conditions de calibrage

Seul le capteur supérieur est calibré pour le rayonnement solaire, avec une référence vis à vis d'un pyranomètre standard secondaire de Kipp & Zonen (qui n'est sensible qu'au rayonnement solaire), sous des conditions de lumière solaire naturelle, par temps dégagé.

Les conditions de référence sont :

Montage :	Horizontale
Incidence :	Normale
Température :	20°C
Irradiation :	500 Wm^{-2}
Vitesse de vent :	$<2\text{ms}^{-1}$

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. Erreurs potentielles de calibrage

Bien que le capteur regardant vers le bas, en réalité, est légèrement différent de celui qui est calibré, on considère de façon tacite, que les deux capteurs sont identiques vis à vis du calibrage effectué.

Le capteur est aussi dessiné de façon à ce que la sensibilité soit similaire pour le rayonnement solaire et infrarouge. Une quelconque variation résiduelle de la sensibilité spectrale, aura un faible effet sur les lectures effectuées pendant la journée, car la radiation solaire descendante est prédominante durant la journée.

4.3. Re-calibrage

Il est recommandé de faire un re-calibrage tous les 2 ans, de préférence en faisant fonctionner le NR-Lite en parallèle avec un capteur de référence standard supérieure pendant au moins deux jours ensoleillés, puis en comparant les valeurs journalières. Le capteur de référence devrait être un radiomètre CNR1, ou un NR-Lite qui n'est utilisé qu'à cette fin, et qui est conservé à l'abri de la lumière (il est à noter que la stabilité du capteur est la principale chose responsable du vieillissement de sa surface). Contactez Campbell Scientific pour de plus amples informations à propos du re-calibrage.

Vérification dans les champs

Une façon de vérifier l'état de fonctionnement du capteur installés sur le terrain, est, lorsque les conditions atmosphériques sont stables, de retourner le capteur. Les valeurs obtenues devraient être similaires, mais le signe devrait être inversé.

Cette méthode n'est aussi précise que comparativement à la symétrie du capteur, soit typiquement précise à 5%.

5. Installer le NR-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 NR-Lite à l'aide des tiges de montage. 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. Dans l'hémisphère nord, l'instrument est généralement orienté vers le sud, afin d'éviter les problèmes potentiels dus aux ombres. La face du capteur qui reçoit les rayons provenant du ciel, représente (à 99%) une aire circulaire ayant un rayon de dix fois sa hauteur (10h).

Montez le capteur à une hauteur h , d'au minimum 1,5m au dessus de la surface du sol afin de minimiser les effets d'ombre et afin de réaliser un effet de moyenne spatiale. La mise en place du bras de montage grâce au système de fixation universel, est indiquée sur la figure 5. Cela vous permettra de vous assurer que le capteur est parfaitement à niveau grâce au niveau à bulle qui est inclus, si vous suivez la procédure suivante :

1. Fixez fermement le système de fixation au mât, à la hauteur souhaitée.
2. Glissez le bras de montage du NR-Lite au travers du système de fixation au mât, et serrez les écrous à la main.
3. Ajustez la position du NR-Lite horizontalement et verticalement jusqu'à ce que la bulle du système de mise à niveau intégré, soit au centre du système.

NOTE

N'essayez pas de faire tourner l'instrument en utilisant la tête du bras, car vous risqueriez d'endommager le capteur ; utilisez le support de montage du bras uniquement.

4. Serrez les écrous à fond, en vous assurant que la bulle reste au centre.

Le capteur devrait être vérifié et re-calibré tous les deux ans, comme cela est indiqué dans le paragraphe suivant.

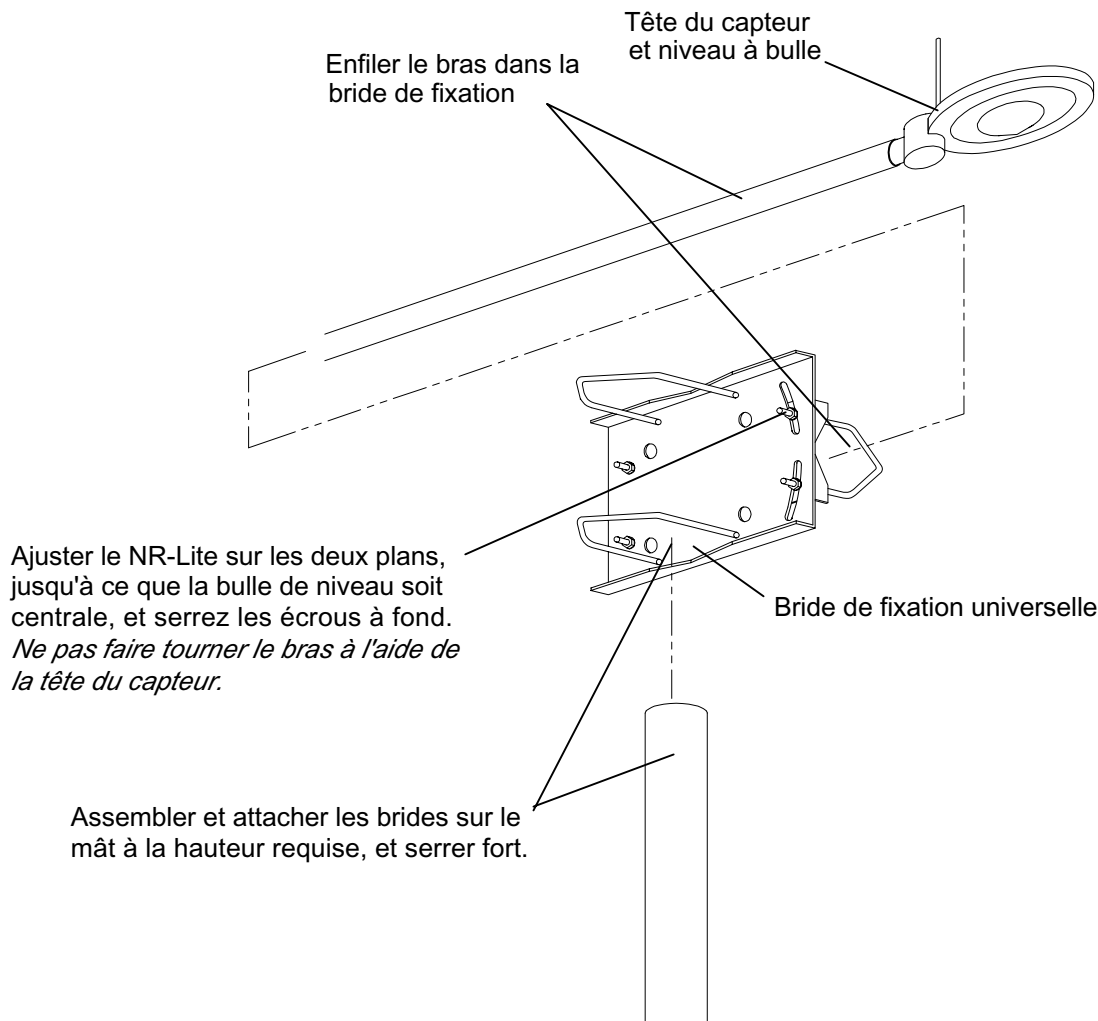


Figure 5 Mise en place du NR-Lite sur un support tubulaire

5.2. Calibrage et vérification du fonctionnement du capteur

Il est toujours préférable de vérifier l'état de fonctionnement d'un NR-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 NR-Lite
2. D'un voltmètre d'étendue de mesure 0-50mV et d'une impédance d'entrée supérieure à 5000 Ohms.
3. Une source de lumière.
4. Un banc de test

Mettez en place le radiomètre de façon à ce qu'il ait la face inférieure à 10mm au dessus de la surface plane (table ou banc), et la face supérieure dirigée vers la source lumineuse (lampe). Ne touchez pas la tête du capteur car cela induira un choc thermique. Il faut tenir l'instrument par son bras de montage uniquement.

Suivez la procédure détaillée ci-dessous :

- Connectez le NR-Lite au voltmètre (fil blanc à la borne + et fil vert à la borne -)

- Sélectionnez l'étendue de mesure la plus sensible
- Avec la lampe en position éteinte, lisez la valeur du signal en sortie, en laissant une minute environ pour que le signal soit entièrement stabilisé.
- Allumez la lampe. Le capteur doit alors produire une tension positive plus forte.
- Eteignez la lampe ; le signal doit retourner à son niveau initial petit à petit, étant donné la sensibilité à la lumière du capteur.
- Retournez le capteur. La valeur du signal devrait changer de signe (par exemple un signal de +10V donnera -10V). Ne vous inquiétez pas si les deux valeurs ne sont pas strictement identiques (jusqu'à 10% de différence) car les profils des capteurs peuvent varier. Une fois que vous aurez effectué ce test, remettez le capteur dans sa position initiale et laissez-le se stabiliser.
- Mettez votre main au dessus du capteur supérieur. Si l'on considère que votre main est à une température plus élevée que celle du capteur, le signal positif devrait augmenter. Si par contre le capteur est plus chaud que votre main, le signal diminuera.
- Vérifiez la sensibilité du radiomètre vis à vis du choc thermique, en touchant la tranche du capteur (le métal poli) avec votre main pendant quelques secondes. Le choc résultant sera une dérive du signal, ou un offset par rapport à zéro, qui prendra du temps à se résorber.
- Ajustez l'étendue de mesure du voltmètre de façon à ce que la pleine échelle attendue pour le radiomètre, 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 : $+1500\text{Wm}^{-2}$

Rayonnement minimum : -200Wm^{-2}

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

L'étendue de mesure attendue en sortie pour le radiomètre est $(1500 + 200) \times 10$
 $= 1700 \times 10 = 170\mu\text{V}$ ou $0,017\text{V}$

6. Branchement

Le NR-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 voies négative 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).

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).

7. Programmation de la centrale de mesure

On mesure le signal en sortie du NR-Lite, par l'instruction 1 (mesure unipolaire) ou l'instruction 2 (différentielle). On utilise l'étendue de mesure de 25mV pour la CR10/10X, et l'étendue de mesure de 50mV pour les CR500/510, CR23X, 21X et CR7.

7.1. Facteur d'étalonnage

Chaque NR-Lite est fourni avec un « certificat d'étalonnage » du fabricant, reprenant le n° de série et le facteur de « sensibilité » ou d'étalonnage. Ce facteur, après conversion, est utilisé à l'intérieur du programme de la centrale d'acquisition. Il est bon de vérifier que le n° de série du NR-Lite et celui du certificat d'étalonnage, sont les mêmes. Le numéro de série et la sensibilité sont aussi données sur une petite étiquette attachée au niveau du bras, proche de la tête du capteur.

NOTE

Le coefficient d'étalonnage (la sensibilité) fourni avec le capteur, doit être convertie en des unités de mesure appropriées avant d'être utilisées en tant que multiplicateur dans l'instruction 37 du programme de votre centrale de mesure. Voir les notes ci-dessous.

Le facteur de sensibilité fourni par Kipp & Zonen est en $\mu\text{V}/\text{Wm}^{-2}$. Par contre, dans le programme de la centrale de mesure, l'unité demandée est le $\text{Wm}^{-2}\text{mV}^{-1}$. Le chiffre fourni sur le certificat d'étalonnage devra donc être converti de la façon suivante :

Pour convertir des $\mu\text{V}/\text{Wm}^{-2}$ en $\text{Wm}^{-2}\text{mV}^{-1}$, il faut diviser 1000 par la valeur en $\mu\text{V}/\text{Wm}^{-2}$. Le résultat de cette division est le chiffre à entrer en tant que multiplicateur dans l'instruction 37.

Par exemple, si le chiffre du certificat est 15.8, qu'on divise 1000 ce chiffre afin d'obtenir le coefficient souhaité, on a :

$$1000 / 15.8 = 63.29 \text{ Wm}^{-2}\text{mV}^{-1}.$$

Dans ces conditions, on entrera 63.29 dans l'instruction 37, mais pour ce capteur-ci uniquement, comme cela est spécifié dans l'exemple de programme ci-dessous.

7.2. Exemples de programme

NOTE

Les exemples de programme donnés ci-dessous sont écrits pour la CR10/10X. Si vous voulez les utiliser avec d'autres centrales de mesure, il vous faudra modifier l'étendue de mesure (voir ci-avant). Par exemple pour une CR23X, vous devrez changer l'étendue de mesure, de 25mV, Slow Range (code 3 pour le CR10/10X), à 50mV, 50 Hz rejection (code 32 pour la CR23X).

7.2.1. Exemple de programme pour CR10/10X, sans correction de la vitesse du vent

Ci-dessous est un exemple de programme écrit pour une CR10/10X. La centrale d'acquisition mesure le signal de sortie du capteur toutes les 60 secondes, et enregistre la moyenne du rayonnement net toutes les heures.

Le facteur d'étalonnage utilisé n'est valide que pour un seul capteur. Une nouvelle valeur devra être calculée pour chaque capteur, en fonction de son certificat d'étalonnage (voir ci-dessus).

```

;{CR10X}
;
*Table 1 Program
01: 60      Execution Interval (seconds)

1: Volt (SE) (P1)
1: 1      Reps
2: 3      25 mV Slow Range          ; code d'étendue de mesure pour CR10/10X
3: 1      SE Channel
4: 1      Loc [ Net_rad ]
5: 63.29  Mult                      ; facteur d'étalonnage pour un capteur spécifique
6: 0.0     Offset                   ; en unité de  $Wm^{-2}mV^{-1}$  (voir ci-avant)

2: If time is (P92)
1: 0      Minutes (Seconds --) into a
2: 60     Interval (same units as above)
3: 10     Set Output Flag High (Flag 0)

3: Real Time (P77)
1: 110    Day,Hour/Minute (midnight = 0000)

4: Average (P71)
1: 1      Reps
2: 1      Loc [ Net_rad ]

*Table 2 Program
02: 0.0000 Execution Interval (seconds)

*Table 3 Subroutines

End Program

-Input Locations-
1 Net_rad 1 1 1                      ; les espaces mémoire non utilisés ne sont pas indiqués

-Program Security-
0000
0000
0000
-Mode 4-
-Final Storage Area 2-
0
-CR10X ID-
0
-CR10X Power Up-
3

```

7.2.2. Exemple de programme pour CR10/10X, avec correction de la vitesse du vent

Ce programme est similaire à celui qui est écrit ci-dessus, mais il inclut des corrections pour la vitesse du vent. Il sauvegarde la valeur du rayonnement net corrigé et la vitesse du vent, chaque heure.

```

;{CR10X}
;
*Table 1 Program
01: 60      Execution Interval (seconds)

```

; premièrement, mesurer la vitesse du vent (d'un A100R par exemple)

```
1: Pulse (P3)
1: 1      Reps
2: 1      Pulse Channel 1
3: 22     Switch Closure, Output Hz
4: 2      Loc [ Vit_vent ]
5: 1.25   Mult
6: 0.0    Offset
```

; mesure du rayonnement net sans correction

```
2: Volt (SE) (P1)
1: 1      Reps
2: 3      25 mV Slow Range          ; code d'étendue de mesure pour CR10/10X
3: 1      SE Channel
4: 4      Loc [ NR_zero ]
5: 63.29  Mult
6: 0.0    Offset
```

; faire la correction en utilisant la vitesse du vent en ms^{-1}

```
3: Z=X*F (P37)
1: 2      X Loc [ Vit_vent ]
2: 0.0082 F
3: 3      Z Loc [ Fact_etal ]
```

```
4: Z=X+F (P34)
1: 3      X Loc [ Fact_etal ]
2: 1      F
3: 3      Z Loc [ Fact_etal ]
```

; appliquer le facteur de correction afin de donner le rayonnement net corrigé

```
5: Z=X*Y (P36)
1: 5      X Loc [ NRzero ]
2: 3      Y Loc [ Fact_etal ]
3: 1      Z Loc [ Net_rad ]
```

; sauvegarde une fois par heure

```
6: If time is (P92)
1: 0      Minutes (Seconds --) into a
2: 60     Interval (same units as above)
3: 10     Set Output Flag High (Flag 0)
```

; sauvegarde d'une marque d'heure

```
7: Real Time (P77)
1: 110    Day,Hour/Minute (midnight = 0000)
```

; sauvegarde des moyennes du rayonnement net corrigé de la vitesse du vent

```
8: Average (P71)
1: 2      Reps
2: 1      Loc [ Net_rad ]
```

```
*Table 2 Program
02: 0.0000 Execution Interval (seconds)
```

```
*Table 3 Subroutines
End Program
```

```
-Input Locations-
1 Net_rad 1 1 1
2 Vit_vent 1 1 1
3 Fact_etal 1 2 2
4 NR_zero 1 0 1
5 NRzero 1 1 0

-Program Security-
0000
0000
0000
-Mode 4-
-Final Storage Area 2-
0
-CR10X ID-
0
-CR10X Power Up-
3
```

8. Entretien

Le radiomètre est un appareil « tout temps » ; il est très stable, mais il doit être entretenu 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 radiomètre ne semble pas fournir de signal en sortie

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

- Vérifiez la sensibilité de l'instrument vis à vis du rayonnement, en suivant la procédure de pré-installation décrite au paragraphe 5.
- Si cette procédure n'aboutit pas, mesurer l'impédance du capteur entre le fil blanc et le fil marron. L'impédance lue devrait être proche de 2,3 Ohms. Si elle est proche de zéro, c'est qu'un court circuit a lieu. Si elle est infinie, c'est que la thermopile est détruite.

Les valeurs lues ne sont pas celles qu'on attend

- Lors d'un ensoleillement complet, la valeur attendue pour le rayonnement est d'environ 1000 Wm^{-2} . Sous des lampes, il peut être supérieur. Pour des études climatiques en intérieur, de plus faibles valeurs de rayonnement sont à attendre, à moins que le soleil n'entre dans l'espace. Une valeur typique de rayonnement à l'intérieur d'une pièce, lorsqu'on regarde vers un mur ou une fenêtre relativement froide, est de 50 Wm^{-2} .
- Utilisez-vous le bon coefficient d'étalonnage ? Remarquez bien que ce coefficient est unique pour chaque capteur, et qu'il est donné sur le certificat d'étalonnage fourni avec le capteur. Avez-vous converti le facteur de la façon appropriée à l'utilisation dans le programme de la centrale ? (voir le paragraphe 6)
- 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.