

# **CSAT3**

## **Anémomètre sonique tridimensionnel**

### **Manuel d'utilisation**

Issued 29.11.07  
Traduction du 17.10.08



# Garantie

---

Cet équipement est garanti contre tout vice de matériau et de façon. 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 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 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 : [info@campbellsci.fr](mailto:info@campbellsci.fr)  
<http://www.campbellsci.fr/>



# Informations générales

---

Ce manuel a été initialement produit par Campbell Scientific Inc. Principalement pour le marché Nord Américain. Certaines expressions ou unités des poids et mesures, reflètent cette origine.

Conversions fréquemment utilisées :

<b>Surface :</b>	1 in <sup>2</sup> (inch au carré) = 645 mm <sup>2</sup>
<b>Longueur:</b>	1 in (inch) = 25,4 mm 1 ft (pied) = 304,8 mm 1 yard = 0,914 m 1 mile = 1,609 km
<b>Masse :</b>	1 oz. (ounce) = 28,35 g 1 lb (pound weight) = 0,454 kg
<b>Pression:</b>	1 psi (lb/in <sup>2</sup> ) = 68,95 mb
<b>Volume :</b>	1 UK pint = 568,3 ml 1 UK gallon = 4,546 litres 1 US gallon = 3,785 litres

Bien que les informations de ce manuel soient correctes pour tous les pays, certaines informations sont spécifiques au marché Nord américain et ne peuvent être appliquées pour les utilisateurs Anglais et Européens. Cette remarque est en particulier applicable pour les alimentations externe américaines où certaines informations (par exemple le transformateur de tension CA) ne pourront pas être appliquées pour les utilisateurs Anglais/Européens. *Veillez noter, cependant, que lorsqu'un adaptateur d'alimentation est commandé, il sera choisi pour que vous puissiez l'utiliser dans votre pays.*

Pour plus d'information, veuillez contacter Campbell Scientific Ltd.



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 : [info@campbellsci.fr](mailto:info@campbellsci.fr)  
<http://www.campbellsci.fr/>



# Sommaire

---

*Note pour les utilisateurs de PDF : les numéros de pages se réfèrent au document en version papier. Utilisez les marques pages Acrobat® pour vous diriger vers une section spécifique.*

<b>1. Généralités .....</b>	<b>1</b>
<b>2. Spécifications .....</b>	<b>1</b>
2.1 Mesures .....	1
2.2 Signaux de sortie .....	2
2.3 Description physique .....	3
2.4 Alimentation .....	3
<b>3. Configuration initiale .....</b>	<b>3</b>
3.1 Paramétrage d'usine .....	3
3.2 Adresse SDM .....	3
<b>4. Installation .....</b>	<b>4</b>
4.1 Orientation .....	4
4.2 Montage .....	4
4.3 La mise à niveau .....	6
4.4 Thermocouple fin .....	6
<b>5. Câblage .....</b>	<b>6</b>
<b>6. Les sorties du CSAT3 .....</b>	<b>8</b>
6.1 Sortie SDM .....	9
6.1.1 Les centrales sous CRBasic .....	9
6.1.2 Les centrales sous EDLOG .....	10
6.1.3 CR9000 .....	10
6.2 Sortie RS-232 .....	10
6.2.1 Sortie analogique .....	10
<b>7. Principes opérationnels 11</b>	
7.1 Code intégré (« Embedded Code ») Version 4 .....	11
7.2 Code intégré (« Embedded Code ») Version 3 .....	11
7.3 Effets de vent de travers (« Crosswind ») sur la vitesse du son .....	12
<b>8. Déclenchement du CSAT3 .....</b>	<b>13</b>
8.1 Modes d'échantillonnage .....	14
8.1.1 Mode de mesure Single .....	14
8.1.2 Mode Sur échantillonnage (« Oversample ») .....	15
<b>9. Les données retardées en mode « Pipeline » .....</b>	<b>15</b>
<b>10. Centrale d'acquisition de données utilisant la communication SDM .....</b>	<b>15</b>
10.1 Instruction CSAT() sous CRBasic .....	16
10.2 Instruction SDM-CSAT3 (P107) sous EDLOG .....	16
10.3 Paramètres d'instruction des centrales d'acquisition .....	16
10.4 Diagnostics .....	18
10.5 SDMTrigger ()/SDM-Group Trigger (P110) .....	20
10.6 Exemple de programme sous CRBasic .....	20
10.7 Exemple de programme sous Edlog .....	25
<b>11. Maintenance / Entretien .....</b>	<b>32</b>
11.1 Mèches anti-pluie (« water wicks ») .....	33
11.2 Calibrage .....	34
11.2.1 Etalonnage pour les plages de mesures froides .....	34
11.2.2 Test pour l'offset de vent .....	34
<b>12. Commandes secrètes sélectionnées .....</b>	<b>36</b>

# Annexe

---

<b>Annexe A Orientation du CSAT3 .....</b>	<b>A1</b>
A.1 Détermination du Nord vrai et de l'orientation du capteur.....	A1
A.2 Calculateur de déclinaison magnétique en ligne .....	A3
<b>Annexe B. Communications série avec le CSAT3 .....</b>	<b>B1</b>
B.1 Commandes RS-232 du CSAT3 .....	B1
B.2 Format de sortie de données binaires du CSAT3.....	B3
B.3 Mot de 0 à 3.....	B3
B.4 Mot 4 .....	B4
B.5 Format des états RS-232 du CSAT3.....	B5
<b>Annexe C. Théorie des mesures du CSAT3 .....</b>	<b>C1</b>
C.1 Théorie de fonctionnement.....	C1
C.1.1 Vitesse du vent .....	C1
C.1.2 Température.....	C1
<b>Annexe D. Communications SDM et longs câbles de signal</b>	
<b>.....</b>	<b>D1</b>
D.1 Brève description des vitesses de l'horloge SDM.....	D1
D.2 Exemple pour CR3000 .....	D2
D.3 Exemple pour CR23X .....	D2

# Figures

---

Figure 1. Système de coordonnées et matériel de montage fixe .....	5
Figure 2. Système de coordonnées du CSAT3 et matériel de montage fixe (« Captive ») .....	5
Figure 3. Système de coordonnées du CSAT3 et matériel de montage nonfixe (« Noncaptive ») .....	5
Figure 4. Consommation moyenne typique du CSAT3 en +12 VCC.....	13
Figure 5. Retard du CSAT3 en mode « pipeline » .....	14
Figure 6. Bon emplacement de la mèche du haut (PN: 010332) et de la mèche du bas .....	33
Figure 7. CSAT3 fonctionnant à 1 Hz et avec une communication établie avec succès .....	35
Figure 8. Réglages recommandés pour l'axe vertical du vent.....	35
Figure 9. Réglages recommandés pour les étiquettes de l'axe vertical du vent .....	35
Figure 10. Données de vent du CSAT3 s/n 315; Offset de Vent dans les spécifications à 19°C .....	36
Figure A-1. Déclinaison magnétique pour les Etats Unis (2004).....	A1
Figure A-2. Un angle de déclinaison vers l'Est par rapport au Nord vrai (positif) .....	A2
Figure A-3. Un angle de déclinaison vers l'Ouest par rapport au Nord vrai (négatif).....	A2
Figure A-4. Le calculateur de déclinaison magnétique Internet.....	A3
Figure B-1. Le PC est la source de déclenchement .....	B2
Figure B-2. Le CSAT3 est la source de déclenchement.....	B2

# Tableaux

---

Tableau 1. Correspondances des adresses SDM .....	4
Tableau 2. Alimentation du CSAT3.....	6
Tableau 3. Sortie SDM du CSAT pour une centrale d'acquisition .....	7
Tableau 4. Sortie SDM du CSAT pour une centrale d'acquisition .....	7
Tableau 5. Sortie SDM du CSAT pour une centrale d'acquisition 21X.....	7
Tableau 6. Sortie SDM du CSAT pour une centrale d'acquisition CR9000...	7
Tableau 7. Broche de sortie RS-232 du CSAT3.....	8
Tableau 8. Câblage du CSAT3 pour une sortie analogique .....	8
Tableau 9. Câblage des thermocouples fin FW05/FWC-L35 .....	8
Tableau 10. Sorties du CSAT3 .....	9
Tableau 11. Compatibilité SDM avec les centrales d'acquisition .....	9
Tableau 12. Etalonnage pour la sortie analogique .....	10
Tableau 13. Paramètres de l'instruction "CSAT3 ()".....	16
Tableau 14. Paramètres de l'instruction "SDM-CSAT3 (P107)" .....	16
Tableau 15. Intervalle d'exécution .....	18
Tableau 16. Intervalle d'exécution de la CR10(X) et paramètre d'exécution du CSAT3.....	18
Tableau 17. Mot de diagnostic.....	19
Tableau 18. Drapeaux de diagnostic .....	20
Tableau 19. Câblage pour l'exemple de programme 1 .....	20
Tableau 20. Câblage pour l'exemple de programme 2.....	25
Tableau B-1. Codes de commande RS-232.....	B1
Tableau B-2. Sorties RS-232 .....	B3
Tableau B-3. Conversion du vent $u_x$ à partir du mot 0.....	B3
Tableau B-4. Conversion du vent $u_x$ à partir du mot 1.....	B3
Tableau B-5. Conversion du vent $u_x$ à partir du mot 2.....	B3
Tableau B-6. Conversion de la vitesse du son à partir du mot 3.....	B4
Tableau B-7. Décodage des drapeaux de diagnostic à partir du mot 4 .	B4
Tableau B-8. Cas spéciaux de « Not a Number » (NaN).....	B4
Tableau B-9. Etats RS-232, Réponses aux commandes S ou P .....	B5
Tableau D-1 : Données extraites de l'exemple de programme CR3000 .....	D2
Tableau D-2 : Données extraites de l'exemple de programme CR23X .....	D3
Tableau D-3. Rapport sur la fréquence de l'horloge SDM.....	D3

# CSAT3 anémomètre sonique à trois dimensions

---

## 1. Généralités

Le CSAT3 est un anémomètre ultrasonique qui mesure la vitesse du vent dans les trois dimensions de l'espace. Il utilise trois paires de transducteurs orientées de manière non-orthogonale par rapport à la composante horizontale du vent. Chaque paire de transducteurs transmet et reçoit un signal ultrasonique. Le temps de transmission entre les paires de transducteurs est directement relié à la vitesse du vent le long de l'axe des transducteurs. La vitesse du son est directement liée à la densité de l'air, elle dépend par exemple de la température et de l'humidité.

Le CSAT3 peut être utilisé pour la mesure de la vitesse moyenne horizontale du vent, ou pour la mesure des fluctuations turbulentes horizontales et verticales du vent. A partir de la fluctuation turbulente du vent, le flux turbulent du moment (« momentum flux ») est calculé. En recherchant la covariance entre la composante verticale du vent et les variables scalaires, le flux de chaleur sensible, le flux de chaleur latente, le flux de dioxyde de carbone sont directement mesurés.

Les transducteurs soniques sont scellés et ne seront pas endommagés s'ils sont humidifiés. Le CSAT3 pourra continuer les mesures de vent même lors d'évènements pluvieux ; cependant, comme tous les anémomètres soniques, les transducteurs devront être suffisamment dégagés, sinon le CSAT3 ne pourra pas réaliser de nouvelles mesures.

Le CSAT3 peut réaliser des mesures en utilisant la communication SDM (Module pour mesures synchronisées) et les centrales d'acquisition Campbell Scientific. Toutes les centrales d'acquisition qui supportent l'instruction CSAT3 SDM possèdent un système d'exploitation (OS) spécifique excepté les anciennes centrales CR21X et CR10, cf tableau 11 pour les centrales compatibles.

Le thermocouple fin utilisé avec le CSAT3 est le FW05. Le FW05 est un thermocouple de 0,0005'' de diamètre monté sur une baïonnette d'acier inoxydable. Pour utiliser le thermocouple FW05, le câble FWC-L35 est nécessaire. 1,24m (soit quatre pieds) de câble FWC-L35 sont emballés dans le coffret afin de minimiser la conduction de la chaleur sur le bornier. Les 6,51 m (soit 21 pieds) de câble restants permettent de monter le thermocouple FW05 à côté de la tête du CSAT3. Enfin, le couvercle pour thermocouple est placé au dessus des connecteurs. Ce couvercle est utilisé pour positionner les connecteurs à côté de la tête du CSAT3 et minimiser les gradients de température le long du connecteur de marque omega.

## 2. Spécifications

### 2.1 Mesures

Le CSAT3 mesure la vitesse du vent et la vitesse du son le long des trois axes non-orthogonaux. Les vitesses de vent sont ensuite exprimées sous la forme de trois composantes orthogonales  $u_x$ ,  $u_y$  et  $u_z$  et elles sont référencées au niveau de la tête de l'anémomètre ; la vitesse du son ( $c$ ) ou la température virtuelle sonique ( $T_s$ ) qui est reportée, représente la moyenne des variables entre les trois axes non-orthogonaux de l'anémomètre. Les erreurs causées par le vent de force normale sur les trajectoires soniques sont corrigées avant que la vitesse du vent soit transformée en composantes orthogonales. Il n'est pas nécessaire d'appliquer la correction sur la vitesse du son décrite par Liu et al., 2001. Le CSAT3 peut être configuré pour réaliser une mesure unique à chaque déclenchement ou des mesures multiples qui sont centrées autour du déclenchement (sur-échantillonnage, « oversampled »).

**SORTIES :**  $u_x$ ,  $u_y$ ,  $u_z$  et  $c$  ( $u_x$ ,  $u_y$  et  $u_z$  sont les composantes orthogonales du vent référencées à la tête de l'anémomètre ;  $c$  est la vitesse du son)

**VITESSE DU SON :** déterminée à partir des trois trajectoires acoustiques et corrigées pour les effets de vent latéral.

FREQUENCE DE MESURE : Programmable de 1 à 60Hz, en mesure instantanée, deux modes de sur-échantillonnage sont disponibles avec des moyennes à 20Hz ou 10Hz.

RESOLUTION DE LA MESURE :  $u_x$  and  $u_y$  ont une résolution de  $1 \text{ mm s}^{-1} \text{ rms}$  ;  $u_z$  a une résolution de  $0,5 \text{ mm s}^{-1} \text{ rms}$  ; pour  $c$  on a  $15 \text{ mm s}^{-1}$  (soit  $0,025^\circ\text{C}$ ) avec le code intégré version 4 (standard) [  $c$  a une résolution de  $1 \text{ mm s}^{-1}$  (soit  $0,002^\circ\text{C}$ ) avec le code intégré version 3]. Les valeurs données précédemment sont les écarts types pour des mesures instantanées avec un signal constant. Le bruit n'est pas affecté par le taux d'échantillonnage.

TEMPERATURE DE FONCTIONNEMENT :  $-30^\circ\text{C}$  à  $+50^\circ\text{C}$  (standard) ;  $-40^\circ\text{C}$  à  $40^\circ\text{C}$  (plage configurée pour les faibles températures).

PRECISION : (pour des températures de fonctionnement de  $-30^\circ\text{C}$  à  $+50^\circ\text{C}$  et  $-40^\circ\text{C}$  à  $40^\circ\text{C}$  ; vitesse de vent  $< 30 \text{ m.s}^{-1}$  ; angle azimut de  $\pm 170^\circ\text{C}$ ).

Erreur d'offset :

$$\begin{aligned} u_x, u_y : &< \pm 4 \text{ cm s}^{-1} \\ u_z : &< \pm 2 \text{ cm s}^{-1} \end{aligned}$$

Erreur obtenue :

Vecteur vent à  $\pm 5^\circ$  de l'horizontal  $< \pm 2\%$  à la lecture  
 Vecteur vent à  $\pm 10^\circ$  de l'horizontal  $< \pm 3\%$  à la lecture  
 Vecteur vent à  $\pm 20^\circ$  de l'horizontal  $< \pm 6\%$  à la lecture

### 2.1.1 Signaux de sortie

Le CSAT3 peut sortir des données via un système d'extraction de données en utilisant l'un des modes de communications suivants: SDM (Synchronous Device for Measurement), RS-232 ou sortie analogique. Tous les signaux de sortie ont un retard égal à deux fois le temps de scrutation.

NUMERIQUE SDM: Interface série Campbell Scientific, Inc de 33300 bps pour les communications centrale d'acquisition / capteur.

Type de données: Entiers à 2 octets par sortie, plus 2 octets de diagnostique et de 2 octet de paramètre de configuration

NUMERIQUE RS-232: Débit en bauds: 9600 bps ou 19200 bps

Type de données: Entier à 2 octets par sortie, plus 2 octets de diagnostique

ANALOGIQUE: Nombre de sorties: 4

Gamme de tension:  $\pm 5 \text{ V}$

Nombre de bits: 12

GAMME DE RAPPORTS:

Sorties numériques SDM et RS-232:

Echelle maximum pour le vent:  $\pm 65,535 \text{ m.s}^{-1}$ , en automatique avec quatre classes; le bit le moins significatif est entre  $0,25$  à  $2 \text{ mm.s}^{-1}$

Vitesse du son:  $300$  à  $366 \text{ m.s}^{-1}$  ( $-50^\circ$  à  $+60^\circ \text{ C}$ ); le bit le moins significatif à  $1 \text{ mm.s}^{-1}$  ( $0,025^\circ \text{ C}$  code intégré version 4;  $0,002^\circ \text{ C}$  code intégré version 3)

SORTIES ANALOGIQUES:

<u>Données de sortie</u>	<u>Echelle</u>	<u>BMS (Bit le moins significatif)</u>
$u_x, u_y$	$\pm 32.768 \text{ m s}^{-1}$ $\pm 65.536 \text{ m s}^{-1}$	$15 \text{ mm s}^{-1}$ $30 \text{ mm s}^{-1}$
$u_z$	$\pm 8.192 \text{ m s}^{-1}$	$4 \text{ mm s}^{-1}$
$c$	$300 \text{ to } 366 \text{ m s}^{-1}$ ( $-50^\circ$ to $+60^\circ\text{C}$ )	$16 \text{ mm s}^{-1}$ ( $0.026^\circ\text{C}$ )

## 2.2 Description physique

AIRE DE MESURE : 10,0 cm (vertical) ; 5,8 cm (horizontal)

ANGLE DU TRANSDUCTEUR PAR RAPPORT A L'HORIZONTAL : 60 degrés

DIMENSION DU TRANSDUCTEUR : 0,64 cm (diamètre)

BRAS DE MONTAGE DU TRANSDUCTEUR : 0,84 cm (diamètre)

SUPPORT DU BRAS DE MONTAGE : 1,59 cm (diamètre)

DIMENSIONS:

Tête de l'anémomètre : 47,3 cm (l) x 42,4 cm (h)

Boîtier électronique: 26 cm x 16 cm x 9 cm

Caisse de transport : 71,1 cm x 58,4 cm x 33 cm

POIDS:

Tête de l'anémomètre : 1,7 kg

Boîtier électronique: 2,8 kg

Caisse livrée: 16,8 kg

## 2.3 Alimentation

- Tension: de 10 à 16 CC Puissance:
- 2.4 W @ une fréquence de mesure de 60 Hz
- 1.2 W @ une fréquence de mesure de 20 Hz

## 3. Configuration initiale

### 3.1 Paramétrage d'usine

- Sorties analogiques - Désactivées
- Vitesse de mesure - 10 Hz (voir les paragraphes 10.3 et B.1)
- Source de déclenchement de la mesure - horloge interne (voir les chapitres 8, 9, et B.1)
- Adresse SDM - 3 (voir les paragraphes 3.2, 6.1 et 10.3)
- Vitesse de la sortie RS-232 - 9600 bps (RS = 0) (voir le chapitre 13 et l'Annexe B)
- Logiciels RTS - Off (RI = 0) (voir le chapitre 13 et l'Annexe B)
- Sortie non spontanée - Off (& = 0) (voir le chapitre 13 et l'Annexe B)

Les paramètres précédents peuvent être modifiés avec un ordinateur, le logiciel de gestion du CSAT3 (CSAT32.EXE) et un câble RS-232. Une copie du logiciel de gestion du CSAT3 (CSAT32.EXE) est disponible sur le site Internet de Campbell Scientific dans la rubrique « Support | Download ».

### 3.2 Adresse SDM

Pour le mode de communication SDM, chaque appareil (y compris le CSAT3) doit avoir une adresse unique. Un commutateur hexadécimal situé dans le boîtier électronique est utilisé pour changer l'adresse SDM. Retirez le couvercle et orienter le boîtier électronique pour que les connecteurs pointent vers le bas. Le commutateur hexadécimal est désormais situé dans la partie inférieure droite du boîtier électronique (voir le tableau 1 pour les adresses SDM).

#### ATTENTION

**L'adresse SDM F est une adresse spéciale utilisée lorsque des groupes de déclenchements sont effectués. Ne pas configurer le commutateur hexadécimal sur l'adresse SDM F de la carte CPU du CSAT3**

Tableau 1. Correspondances des adresses SDM		
Adresse SDM de la centrale d'acquisition sous CRBasic (base 10)	Adresse SDM de la centrale d'acquisition sous EDLOG (base 4)	Position du commutateur du CSAT3 (hexadécimal)
0	00	0
1	01	1
2	02	2
3	03	3
4	10	4
5	11	5
6	12	6
7	13	7
8	20	8
9	21	9
10	22	A
11	23	B
12	30	C
13	31	D
14	32	E

## 4. Installation

### 4.1 Orientation

Les trois composantes de vent sont définies par un système de coordonnées orthogonales. Le CSAT3 est orienté dans la partie négative de l'axe x (voir la figure 1). Si l'anémomètre est orienté face au vent, il va rapporter une valeur de  $u_x$  positive.

En général, l'anémomètre est orienté en direction du vent dominant afin de minimiser le nombre de données polluées à cause du bras de montage de l'anémomètre ainsi que des autres structures de supports.

### 4.2 Montage

L'anémomètre sonore est monté sur un tube vertical de diamètre US  $\frac{3}{4}$ " avec une pièce de fixation de  $\frac{3}{4}$ " sur  $\frac{3}{4}$ ". L'ensemble des pièces permettant la fixation est fourni avec le CSAT3. La pièce de fixation peut accepter des tubes jusqu'à un 1" de diamètre extérieur.

#### ATTENTION

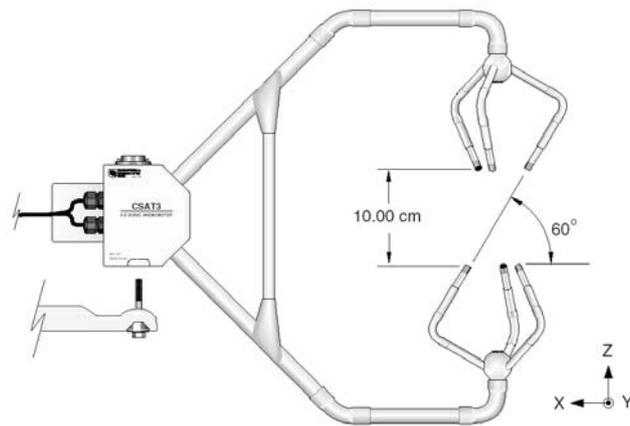
**Ne transportez pas le CSAT3 par les bras de support des transducteurs, ou par la barre reliant les deux bras de support du CSAT3. Tenez toujours le CSAT3 par le boîtier, où sont connectés les transducteurs supérieurs et inférieurs du CSAT3.**

Attachez la pièce de fixation sur le tube vertical et serrez légèrement la vis de réglage vertical. Insérez le bras de montage dans la pièce de fixation et serrez légèrement la vis de réglage horizontal. L'anémomètre doit être orienté dans le vent dominant. Serrez toutes les vis de montage. Montez la tête de l'anémomètre sur le bras horizontal. Serrez légèrement le boulon situé sous le boîtier de l'anémomètre (voir les figures 1, 2 et 3).

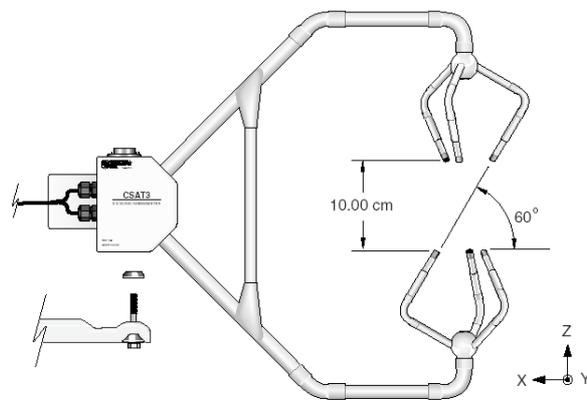
#### ATTENTION

**Un serrage trop fort des vis et des boulons risquent d'endommager ou de déformer le matériel de montage.**

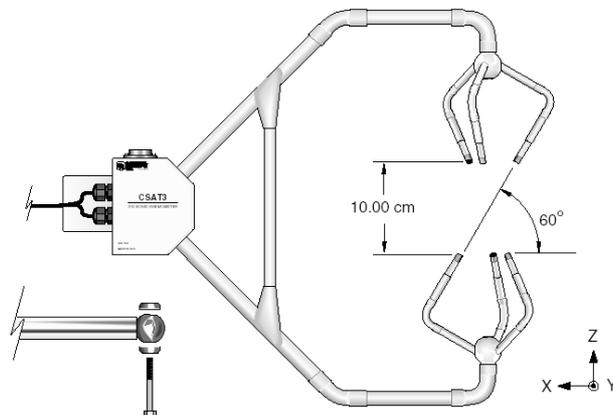
Fixez le boîtier électronique sur le corps du trépied. Utilisez une clef à écrous de  $\frac{1}{2}$ ". Connectez les câbles de la tête de l'anémomètre sur le boîtier électronique au niveau de l'inscription « Transducer Head ».



**Figure 1. Système de coordonnées et matériel de montage fixe (« Captive ») du CSAT3 (s/n 0631 à actuellement)**



**Figure 2. Système de coordonnées du CSAT3 et matériel de montage fixe (« Captive ») avec rondelle du CSAT3 (s/n 0107 à 0630)**



**Figure 3. Système de coordonnées du CSAT3 et matériel de montage nonfixe (« Noncaptive ») (s/n 0107 to 0630)**

### 4.3 La mise à niveau

Sur un terrain plat, ajustez la tête de l'anémomètre de manière à ce que la bulle du niveau à bulle soit à l'intérieur du cercle noir. Sur un terrain en pente, ajustez la tête de l'anémomètre de manière à ce que la surface horizontale du niveau à bulle soit parallèle au terrain. Saisissez fermement le boîtier de l'anémomètre sonique, desserrez le boulon situé sous le boîtier, et ajustez la tête de l'anémomètre en conséquence. Enfin, serrez le boulon avec un clé de 9 / 16".

### 4.4 Thermocouple fin

Un thermocouple fin (modèle FW05 et FWC-L35) peut être monté sur un des côtés du boîtier de l'anémomètre pour mesurer les fluctuations de température. Fixez le connecteur femelle du FWC-L35 sur le côté de l'anémomètre avec les vis courtes (# 2-56 0,437 ") qui sont fournies avec le couvercle du thermocouple. Insérez le connecteur mâle du FW05 dans le connecteur femelle du FWC-L35. Enfin, fixez le couvercle du thermocouple sur le boîtier de l'anémomètre, en utilisant la vis prévue à cet effet, pour que les connecteurs du FW05 et du FWC-L35 soient couverts.

## 5. Câblage

Il y a quatre connecteurs de gamme militaire sur le boîtier électronique du CSAT3. Ils sont étiquetés de la manière suivante : +12 V SDM, RS-232, Transducer Head (« Tête de transducteur »), et Analogue Output (« Sortie analogique »). Branchez le câble de la tête de l'anémomètre au niveau de la légende « Transducer Head » du boîtier électronique. Le câble de la tête d'anémomètre a une longueur de 2,13 m. Chacun des câbles où transite le signal fait 7,62 m de longueur. Connectez le câble de signal approprié au niveau du boîtier électronique. Voir tableaux 2 à 9 pour plus de détails sur les couleurs de fil.

**ATTENTION** **Le boîtier électronique du CSAT3 contient l'information de l'étalonnage unique de la tête du capteur. Ne dissociez pas la tête du capteur de l'électronique, car dissocier ces deux éléments entraîne une mesure de vitesse de vent et de vitesse du son erronée.**

**NOTE** Avant de réaliser une extension du câble SDM, consultez l'annexe D.

**NOTE** Des modems courtes distances, des fils ou fibres optiques peuvent être utilisés pour prolonger les câbles en RS-232. Les modems courtes distances n'incluent pas le signal RTS. Les pilotes (« drivers ») RS-232 du CSAT3 peuvent être installés grâce au logiciel inclus dans le CSAT3. Ce réglage maintiendra continuellement l'alimentation des pilotes (« drivers ») RS-232, indépendamment des lignes RTS.

Des éclateurs à gaz (RAD-SP) peuvent être requis pour protéger contre les transitoires lors de l'utilisation des câbles avec des modems à courte distance. La protection par éclateurs à gaz n'est pas nécessaire lorsque des fibres optiques sont utilisées avec des modems à courte distance.

batterie	Description	Couleur	Broche
Positif	12 VCC	Rouge	A
Négatif	Référence	Noir	B

<b>Tableau 3. Sortie SDM du CSAT pour une centrale d'acquisition CR3000, CR5000 et CR9000X</b>			
Voie	Description	Couleur	Broche
SDM-C1	Donnée SDM	Vert	D
SDM-C2	Horloge SDM	Blanc	C
SDM-C3	Activation SDM	Marron	E
G	Masse numérique	Noir	F
G	Fil de blindage	Clair	nc

<b>Tableau 4. Sortie SDM du CSAT pour une centrale d'acquisition CR1000, CR800/850, CR23X et CR10(X)</b>			
Voie	Description	Couleur	Broche
C1	Donnée SDM	Vert	D
C2	Horloge SDM	Blanc	C
C3	Activation SDM	Marron	E
G	Masse numérique	Noir	F
G	Fil de blindage	Clair	nc

<b>Tableau 5. Sortie SDM du CSAT pour une centrale d'acquisition 21X</b>			
Voie	Description	Couleur	Broche
H1	Donnée SDM	Vert	D
C1	Résistance de 10K liée en H1		
C2	Horloge SDM	Blanc	C
C3	Activation SDM	Marron	E
⊕	Masse numérique	Noir	F
⊕	Fil de blindage	Clair	nc

<b>Tableau 6. Sortie SDM du CSAT pour une centrale d'acquisition CR9000</b>			
Broche DB9 de la carte 9080 de la CR9000	Description de la centrale de mesure	Couleur	Broche
8	Donnée SDM	Vert	D
7	Horloge SDM	Blanc	C
6	Activation SDM	Marron	E
2	Masse numérique	Noir / Clair	F / nc

Tableau 7. Broche de sortie RS-232 du CSAT3				
Borche DB9 du CSAT3 (DCE)		Borche DB9 du PC (DTE)	Couleur	Broche
2 (TxD)	→	2 (RxD)	Rouge	Broche
3 (RxD)	←	3 (TxD)	Blanc	C
5 (gnd)		5 (gnd)	Vert	E
7 (CTS)	←	7 (RTS)	Brun	G
8 (RTS)	→	8 (CTS)	Noir	H

Tableau 8. Câblage du CSAT3 pour une sortie analogique		
Description	Couleur	Broche
ux sig haut	Marron	A
ux sig bas	Noir	G
uy sig haut	Rouge	C
uy sig bas	Noir	G
uz sig haut	Vert	B
uz sig bas	Noir	G
c sig haut	Blanc	D
c sig bas	Noir	G
fil de blindage	Clair	nc

Tableau 9. Câblage des thermocouples fin FW05/FWC-L35	
Description	Couleur
Signal haut	Violet
Signal bas	Rouge

## 6. Les sorties du CSAT3

Le CSAT3 possède 3 signaux de sorties : SDM, RS-232 et analogique. Campbell Scientifique recommande en priorité l'utilisation de la sortie SDM, puis la sortie RS-232, et enfin la sortie analogique. Le tableau 10 résume les différences entre les trois options de sortie. En général, la communication en SDM possède les avantages suivants: une consommation en courant plus faible, de meilleurs contrôles et diagnostics et des données de résolution plus élevée.

	SDM	RS-232	Analogique
Consommation de courant @ 10Hz	51 mA @ 12 VCC	89 mA @12 VCC	99 mA @ 12VCC
Source externe de déclenchement	oui	oui	non
Gamme dynamique de sortie	19 bit	19 bit	12 bit
Diagnostiques disponibles	oui	oui	non

## 6.1 Sortie SDM

Le SDM est un protocole de communication de Campbell Scientific utilisé entre une centrale d'acquisition Campbell Scientific et un capteur « intelligent ». Le tableau 11 liste toutes les centrales d'acquisition Campbell Scientific qui supportent le protocole de communication SDM, avec les Operating System/PROM nécessaires en fonction des centrales et la version du code intégré au CSAT3.

Modèle de centrale	PROMs ou Operating System (OS) de la centrale	Code intégré requis pour le CSAT3
21X 1K	6145-3, 6146-5, 10006-1	2.1 ou >
21X 2K	6148-5, 6149-7, 6070-64	2.1 ou >
CR10 2K	5954-396	2.1 ou >
CR10 4K	Bibliothèque spéciale	2.1 ou >
CR10X	OS 1.4 ou >	2.1 ou >
CR23X	tous les OS	2.1 ou >
CR9000	2.01 ou >	2.1 ou >
CR5000	tous les OS	3.0 ou >
CR9000X	tous les OS	3.0 ou >
CR1000	tous les OS	3.0 ou >
CR3000	tous les OS	3.0 ou >
CR800/850	tous les OS	3.0 ou >

### 6.1.1 Les centrales sous CRBasic

Le SDM est un protocole de communication de Campbell Scientific utilisé entre une centrale d'acquisition Campbell Scientific et un capteur « intelligent ». Ce protocole utilise des ports de contrôle dédiés (CR3000, CR5000 et CR9000X) ou des ports de contrôle polyvalents (CR1000, CR800/850) pour communiquer avec le CSAT3. Le protocole SDM permet de synchroniser la mesure et de communiquer rapidement entre une centrale d'acquisition et le CSAT3. L'instruction CRBasic « CSAT3 () » est utilisée pour communiquer avec le CSAT3 via le protocole SDM.

## 6.1.2 Les centrales sous EDLOG

Le SDM est un protocole de communication de Campbell Scientific utilisé entre une centrale d'acquisition Campbell Scientific et un capteur « intelligent ». Ce protocole utilise des ports de contrôle dédiés (CR23X) ou des ports de contrôle polyvalents (21X ou CR10 (X)) pour communiquer avec le CSAT3. Avec une 21X, l'entrée unipolaire 1 (étiquetée 1H) et une résistance de 10 K doivent être utilisées en conjonction avec le port de contrôle n°1. Le protocole de mesure SDM permet de synchroniser la mesure et la communication rapide entre une centrale d'acquisition et le CSAT3. L'instruction EDLOG : SDM-CSAT3 (P107) est utilisée pour communiquer avec le CSAT3 via le protocole SDM.

## 6.1.3 CR9000

Pour la centrale CR9000, la communication SDM avec le CSAT3 était obtenue grâce au périphérique CR9080 qui possède un port série I/O 9 broches et une carte mémoire. Actuellement, ce périphérique a été retiré de la vente, donc pour les personnes possédant une centrale CR9000, il faut ajouter le module CR9032 qui permet de convertir la CR9000 en CR9000X. Pour les utilisateurs de CR9000X, il n'y a pas de module à ajouter pour réaliser de la communication en SDM. L'instruction CSAT3 () de la CR9000(X) est utilisée pour communiquer via le protocole SDM.

## 6.2 Sortie RS-232

Pour les ordinateurs sous Windows, le logiciel (CSAT32.EXE) peut être utilisé pour tracer les données du CSAT3 en temps réel ou pour collecter des séries temporelles via le port série RS-232. Une copie du logiciel pour PC du CSAT3 est disponible sur le site Internet de Campbell Scientific dans la rubrique « Support | Download ». Ce logiciel est plutôt conçu comme un outil de diagnostic que comme un système d'acquisition de données à long terme.

L'annexe B contient des informations détaillées sur les commandes du CSAT3 lorsqu'il est connecté en RS-232. Un exemple de programme élémentaire en Visual Basic est disponible sur le site Internet de Campbell Scientific U.S.A. dans la rubrique « Support | Download », pour configurer et collecter les données d'un CSAT3.

### 6.2.1 Sortie analogique

L'anémomètre peut être programmé pour sortir quatre signaux analogiques qui correspondent à  $u_x$ ,  $u_y$ ,  $u_z$ , et  $c$ . Ces signaux ont une étendue de  $\pm 5000$  mV. La sortie en analogique peut être activée en utilisant le logiciel Windows du CSAT3 (CSAT32.EXE) en utilisant le port série RS232 de l'ordinateur et du CSAT3. Les composantes du vent  $u_x$  et  $u_y$  ont deux gammes de sortie, une de faible étendue ( $\pm 32,768$  m.s<sup>-1</sup>) et une de haute étendue ( $\pm 65,536$  m.s<sup>-1</sup>). Ces gammes sont modifiées lors de l'utilisation du logiciel CSAT32.EXE. La gamme de basse étendue est suffisante pour mesurer une vitesse du vent de  $\pm 32,768$  m.s<sup>-1</sup>. Le tableau 12 donne les coefficients multiplicateurs et les ordonnées à l'origine (« offset ») pour toutes les sorties d'anémomètre en m.s<sup>-1</sup>.

	Pente pour une faible étendue (m s <sup>-1</sup> V <sup>-1</sup> )	Pente pour une grande étendue (m s <sup>-1</sup> V <sup>-1</sup> )	Offset (m s <sup>-1</sup> )
$u_x$	6,5536	13,1072	0
$u_y$	6,5536	13,1072	0
$u_z$	1,6384	1,6384	0
$c$	6,5536	6,5536	340

Lorsque les sorties analogiques sont utilisées, l'anémomètre utilise son horloge interne pour déclencher les mesures de vent. Ainsi, la mesure de vent peut être biaisée dans le temps à  $\pm 1 / 2$  temps de scan du système d'acquisition par rapport aux autres mesures analogiques (par exemple température et humidité). Rappelons que la sortie analogique CSAT3 possède deux mesures de retard en mode Pipeline.

## 7.Principes opérationnels

### 7.1 Code intégré (« Embedded Code ») Version 4

Le CSAT3 mesure la vitesse du vent et la vitesse du son par la détermination du temps de vol du son entre des paires de transducteurs, comme décrit dans l'Annexe C. Toutefois, contrairement à de nombreux autres anémomètres, il n'utilise pas un seuil de détection pour déterminer les temps de vol des ultrasons. Au lieu de cela, il utilise des techniques de traitement du signal numérique avancées pour déterminer l'arrivée des signaux ultrasonores transmis. Comparé à d'autres systèmes, la technique de traitement du signal numérique est plus précise et diminue la mesure de bruit.

Contrairement aux CSAT3 fonctionnant avec la version 3 du code, la version 4 du code n'utilise pas une bibliothèque de modèles d'étalonnage et de reconnaissance des formes pour déterminer le temps de vol des ultrasons. Les versions 4 et 3 du code intégré ont la même résolution pour le vent. La résolution pour la mesure de la vitesse du son en utilisant code intégré version 4 est 15 fois pire que lors de l'utilisation de la version 3 (0,002°C à 0,025°C RMS); Cependant, la résolution sur la mesure de la vitesse du son reste 2 fois meilleure que celle de tous les autres anémomètres soniques disponibles.

Les comparaisons de mesures effectuées sur le terrain avec un anémomètre CSAT3 contenant la version 4 code intégré et contenant la version 3, montrent que le nouvel algorithme améliore de façon significative la capacité de l'anémomètre à obtenir des mesures dans des conditions de faible rapport signal sur bruit, par exemple pendant un événement pluvieux. De plus, les mèches anti-pluie (« water wicks ») placées sur les transducteurs du CSAT3 contribuent à l'amélioration de sa performance lors des événements pluvieux en empêchant l'accumulation de grandes gouttes sur les faces des transducteurs.

### 7.2 Code intégré (« Embedded Code ») Version 3

Le CSAT3 mesure la vitesse du vent et la vitesse du son par la détermination du temps de vol du son entre des paires de transducteurs, comme décrit dans l'Annexe C. Toutefois, contrairement à de nombreux autres anémomètres, il n'utilise pas un seuil de détection pour déterminer les temps de vol des ultrasons. Au lieu de cela, il utilise des techniques de traitement du signal numérique avancées et des algorithmes de reconnaissance qui, par rapport à d'autres systèmes, sont plus précis, et ont des mesures de bruit plus faible. En conséquence, la version 3 du code intégré utilisée par le CSAT3 est très sensible aux gouttelettes de pluie présentes sur les faces des transducteurs.

#### ATTENTION

**La mise en place de mèches anti-pluie (« water wicks ») sur un CSAT3 utilisant un code intégrée version 3 n'améliore pas la performance du CSAT3 sous la pluie. Les mèches anti-pluie (« water wicks ») permettent de prévenir des fortes chutes d'eau qui occultent complètement les signaux sonores, de part leur accumulation sur les faces des transducteurs. Les mèches sont une partie des deux solutions qui sont utilisées pour les conditions des pluies, la deuxième partie est le traitement des signaux numériques compris dans le code intégré version 4.**

Le signal issu de la technique de traitement du CSAT3 est légèrement différent de celui d'un anémomètre sonique plus simple. Ces différences comprennent un retard au démarrage, avant que le système soit pleinement fonctionnel, et un besoin de corriger le déclenchement du capteur de manière à assurer un flux constant de données synchronisées. Les principes généraux de fonctionnement sont décrits dans le paragraphe suivant.

Après que le CSAT3 ait transmis un signal ultrasonore de l'un de ses transducteurs, il enregistre le signal reçu par le transducteur opposé. Pour optimiser les performances du système, le CSAT3 recherche seulement le signal reçu pendant une fenêtre de temps limitée. Le départ exact et la fin de la fenêtre temporelle n'est pas seulement déterminé par l'espacement entre les transducteurs, mais aussi par la vitesse du vent actuelle et la vitesse du son.

Après la mise sous tension ou la perte de signal, le CSAT3 entre dans un mode où il teste le chemin aller – retour pour chacune de ces paires de transducteurs à ultrasons. Ce mode est appelé mode "acquies" et prend environ 10 secondes avant que la sortie soit disponible à partir de l'anémomètre. Ce retard est dû en partie au fait que l'anémomètre n'a pas la connaissance des réponses récentes des paires de transducteurs et en particulier il n'a l'historique de la vitesse du vent et la vitesse du son. Au cours de ce mode d'acquisition, il utilise des fenêtres temporelles assez larges de manière à trouver la véritable heure d'arrivée de chaque signal reçu.

Une fois qu'il a acquis le signal, il utilise un algorithme « de suivi » (« tracking ») pour ajuster les temps de début et de fin de sa fenêtre de recherche qui sont basés sur les paramètres d'exécution (voir paragraphe 10.3) et le dernier relevé de temps de vol de l'ultrason. La base de cette ajustement est que la dynamique de circulation de l'air encadre l'augmentation du temps de vol d'une certaine quantité pour un temps donné. Le résultat obtenu par cet algorithme est que la largeur de la fenêtre temporelle peut être réduite au minimum, les mesures peuvent être effectuées à une fréquence plus élevée et une consommation énergétique plus faible peut être obtenue par rapport à l'utilisation avec des fenêtres plus larges.

Parce que le paramètre d'exécution est utilisé comme un facteur important pour l'algorithme « de suivi » (« tracking »), il doit être configuré pour correspondre à la fréquence à laquelle l'anémomètre est déclenché. La création de ce paramètre et la correspondance de celui-ci avec la fréquence de déclenchement sont discutés dans le chapitre 8.

### **7.2.1 Effets de vent de travers (« Crosswind ») sur la vitesse du son**

La vitesse du son est trouvée en combinant les mesures de temps de vol aller - retour (voir Eq. 5 de l'annexe C). La composante parallèle du vent le long de l'axe sonore n'a pas d'incidence sur la mesure de vitesse du son, toutefois la composante perpendiculaire en a. Les effets de la composante perpendiculaire du vent peuvent être pris en compte directement, en utilisant les composantes de vent et une trigonométrie simple, ou séparément en utilisant des méthodes décrites par Schotanus et al., 1983 et Liu et al., 2001. Le CSAT3 a toujours corrigé les effets de vent de travers (« crosswind ») sur la vitesse du son, et l'impression de ce manuel, le CSAT3 est le seul anémomètre sonique disponible dans le commerce qui corrige la vitesse du son, et également la température sonique, pour des effets de vent soufflant perpendiculairement à la voie de mesure sonore.

Les équations dérivées par Schotanus et al. (1983) s'appliquent aux anémomètres qui mesurent la vitesse du son à partir d'une seule paire de transducteurs. Liu et al. (2001) étend ces équations pour les anémomètres soniques qui mesurent la vitesse du son selon les trois axes et qui moyennent ces résultats en une seule vitesse du son comme avec le CSAT3. Liu et al. (2001) suppose que la géométrie de chacun des anémomètres tridimensionnel pris individuellement est idéale quand ils fournissent les facteurs donnés par le tableau 1.

**NOTE**

Liu et al. (2001) recommande que la variance de la température sonique du CSAT3 et le flux de chaleur sensible soient corrigés pour les effets du vent de travers. Toutefois, les utilisateurs de CSAT3 n'ont pas besoin d'effectuer ces corrections sur leurs flux parce que le CSAT3 effectue une correction en interne. Corriger les données du CSAT3 séparément pour les effets de vent de travers entraînerait des erreurs dans la mesure des flux.

## 8. Déclenchement du CSAT3

Le CSAT3 prend une mesure de la vitesse du vent et de la vitesse du son lors du déclenchement de l'une de ses trois sources différentes. Les sources de déclenchement sont : l'horloge interne du CSAT3, les communications SDM ou les communications RS-232.

Dans le cas de l'horloge interne du CSAT3, le paramètre d'exécution définit exactement le déclenchement. Le paramètre d'exécution est fixé soit par la commande SDM soit par la commande RS-232. Une fois fixée, cette valeur est stockée en mémoire non volatile et est utilisée par la suite. Si le CSAT3 est configuré pour utiliser son déclenchement interne, il faudra prendre des mesures à ce rythme jusqu'à ce qu'il soit changé.

Il est à noter que la consommation électrique de l'anémomètre dépend du paramètre d'exécution et du taux de déclenchement (voir Figure 4).

Lorsque une source de déclenchement externe est utilisée, il est important de faire en sorte que le taux de déclenchement soit supérieur ou égal au paramètre d'exécution. La raison en est que, comme indiqué plus haut, le paramètre d'exécution est utilisé pour définir à quel point la vitesse du vent pourraient avoir changé depuis la précédente lecture. Si l'anémomètre est déclenché trop lentement, sous des conditions de rafales, il est possible que le CSAT3 fixe ses fenêtres temporelles dans un point du temps où les impulsions ultrasonores sont manquées. Cela donnera donc des lectures erronées.

En revanche, si le taux de déclenchement est légèrement supérieur au paramètre d'exécution, le CSAT3 consommera plus d'énergie que nécessaire et à des taux beaucoup plus élevés. Le CSAT3 ne sera simplement pas en mesure de prendre des mesures à la vitesse demandée, parce qu'il analyse des fenêtres de temps plus larges que nécessaire et il sera à court du temps. Cette dernière entraînera une sortie 61503 par le CSAT3 comme la valeur de diagnostic indiquant un dépassement (voir les paragraphes 10.4 et B.4).

Si le SDM ou PC ne parvient pas à fournir le déclencheur pour le CSAT3, il entrera dans un état de perte de déclenchement au bout de trois secondes. Le système d'acquisition de données devra donc rééditer la commande d'acquisition du signal (voir la section 10.3 et B.1).

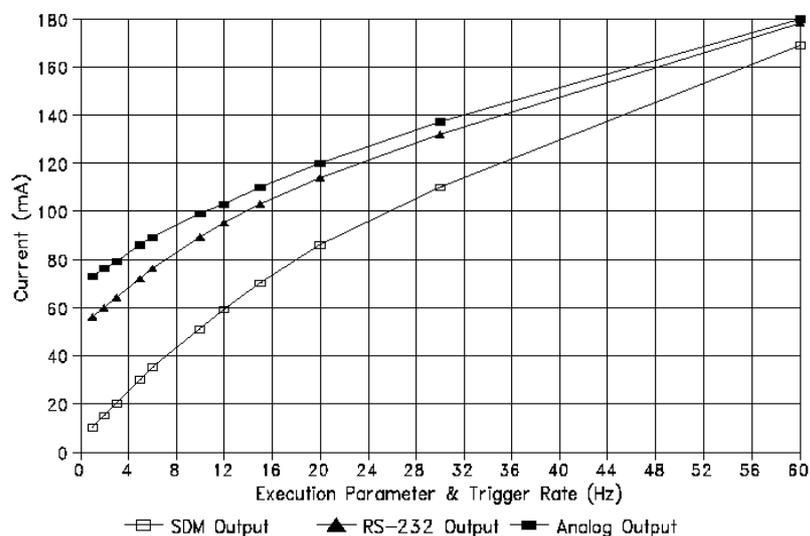


Figure 4. Consommation moyenne typique du CSAT3 en +12 VCC

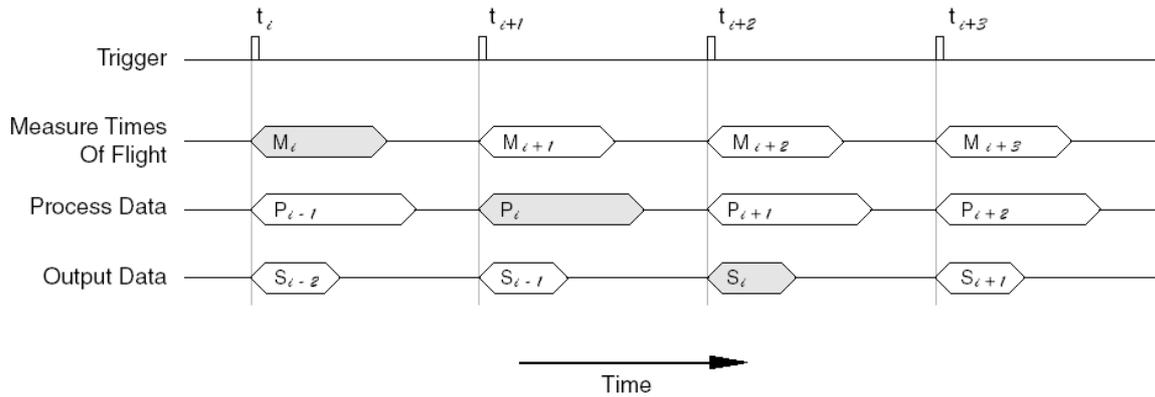


Figure 5. Retard du CSAT3 en mode « pipeline »

## 8.1 Modes d'échantillonnage

Le CSAT3 peut être configuré pour effectuer des mesures dans le mode mesure simple (« single-measurement ») ou sur-échantillonnage (« oversampled »). Dans le mode de mesure simple, le CSAT3 fait une mesure synchrone avec le déclenchement fourni par l'horloge interne du CSAT3, la communication SDM ou la communication RS-232. Dans le mode sur-échantillonnage (« oversampled »), l'horloge interne du CSAT3, la communication SDM communications ou la communication RS-232, déclenche plusieurs mesures. La moyenne de ces mesures est fournie à la vitesse de taux de déclenchement.

### 8.1.1 Mode de mesure simple (« Single mode »)

Dans le mode de mesure simple, l'anémomètre fait une mesure par déclenchement. Avec cette approche, la réponse haute fréquence de l'anémomètre est limitée seulement par la géométrie de la tête de l'anémomètre, ce qui réduit la possibilité de sous-estimation des variations haute fréquence du signal et des covariances. Toutefois, cette approche permet également le recouvrement (le phénomène d'« aliasing ») des données hautes fréquences en données basses fréquences. Cette « aliasing » est visible dans les spectres provenant qui a une courbe ascendante lorsqu'on est à des fréquences approchant de la fréquence de Nyquist (qui correspond à la moitié de la fréquence d'échantillonnage), quand on compare ce spectre à la relation  $f^{5/3}$ . Cette aliasing ne compromet pas les variances et les covariances (et par conséquent, les flux) calculés à partir de données « aliasée ». Les calculs de variance et de covariance ne sont pas fonction de la fréquence, elles mesurent simplement une variance totale d'un signal et la covariance totale de deux signaux, respectivement.

### 8.1.2 Mode sur-échantillonnage (« Oversample mode »)

Dans le mode sur-échantillonnage (« Oversample »), le CSAT3 réalise des mesures de vent à 60 Hz et moyenne ses mesures à 10 ou 20 Hz en sortie. La sortie est synchronisée avec l'un des trois déclencheurs. Le mode sur-échantillonnage (« Oversample ») minimise l'aliasing en limitant la réponse haut-fréquence de l'anémomètre. Les données à 60 Hz sont filtrées avec une fonction  $\sin x / x$ .

Les modes sur-échantillonnage (« oversample ») maintiennent la synchronisation du déclencheur maître (« master trigger »). Dans le mode sur-échantillonnage par six (« oversample »), le CSAT3 interpole les six déclenchements mineurs qui sont centrés sur le déclenchement maître à 10 Hz. Dans le mode sur-échantillonnage par trois (« oversample »), le CSAT3 interpole les trois déclenchements mineurs qui sont centrés sur le déclencheur maître à 20Hz. Pour la compatibilité avec les modes de mesure simple, la sortie de la moyenne des données a un délai fixe de deux périodes par rapport au déclenchement maître.

## 9. Les données retardées en mode « Pipeline »

Lorsque le CSAT3 est déclenché pour prendre une mesure, il détermine le temps de vol pour les trois paires de transducteur. Ce processus prend entre 12 et 18 msec, en fonction du paramètre d'exécution. Après avoir déterminé le temps de vol, le CSAT3 corrige ces temps de vol avec les retards des transducteurs, puis calcule les composantes de la vitesse du vent  $u_x$ ,  $u_y$  et  $u_z$ . En plus, il corrige chacune de ses trois vitesses du son pour les effets du vent soufflant perpendiculairement à la trajectoire sonore. Les trois valeurs de vitesse du son corrigées sont alors moyennées.

Tous les signaux de sortie du CSAT3 (SDM, RS-232, et analogique) ont deux mesures de retard en mode « Pipeline ». La vitesse du vent et la vitesse du son qui sont envoyées au système d'acquisition de données ont été mesurées par l'anémomètre deux déclenchements plus tôt (voir figure 5). Pour optimiser les performances du système, le CSAT3 utilise des techniques de traitement parallèles. Ces techniques causent un retard de deux mesures entre le déclenchement et la sortie des données. Ce délai s'applique à toutes les fréquences de déclenchement.

Lorsque la covariance est trouvée entre les données de turbulence du CSAT3 et d'autres capteurs scalaires, les données de chaque capteur doivent être alignées dans le temps. Cela peut être fait directement par la centrale d'acquisition.

## 10. Centrale d'acquisition de données utilisant la communication SDM

Les instructions CRBasic CSAT3 () et EDLOG SDM-CSAT3 (P107) sont des instructions Entrée / Sortie qui contrôlent et qui permettent de récupérer les données du CSAT3. Ces instructions sont disponibles sur les CR3000, CR1000, CR5000, CR800/850, CR9000 (X), et CR23X, 21X (avec PROMs pour CSAT3), CR10X, et CR10 (avec PROMs pour CSAT3 ou à la bibliothèque spéciale).

## 10.1 Instruction CSAT() sous CRBasic

L'instruction CSAT3 () est une instruction CRBasic à cinq paramètres pour contrôler et récupérer les données du CSAT3. Les paramètres de cette instruction sont donnés dans le tableau 13 et décrit au paragraphe 10.3.

**Tableau 13. Paramètres de l'instruction "CSAT3 ()"**  
CSAT3 (Dest,Reps,SDMAddress,Command,Option)

## 10.2 instruction SDM-CSAT3 (P107) sous EDLOG

SDM-CSAT3 (P107) est une instruction à quatre paramètres. Les paramètres sont donnés dans le tableau 14 et décrit au paragraphe 10.3.

**Tableau 14. Paramètres de l'instruction "SDM-CSAT3 (P107)"**

PARAMETER NUMBER	DATA TYPE	DEFAULT DESCRIPTION
01:	2	Reps
02:	2	SDM Address
03:	2	Option
04:	4	Ux Input Location

## 10.3 Paramètres d'instruction des centrales d'acquisition

**Dest:** La variable de destination pour stocker la première des cinq valeurs sur une centrale d'acquisition CRBasic. La variable doit être déclarée comme un flottant (« float ») (par défaut) avec au moins cinq éléments. Le CSAT3 renvoie les données suivantes après avoir reçu la commande "Déclencher et Obtenir les données" (« Trigger and Get Data ») ou "Obtenir les données après un Groupe de déclenchement" (« Get Data after a Group Trigger ») du paramètre "Commande" : ux, uy, uz, c ou Ts, et une valeur de diagnostique, où ux, uy et uz sont les vitesses du vent le long des axes x, y et z définis par la tête de l'anémomètre (voir figure 1), c est la vitesse du son, et Ts est la température sonique virtuelle. La vitesse du vent et la vitesse du son sont en m.s<sup>-1</sup>, et Ts est en degrés Celsius. Si l'option Resp est supérieure à 1, le nombre d'éléments nécessaires pour la variable de destination est Reps \* 5.

**Reps:** Le nombre de CSAT3 d'adresses consécutives présents sur le bus SDM et qui seront successivement appelés par les instructions CSAT3 () / SDM-CSAT3 (P107). **SDMAddress / SDM Address:** L'unique adresse SDM du CSAT3 connecté à la centrale d'acquisition. Dans les centrales d'acquisition CRBasic, l'adresse du CSAT3 est entrée comme un nombre en base dix. Dans les centrales d'acquisition EDLOG, l'adresse du CSAT3 est entrée comme un nombre en base 4 (voir tableau 1). L'adresse SDM est incrémentée séquentiellement si option Resp est supérieure à 1.

Les données de vent et la vitesse du son (température sonique virtuelle) sont mise à l'échelle par l'instruction en m.s<sup>-1</sup> et en degrés Celsius.

### ATTENTION

**L'adresse SDM 15 (base 10) / 33 (base 4) est une adresse spéciale utilisée au cours des Groupes de déclenchement. Ne pas programmer la centrale d'acquisition avec l'adresse SDM 15/33.**

**Commande / Option 90:** « Déclenchement et prise des données de vent et c » (« Trigger and Get Wind & c Data ») déclenche la mesure du CSAT3 qui possède l'adresse SDM spécifiée dans le paramètre SDMAddress / SDM Adresse. Le CSAT3 envoie également des données la centrale de mesure.

**Commande / Option 91:** « Déclenchement et prise des données de vent et de  $T_s$  » (« Trigger and Get Wind & Ts Data ») déclenche la mesure du CSAT3 qui possède l'adresse SDM spécifiée dans le paramètre SDMAAddress / SDM Adresse. Le CSAT3 envoie également la vitesse du vent et la température virtuelle sonique (définie dans l'équation (9) de l'annexe C) vers la centrale de mesure via la communication SDM.

**Commande / Option 92:** « Déclenchement et prise des données de vent et de c-340 » (« Trigger and Get Wind & c-340 Data ») déclenche la mesure du CSAT3 qui possède l'adresse SDM spécifiée dans le paramètre SDMAAddress / SDM Adresse. Le CSAT3 envoie également la vitesse du vent et la vitesse du son moins 340 m.s-1 vers la centrale de mesure via la communication SDM.

**Commande / Option 97:** « Prise des données de vent et de c-340 après un groupe de déclenchements » (« Get wind and c-340 Data After a Group Trigger »). Le CSAT3, dont l'adresse SDM est spécifiée dans le paramètre SDMAAddress / SDM Adresse, envoie la vitesse du vent et la vitesse du son moins 340 m.s-1 à la centrale de mesure. Aucune autre mesure n'est initiée. L'instruction CSAT3 () / SDM-CSAT3 (P107) doit être précédée par l'instruction SDMTrigger / Groupe Trigger (P110) pour pouvoir utiliser cette option.

**Commande / Option 98:** «Prise des données de vent et de  $T_s$  après un groupe de déclenchements » (« Get wind and  $T_s$  Data After a Group Trigger »). Le CSAT3, dont l'adresse SDM est spécifiée dans le paramètre SDMAAddress / SDM Adresse, envoie la vitesse du vent et la température virtuelle sonique (définie dans l'équation (9) de l'annexe C) à la centrale de mesure. Aucun autre mesure n'est initiée. L'instruction CSAT3 () / SDM-CSAT3 (P107) doit être précédée par l'instruction SDMTrigger / Groupe Trigger (P110) pour pouvoir utiliser cette option.

**Commande / Option 99:** « Prise des données de vent et de c après un groupe de déclenchements » (« Get wind and c Data After a Group Trigger »). Le CSAT3, dont l'adresse SDM est spécifiée dans le paramètre SDMAAddress / SDM Adresse, envoie la vitesse du vent et la vitesse du son à la centrale de mesure. Aucune autre mesure n'est initiée. L'instruction CSAT3 () / SDM-CSAT3 (P107) doit être précédée par l'instruction SDMTrigger / Groupe Trigger (P110) pour pouvoir utiliser cette option.

## ATTENTION

**Les Commandes / Options 90, 91, 98 ou 99 ne doivent pas être utilisées pour collecter des données provenant d'un CSAT3 étalonné pour des environnements froids, voir le paragraphe 11.2.1.**

**Option 1, 2, 3, 5, 6, 10, 12, 15, 20, 30 et 60:** « Définition des paramètres d'exécution » (« Set Execution Parameter ») indique au CSAT3 les paramètres de mesure à utiliser et quelle fréquence à attendre de la centrale de mesure pour le déclenchement des mesures. L'intervalle d'exécution de la centrale d'acquisition et les paramètres d'exécution appropriés pour le CSAT3 sont résumés dans les tableaux 15 et 16.

**Option 61 et 62:** « Définition des paramètres d'exécution » (« Set Execution Parameter ») paramètre le CSAT3 en mode de sur-échantillonnage « oversample » (Paragraphe 8.1.2) à une fréquence de 60 Hz pour les mesures de vent et dans l'attente d'un déclenchement à un taux de 10 Hz (option 61) ou 20 Hz (option 62) d'une centrale de mesure CR3000, CR1000, CR5000, CR800/850, CR9000 ( X), CR23X ou 21X.

**Option 51 et 52:** « Définition des paramètres d'exécution » (« Set Execution Parameter ») paramètre le CSAT3 en mode de mesure simple « oversample » (Section 8.1.2) pour les mesures de vent à un taux de 48 Hz et en attendant un déclenchement à un taux de 8 Hz (option 51) ou 16 Hz (option 52) d'une centrale de mesure CR10(X).

**Tableau 15. Intervalle d'exécution des CR3000, CR1000, CR5000, CR800/850, CR9000(X), CR23X et 21X et paramètre d'exécution du CSAT3**

Intervalle d'exécution de la centrale (secondes)	Fréquence d'exécution de la centrale (Hz)	Paramètre d'exécution du CSAT3
0,05	20	20
0,0625	16	15
0,075	13,333	12
0,0875 à 0,1	11,429 à 10	10
0,1125 à 0,1625	8,889 à 6,154	6
0,175 à 0,2	5,714 à 5	5
0,2125 à 0,325	4,706 à 3,077	3
0,3375 à 0,5	2,963 à 2	2
0,5125 à 1	1,951 à 1	1

**Tableau 16. Intervalle d'exécution de la CR10(X) et paramètre d'exécution du CSAT3**

Intervalle d'exécution de la centrale (secondes)	Fréquence d'exécution de la centrale (Hz)	Paramètre d'exécution du CSAT3
0,0625	16	15
0,078125	12,8	12
0,09375	10,667	10
0,109375 à 0,15625	9,143 à 6,4	6
0,171875 à 0,1875	5,818 à 5,333	5
0,203125 à 0,328125	4,923 à 3,047	3
0,34375 à 0,5	2,909 à 2	2
0,515625 à 1	1,939 à 1	1

**Mémoire d'entrée Ux (Ux input Location):** La mémoire d'entrée pour stocker la première des cinq valeurs données à une centrale de mesure sous EDLOG. Le CSAT3 renvoie les données suivantes, après avoir reçu la commande « Déclenchement et prise de données » (« Trigger and Get Data ») ou « Prise des données après un groupe de déclenchements » (« Get Data After a Group Trigger »), dans les paramètres optionnels :  $u_x$ ,  $u_y$ ,  $u_z$ ,  $c$  ou  $T_s$ , et un mot de diagnostic, où  $u_x$ ,  $u_y$  et  $u_z$  sont les vitesses du vent le long de l'axe  $x$ ,  $y$  et  $z$  définis par la tête de l'anémomètre (voir figure 1),  $c$  est la vitesse du son, et  $T_s$  est la température virtuelle sonique. L'unité de la vitesse du vent et la vitesse du son est le  $m.s^{-1}$ , et  $T_s$  est en degrés Celsius. Si le paramètre Resp est supérieur à 1, le nombre d'espace mémoire d'entrées séquentielles utilisé est Repr \* 5.

## 10.4 Diagnostics

La cinquième sortie du CSAT3 est une valeur de diagnostic. La valeur de diagnostic décrit l'état de l'anémomètre et est utile pour le filtrage des données. Par exemple, lorsque l'anémomètre est verrouillé sur les signaux à ultrasons après avoir reçu la commande d'acquisition de données, NaN ou -99999 est envoyé à la centrale de mesure pour que les données scientifiques puissent être filtrées par des statistiques fondées sur la valeur mot de diagnostic, voir l'exemple de programme dans le paragraphe 10.6 et 10.7.

Les instructions CSAT3 () / SDM-CSAT3 (P107), décodent le mot de diagnostic et le convertissent en base 10. Les bits compris dans la valeur de diagnostic sont regroupés en trois catégories. Bits 15 à 12 sont les quatre drapeaux de diagnostics (voir les tableaux 17 et 18), les bits 11 à 6 représentent l'étendue des mesures qui est reportée (et utilisée par la centrale d'acquisition de données) et les bits de 5 à 0, sont un compteur. Une description détaillée qui permet de décoder la valeur de diagnostic est donnée dans l'annexe B.

**Tableau 17. Mot de diagnostic**

Mot de diagnostic				
b15-b12	b11 b10	b09 b08	b07 b06	b05 - b00
Drapeaux de diagnostic	Etendue de $u_x$	Etendue de $u_y$	Etendue de $u_z$	Compteur

Les quatre mots de diagnostic (base 10) et la situation qui les produisent sont les suivants:

**NaN or -99999, Anemometer does not Respond.** Correspond au cas où la centrale de mesure de données tente de s'adresser à l'anémomètre et l'anémomètre ne répond pas. Cela se produit si l'anémomètre n'est pas connecté aux ports SDM, l'anémomètre n'est pas connecté à un 12 VCC, ou aucun des anémomètres connectés en SDM n'est paramétré avec l'adresse SDM mentionnée dans l'instruction CSAT3 () / SDM-CSAT3 (P107).

**61440, Lost Trigger.** L'anémomètre a perdu la source de déclenchement, dans ce cas tous les bits de diagnostic sont élevés, les bits d'étendue sont mis à l'état bas « low » et le compteur de bit est faible. Cela se produit si l'anémomètre est déconnecté des ports SDM, par exemple si le fil SDM de l'horloge SDM est déconnectée. Pour caler l'anémomètre sur l'horloge, connectez le CSAT3 aux ports SDM et exécutez l'instruction le CSAT3 () / SDM-CSAT3 (P107) avec la Commande / Option "Définition des paramètres d'exécution" (« Set Execution Parameter »).

**61503, No Data Available.** L'anémomètre n'a pas de nouvelle donnée. Dans ce cas, tous les bits de diagnostic sont élevés, les bits d'étendue sont à l'état bas « low » et le compteur de bits est faible. Cela se produit immédiatement après que l'anémomètre est reçu la commande d'acquisition du signal de la centrale de mesure, par exemple une instruction CSAT3 () / SDM-CSAT3 (P107) avec la Commande / Option "Définition des paramètres d'exécution" (« Set Execution Parameter »). Cette situation sans nouvelle donnée arrive également quand la fréquence d'acquisition de données de la centrale de mesure à utiliser (inverse de l'intervalle d'exécution) est nettement supérieure au paramètre d'exécution entré dans l'anémomètre.

**61441, SDM communication Error.** La centrale de mesure et le CSAT3 ne sont pas capables de communiquer correctement. L'extension du câble SDM au delà des 7,62 m (25 ft.) standard et le non ralentissement de l'horloge SDM, avec l'instruction SDMSpeed ()(CRBasic) ou l'instruction 115 (CR23X ou CR10 (X)) ou 108 (21X), est la cause la plus fréquente de cette erreur. Voir Annexe D pour plus de détails pour l'identification de la fréquence d'horloge SDM à utiliser pour une longueur de câble donnée.

**61442, Wrong CSAT3 embedded code.** Le CSAT3 exécute une version de code intégré antérieure à la version 3. À partir de code intégré version 3 et la CR5000, la configuration du CSAT3 est faite dans l'instruction, plutôt que dans un code séparé dans la centrale d'acquisition elle-même. Un CSAT3 qui exécute un code intégré antérieur à la version 3 et qui est déployé dans des systèmes utilisant une CR3000, CR1000, CR5000, CR800/850 ou CR9000X, doit être mise à jour « upgrade » avec une version de code intégré de CSAT3 version 3 ou plus.

Bit paramétré en mode "Haut"	Description	Commentaire
b15	La différence entre la vitesse du son des trois axes non-orthogonaux est supérieure à 2,360 m.s-1 (~ 4°C @ 25°C)	Les longueurs de chemin parcourus par les ultrasons ont peut être été modifiées ou la tête de l'anémomètre est cassée
b14	Mauvais signal de verrouillage	Il y a peut être un obstacle dans les chemins de parcours de l'anémomètre ou sur la face du transducteur
b13	Signal sonique d'amplitude trop haute	Une obstruction, sur les chemins de parcours de l'anémomètre ou sur la face du transducteur, a été retiré.
b12	Signal sonique d'amplitude trop faible	Il y a peut être un obstacle dans les chemins de parcours de l'anémomètre ou sur la face du transducteur

## 10.5 SDMTrigger (/)/SDM-Group Trigger (P110)

L'instruction SDM Input / Output contrôle les dispositifs SDM qui sont compatibles avec le protocole de déclenchements groupés, y compris le CSAT3. Jusqu'à 15 appareils supportant ce déclenchement groupé peuvent être connectés sur les ports SDM. Tous les dispositifs supportant le déclenchement groupé sont déclenchés pour faire des mesures simultanées avec l'instruction SDMTrigger / SDM Groupe Trigger (P110). Les données de chaque appareil sont ensuite retrouvées avec l'instruction spécifique du périphérique. Pour le CSAT3, l'instruction CSAT3 (/) / SDM-CSAT3 (P107) avec l'instruction « Prise des données après un groupe de déclenchements » (« Get Data After Group Trigger ») sont utilisées pour récupérer les données.

## 10.6 Exemple de programme sous CRBasic

Dans l'exemple suivant, une CR3000 est utilisée pour collecter les données du CSAT3 en utilisant la communication SDM. La CR3000 déclenchera chaque mesure de vent par le protocole SDM et récupérera les données.

Description	Couleur	CR3000
Donnée SDM	Vert	SDM-C1
Horloge SDM	Blanc	SDM-C2
Activation SDM	Marron	SDM-C3
Masse numérique	Noir	G
Fil de blindage SDM	Clair	G
Alimentation	Rouge	+ 12 VCC
Référence de l'alimentation	Noir	G
Fil de blindage de l'alimentation	Clair	G



```

*** Variables ***
'Données du CSAT3 décalé.
Public wind(5)
Alias wind(1) = Ux
Alias wind(2) = Uy
Alias wind(3) = Uz
Alias wind(4) = Ts
Alias wind(5) = diag_csat
Units Ux = m/s
Units Uy = m/s
Units Uz = m/s
Units Ts = C
Units diag_csat = unitless
Public diag_bits(4) AS Boolean      'Drapeaux d'alerte.
Alias diag_bits(1) = del_T_f      'Drapeaux d'alerte pour la température Delta.
Alias diag_bits(2) = sig_lck_f    'Drapeaux d'alerte pour un mauvais signal de verrouillage.
Alias diag_bits(3) = amp_h_f      'Drapeaux d'alerte pour une haute amplitude.
Alias diag_bits(4) = amp_l_f      'Drapeaux d'alerte pour une faible amplitude.
Units diag_bits = samples
Public batt_volt                    'Tension de batterie de la centrale CRBasic.
Public panel_temp
Units batt_volt = V
Units panel_temp = C

'Vitesse et direction du vent.
Dim wnd_out(8)
'Alias wnd_out(1) = wnd_spd -dans le système de coordonnées de boussole, comme le CSAT3.
'Alias wnd_out(2) = rslt_wnd_spd dans le système de coordonnées de boussole, comme le CSAT3.
Alias wnd_out(3) = wnd_dir_compass
'Alias wnd_out(4) = std_wnd_dir - dans le système de coordonnées de boussole, comme le CSAT.
Alias wnd_out(5) = wnd_spd
Alias wnd_out(6) = rslt_wnd_spd
Alias wnd_out(7) = wnd_dir_csat3
Alias wnd_out(8) = std_wnd_dir
Units wnd_dir_compass = degrees
Units wnd_spd = m/s
Units rslt_wnd_spd = m/s
Units wnd_dir_csat3 = degrees
Units std_wnd_dir = degrees

'Variable de diagnostics.
Dim disable_flag_on(2) AS Boolean  ' Désactivation du Processus intermédiaires avec les drapeaux.
Dim n                               'Nombre d'échantillons dans les statistiques « instantanés »
Units n = samples

'Variables de travail.
Dim wind_east                       'Vent d'Est dans le système de coordonnées de la boussole.
Dim wind_north                      'Vent du Nord dans le système de coordonnées de la boussole.
Dim diag_csat_work AS Long

```

```

*** Tableau de sauvegarde de données finales ***
'Données statistiques instantanées.
DataTable (stats,TRUE,-1)
  DataInterval (0,OUTPUT_INTERVAL,Min,10)
  Average (1,Ts,IEEE4,disable_flag_on(1))
  StdDev (1,Ts,IEEE4,disable_flag_on(1))
  Average (1,Ux,IEEE4,disable_flag_on(1))
  StdDev (1,Ux,IEEE4,disable_flag_on(1))
  Average (1,Uy,IEEE4,disable_flag_on(1))
  StdDev (1,Uy,IEEE4,disable_flag_on(1))
  Average (1,Uz,IEEE4,disable_flag_on(1))
  StdDev (1,Uz,IEEE4,disable_flag_on(1))
  Sample (1,wnd_dir_compass,IEEE4)
  Sample (1,wnd_dir_csat3,IEEE4)
  Sample (1,wnd_spd,IEEE4)
  Sample (1,rslt_wnd_spd,IEEE4)
  Sample (1,std_wnd_dir,IEEE4)
  Totalize (1,n,IEEE4,disable_flag_on(1))
  Totalize (1,n,IEEE4,NOT (disable_flag_on(1) OR disable_flag_on(2)))
  FieldNames ("csat_warnings")
  FieldNames ("del_T_f_Tot")
  Totalize (1,n,IEEE4,NOT (sig_lck_f) OR NOT (disable_flag_on(2)))
  FieldNames ("sig_lck_f_Tot")
  Totalize (1,n,IEEE4,NOT (amp_h_f) OR NOT (disable_flag_on(2)))
  FieldNames ("amp_h_f_Tot")
  Totalize (1,n,IEEE4,NOT (amp_l_f) OR NOT (disable_flag_on(2)))
  FieldNames ("amp_l_f_Tot")
  Average (1,panel_temp,IEEE4,FALSE)
  Average (1,batt_volt,IEEE4,FALSE)
EndTable

***Tableau de données de travail ***

'Calcul de la direction du vent. Ces données sont sauvegardées toute les OUTPUT_INTERVAL
minutes.
DataTable (wnd_vec,TRUE,1)
  DataInterval (0,OUTPUT_INTERVAL,Min,1)
  'Calcul de la direction du vent à partir des données du CSAT3.
  WindVector (1,wind_east,wind_north,IEEE4,disable_flag_on(1),0,1,2)
  WindVector (1,Uy,Ux,IEEE4,disable_flag_on(1),0,1,2)
EndTable

*** Programme ***

BeginProg
n = 1

'Paramétrage de toutes les variables du CSAT3 à NaN.
Move (Ux,5,NaN,1)

```

```

'Paramétrage de la vitesse de l'horloge SDM.
SDMSpeed (SDM_PER)
Scan (SCAN_INTERVAL,mSec,3,0)
  'Température du bornier de la centrale CRBasic.
  PanelTemp (panel_temp,250)

  'Prise du vent du CSAT3 et des données de la température sonique.
  CSAT3 (Ux,1,3,91,CSAT_OPT)

  'mesure de la tension de batterie.
  Battery (batt_volt)

  'Copie et conversion des données du CSAT3 pour le calcul du vecteur vent.
  wind_east = -1*Uy
  wind_north = Ux

  'Définition du code 61502 comme NaN.
  If ( diag_csat = NaN ) Then ( diag_csat = 61502 )

  'Séparation des quatre drapeaux d'alerte du CSAT3 en quatre octet séparés.
  diag_csat_work = diag_csat
  del_T_f = diag_csat_work AND &h8000
  sig_lck_f = diag_csat_work AND &h4000
  amp_h_f = diag_csat_work AND &h2000
  amp_l_f = diag_csat_work AND &h1000

  'Mise en route du traitement intermédiaire lorsque l'un des drapeaux du CSAT3 d'alerte
  'est « haut », y compris les cas NaN (61502), Perte du déclenchement (61440), Pas de données
  '(61503), une erreur SDM (61441), ou mal intégrés CSAT3 code (61442).

  'Turn on the intermediate processing disable flag when any CSAT3 warning flag is 'high, including the
  'special cases NaN (61502), perte du déclenchement « a Lost Trigger » (61440), pas de données « No
  'Data « (61503),erreur SDM « an SDM error » (61441), or ou mauvais code intégré du CSAT3 «
  'wrong CSAT3 embedded code « (61442).
  disable_flag_on(1) = diag_csat_work AND &hf000

  'Mise en route uniquement si l'un de drapeaux d'alerte est activé.
  disable_flag_on(2) = ( disable_flag_on(1) AND NOT (Ts = NaN) )

  'Sauvegarde des 4 bit les plus significatifs des diagnostics du CST3, excepté pour le cas spéciaux
  'NaN (61502), perte du déclenchement « a Lost Trigger » (61440), pas de données « No Data
  '« (61503),erreur SDM « an SDM error » (61441), or ou mauvais code intégré du CSAT3 « wrong
  'CSAT3 embedded code « (61442).
  If ( diag_csat_work < &hf000 ) Then ( diag_csat = INT (diag_csat_work/&h1000) )

  'Calcule des vecteurs vent.
  CallTable wnd_vec
  If ( wnd_vec.Output(1,1) ) Then
    GetRecord (wnd_out(1),wnd_vec,1)
    'La direction du vent de la boussole doit être comprise entre 0 et 360 degrés.
    wnd_dir_compass = (wnd_dir_compass+CSAT3_AZIMUTH) MOD 360

    'La direction du vent du CSAT3 doit être comprise entre 0 to 180 degrés et 0 to -180 'degrés.
    If ( wnd_dir_csat3 ) > 180 Then ( wnd_dir_csat3 = wnd_dir_csat3-360 )
  EndIf
  CallTable stats
NextScan
EndProg

```



\*Table 1 Program

```

01: .1      Execution Interval (seconds)
;Prise de données du CSAT3.
;
1: SDM-CSAT3 (P107)
      1: 1      Reps
      2: 3      SDM Address
      3: 91     Trigger and Get wind & Ts data
      4: 1      Ux Input Location [ Ux ]
;Configuration du CSAT3.
;
2: Do (P86)
      1: 1      Call Subroutine 1
;Conversion des Ux et Uy du CSAT3 en direction du vent instantanée sur la boussole.
;
3: Z=X (P31)
      1: 1      X Loc [ Ux ]
      2: 11     Z Loc [ Prop_N ]

4: Z=X*F (P37)
      1: 2      X Loc [ Uy ]
      2: -1     F
      3: 9      Z Loc [ Prop_E ]

;Copie des vents Ux et Uy instantanés pour pouvoir calculer la direction du vent du CSAT3.
;
5: Z=X (P31)
      1: 1      X Loc [ Ux ]
      2: 10     Z Loc [ Ux_copy ]

6: Z=X (P31)
      1: 2      X Loc [ Uy ]
      2: 12     Z Loc [ Uy_copy ]

7: Z=ABS(X) (P43)
      1: 5      X Loc [ diag ]
      2: 36     Z Loc [ diag_abs ]

;Désactivation du traitement intermédiaire sur l'un des drapeaux de diagnostic est activés par exemple
;diag >= 4096 or une des données scientifiques est un "Not a Number", (-99999).
;
8: If (X<=>F) (P89)
      1: 36     X Loc [ diag_abs ]
      2: 3      >=
      3: 4096   F
      4: 19     Set Intermed. Proc. Disable Flag High (Flag 9)

;Décodage des drapeaux d'alerte du CSAT3.
;
9: Do (P86)
      1: 2      Call Subroutine 2

;Activation de la sauvegarde des données du CSAT3 toutes les minutes.
;
10: If time is (P92)
      1: 0      Minutes (Seconds --) into a
      2: 1      Interval (same units as above)
      3: 10     Set Output Flag High (Flag 0)

11: Set Active Storage Area (P80)
      1: 3      Input Storage Area
      2: 13     Loc [ wnd_spd a ]

```

```

;Calcul des vitesse horizontale du vent et de la direction dans le système de coordonnées de la boussole
;et dans le système de coordonnées orthogonal
;
12: Wind Vector (P69)
    1: 2      Reps
    2: 0      Samples per Sub-Interval
    3: 10     S,  $\theta_1$ , &  $\sigma(\theta_1)$  Orth.
    4: 9      Wind Speed/East Loc [ Prop_E ]
    5: 11     Wind Direction/North Loc [ Prop_N ]

13: Do (P86)
    1: 29     Set Intermed. Proc. Disable Flag Low (Flag 9)

;Prise des données de direction de vent du CSAT3.
;
14: If Flag/Port (P91)
    1: 10     Do if Output Flag is High (Flag 0)
    2: 3      Call Subroutine 3

;Sauvegarde des données du CSAT3.
;
15: If Flag/Port (P91)
    1: 10     Do if Output Flag is High (Flag 0)
    2: 10     Set Output Flag High (Flag 0)

16: Set Active Storage Area (P80)
    1: 1      Final Storage Area 1
    2: 100    Array ID

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

18: Resolution (P78)
    1: 1      High Resolution

19: Sample (P70)
    1: 3      Reps
    2: 13     Loc [ wnd_spd_a ]

20: Sample (P70)
    1: 1      Reps
    2: 17     Loc [ csat_dir ]

21: Average (P71)
    1: 4      Reps
    2: 1      Loc [ Ux

22: Standard Deviation (P82)
    1: 4      Reps
    2: 1      Sample Loc [ Ux ]

23: Totalize (P72)
    1: 7      Reps
    2: 20     Loc [ smpls ]

```

*Table 2 Program		
02: 0	Execution Interval (seconds)	
*Table 3 Subroutines		
;Configuration du CSAT3.		
;		
1: Beginning of Subroutine (P85)		
1: 1	Subroutine 1	
;Vérification du mot de diagnostic pour les condition de perte de déclenchement.		
;Paramétrage du Drapeau 1 en position basse pour reconfigurer le CSAT3 s'il a perdu sa source de déclenchement.		
;		
2: If (X<=>F) (P89)		
1: 5	X Loc [ diag ]	
2: 1	=	
3: 61440	F	
4: 21	Set Flag 1 Low	
Configuration du CSAT3. Ceci est effectué la 1 <sup>ère</sup> fois depuis la Table 1 ou si le CSAT3 perd sa source de déclenchement.		
;		
3: If Flag/Port (P91)		
1: 21	Do if Flag 1 is Low	
2: 30	Then Do	
;Chargement des angles entre le Nord et la tête du CSAT3.		
;L'exploitant de la station doit entrer l'angle theta.		
;		
4: Z=F (P30)		
1: 0	F ;<- valeur unique	
2: 0	Exponent of 10	
3: 35	Z Loc [ theta ]	
;Chargement des constantes utilisées dans l'enregistrement du temps quand les drapeaux d'alerte sont activés.		
;		
5: Z=F (P30)		
1: 32768	F	
2: 0	Exponent of 10	
3: 31	Z Loc [ _8000h ]	
6: Z=F (P30)		
1: 16384	F	
2: 0	Exponent of 10	
3: 32	Z Loc [ _4000h ]	
7: Z=F (P30)		
1: 8192	F	
2: 0	Exponent of 10	
3: 33	Z Loc [ _2000h ]	
8: Z=F (P30)		
1: 4096	F	
2: 0	Exponent of 10	
3: 34	Z Loc [ _1000h ]	

```

;Si les diagnostics ne sont pas égaux à -99999,cela signifie que le CSAT3 est connecté à la CR23X et
que les deux appareils communiquent correctement.
;
9: If (X<=>F) (P89)
    1: 5      X Loc [ diag ]
    2: 3      >=
    3: 0      F
    4: 30     Then Do

;Envoi de la commande de configuration au CSAT3 uniquement s'il n'est pas en acquisition de signal ou
de mesures. ;par exemple diag <> 61503.
;
10: If (X<=>F) (P89)
    1: 5      X Loc [ diag ]
    2: 2      <>
    3: 61503  F
    4: 30     Then Do

11: Do (P86)
    1: 11     Set Flag 1 High

;Configuration du CSAT3 à 10 Hz.
;
12: SDM-CSAT3 (P107)
    1: 1      Repls
    2: 3      SDM Address
    3: 10     Set Execution Parameter
    4: 1      Ux Input Location [ Ux ]

13: End (P95)

14: End (P95)

15: End (P95)

16: End (P95)

; Chaque drapeau de diagnostic, qui est codé dans le mot de diagnostic (diag), est assigné à une entrée
(« Input Location »). Ces entrées; servent de drapeaux et prennent les un ou zéro.
;
17: Beginning of Subroutine (P85)
    1: 2      Subroutine 2

;Paramétrage des drapeaux à l'état bas (paramétrez chaque entrée de drapeaux « "flag's" input
location » = 0), avant d'enregistrer le numéro de l'échantillon, Not a Number (NaN), ou le drapeaux de
diagnostique qui sont activés.
;
18: Block Move (P54)
    1: 7      No. of Values
    2: 19     First Source Loc [ zero ]
    3: 1      Source Step
    4: 20     First Destination Loc [ smpls ]
    5: 1      Destination Step

19: If Flag/Port (P91)
    1: 19     Do if Flag 9 is High
    2: 30     Then Do

;Paramétrage du drapeau "NaN".
;
20: Z=F (P30)
    1: 1      F
    2: 0      Exponent of 10
    3: 21     Z Loc [ NaN csat ]

```

```

21: Else (P94)

;Paramétrage du drapeau "échantillon utilisés".

22: Z=F (P30)
    1: 1      F
    2: 0      Exponent of 10
    3: 20     Z Loc [ smpls ]

23: End (P95)

24: Z=X (P31)
    1: 5      X Loc [ diag ]
    2: 30     Z Loc [ diag_work ]

25: If (X<=>F) (P89)
    1: 30     X Loc [ diag_work ]
    2: 2      <>
    3: 61440  F
    4: 30     Then Do

26: If (X<=>F) (P89)
    1: 30     X Loc [ diag_work ]
    2: 1      =
    3: 61503  F
    4: 30     Then Do

;Paramétrage du drapeaux F03F (pas de données disponibles).
;
27: Z=F (P30)
    1: 1      F
    2: 0      Exponent of 10
    3: 26     Z Loc [ F03F_f ]

28: Else (P94)

;Paramétrage des drapeaux en position haute de la température delta (del_T_f), du suivi (track_f), de la
haute amplitude; amp_h_f), ou de la faible amplitude (amp_l_f) si le CSAT3 le rapporte.
;
29: Beginning of Loop (P87)
    1: 0      Delay
    2: 4      Loop Count

30: If (X<=>Y) (P88)
    1: 30     X Loc [ diag_work ]
    2: 3      >=
    3: 31 --  Y Loc [ _8000h ]
    4: 30     Then Do

31: Z=F (P30)
    1: 1      F
    2: 0      Exponent of 10
    3: 22 --  Z Loc [ del_T_f ]

32: Z=X-Y (P35)
    1: 30     X Loc [ diag_work ]
    2: 31 --  Y Loc [ _8000h ]
    3: 30     Z Loc [ diag_work ]

```

```

33: End (P95)
34: End (P95)
35: End (P95)
36: End (P95)
37: End (P95)
;Procédure de sortie des données du CSAT3.
;
38: Beginning of Subroutine (P85)
      1: 3      Subroutine 3
;Ajout de l'offset (theta) entre l'axe négatif x et le Nord.
;
39: Z=X+Y (P33)
      1: 14      X Loc [ cmpss_dir ]
      2: 35      Y Loc [ theta ]
      3: 14      Z Loc [ cmpss_dir ]
;Veuillez à ce que la direction du vent sur la boussole soit positive.
;
40: If (X<=>F) (P89)
      1: 14      X Loc [ cmpss_dir ]
      2: 4        <
      3: 0        F
      4: 30      Then Do
41: Z=X+F (P34)
      1: 14      X Loc [ cmpss_dir ]
      2: 360     F
      3: 14      Z Loc [ cmpss_dir ]
42: End (P95)
;Veuillez à ce que la direction du vent sur la boussole (cmpss_dir)soit comprise entre 0 et 360 degrés.
;
43: Z=X MOD F (P46)
      1: 14      X Loc [ cmpss_dir ]
      2: 360     F
      3: 14      Z Loc [ cmpss_dir ]
; Veuillez à ce que la direction du vent du CSAT3 ( csat_dir) soit comprise entre -180 et 180 degrés.
;
44: If (X<=>F) (P89)
      1: 17      X Loc [ csat_dir ]
      2: 3        >=
      3: 180     F
      4: 30      Then Do
45: Z=X+F (P34)
      1: 17      X Loc [ csat_dir ]
      2: -360    F
      3: 17      Z Loc [ csat_dir ]
46: End (P95)
47: End (P95)
End Program

```

```

-Input Locations-
1 Ux
2 Uy
3 Uz
4 Ts
5 diag
6 _____
7 _____
8 _____
9 Prop_E
10 Ux_copy
11 Prop_N
12 Uy_copy
13 wnd_spd_a
14 cmpss_dir
15 dir_std_a
16 wnd_spd_b
17 csat_dir
18 dir_std_b
19 zero
20 smpls
21 NaN_csat
22 del_T_f
23 track_f
24 amp_h_f
25 amp_l_f
26 F03F_f
27 _____
28 _____
29 _____
30 diag_work
31 _8000h
32 _4000h
33 _2000h
34 _1000h
35 theta
36 diag_abs
    
```

## 11.Maintenance / Entretien

Le CSAT3, comme les autres anémomètres à ultrasons, n'est pas en mesure de faire des mesures de vent lorsque des gouttelettes d'eau occultent complètement la face des transducteurs. Les mèches anti-pluie (« water wicks ») aident à éliminer une partie de l'eau, toutefois, sous certaines conditions elles ne sont pas suffisantes. Le CSAT3 sera prêt à mesurer le vent dès que les gouttelettes d'eau seront soit évaporées, soit retirées par l'exploitant de la station. Retirez les gouttelettes d'eau en tamponnant un coton-tige ou un tissu sur la face du transducteur.

### ATTENTION

**Tamponner légèrement la face des transducteurs pour éliminer les gouttelettes d'eau. L'application d'une force excessive sur la face du transducteur peut séparer la couche de caoutchouc du logement de laiton.**

Il n'y a pas de composant utilisable par l'utilisateur dans le CSAT3. La seule fois où le boîtier électronique doit être ouvert est pour changer l'adresse SDM.

## 11.1 Mèches anti-pluie (« water wicks »)

Le code intégré version 4 du CSAT3 et les mèches anti-pluie (« water wicks ») travaillent ensemble pour améliorer la performance du CSAT3 dans des conditions pluvieuses. Il appartient à l'exploitant de la station de décider si les mèches sont nécessaires ou non. Si elles ne le sont pas, retirez délicatement les mèches des transducteurs, en prenant soin de ne pas endommager la couche de caoutchouc du logement en laiton des transducteurs. Retirez la mèche au cours de l'hiver. Les mèches accumulent la neige ou la pluie verglaçante de telle sorte que la face du transducteur sera masquée.

Si les mèches doivent être installées de façon permanente sur le site, assurez-vous que les mèches sont situées au bon endroit. La mèche du haut doivent être au ras de la face du transducteur, avec la queue de mèche située au point le plus bas du capteur (figure 6 à gauche). La partie basse de la mèche du transducteur du bas doit s'étendre au-dessus de la face du transducteur d'une demi ou d'une de lignes entière de maillage (figure 6 droite). Fixez la mèche au transducteur avec une goutte de colle, par exemple de la Super glue.

Les mèches de remplacement du haut (PN: 010332) et du bas (PN: 010333) peuvent être achetées auprès de Campbell Scientific. Un jeu complet de mèches se compose de trois mèches du haut et de trois mèches du bas.

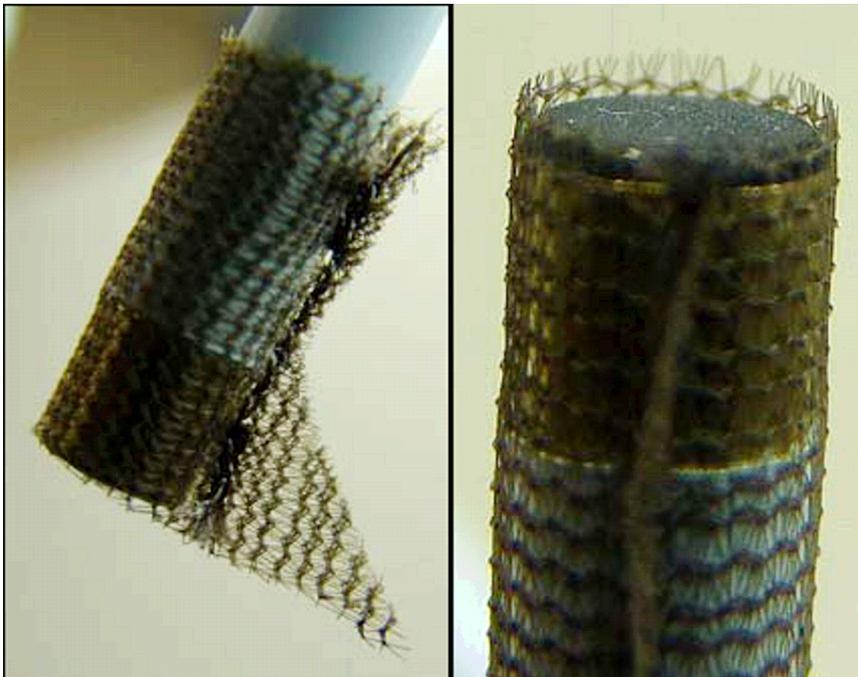


Figure 6. Bon emplacement de la mèche du haut (PN: 010332) et de la mèche du bas (PN: 010333)

### ATTENTION

Placer des mèches sur un CSAT3 fonctionnant avec un code intégré version 3 n'améliore pas la performance du CSAT3 sous la pluie. Les mèches évitent aux grosses gouttes d'eau d'occulter complètement les signaux sonores après accumulation sur les faces des transducteurs ; elles sont une partie intégrante d'une solution en deux parties pour l'utilisation dans des conditions pluvieuses. La deuxième partie est dans le traitement des signaux numériques du code intégré version 4.

## 11.2 Calibrage

Le CSAT3 est étalonné sur la plage de température de -30°C à +50°C (standard) ou -40°C à +40°C (décalé vers le froid (« cold shifted »)). Le CSAT3 peut ou non réaliser des mesures en dehors de la gamme de calibration. Les mesures prises en dehors de la gamme de calibration seront suspectes. Le CSAT3 n'exige aucune procédure d'étalonnage sur site.

### ATTENTION

**Le boîtier électronique du CSAT3 contient des informations uniques pour l'étalonnage de chaque tête de capteur. Ne pas déassembler la tête du CSAT3 de l'électronique. Cela se traduira par des mesures erronées de vent et de la vitesse du son.**

Si le CSAT3 nécessite un étalonnage, il développera un offset de vent supérieur à celui des spécifications, ou il paramètrera un drapeau de diagnostique, dans des conditions sèches avec peu ou pas de vent et sans obstruction des chemins ultra sonique. Les CSAT3 fonctionnant avec le code intégré version 4 développera premièrement un offset, puis éventuellement des drapeaux de diagnostique dans des conditions sèches. Les CSAT3 fonctionnant sous le code intégré version 3 développera un drapeau de diagnostique avant de développer un offset sur le vent.

### 11.2.1 Etalonnage pour les plages de mesures froides (« cold shifted »)

Un CSAT3 avec un étalonnage pour les plages de mesures froides est étalonné sur la température de -40°C à +40°C. Pour améliorer la résolution de la vitesse du son, le CSAT3 envoie la vitesse du son moins un offset à la centrale de mesure via l'interface SDM ou un PC via l'interface RS-232. Le système d'acquisition de données doit ajouter les offset pour déterminer la vitesse du son. Pour la plage de température standard l'offset est 340 m.s<sup>-1</sup>. Cet offset est ajouté par l'instruction CSAT3 () / SDM-CSAT3 (p107) Option 90, 91, 98 et 99. Pour l'étalonnage pour les plages de mesures froides, l'offset est de 337 m.s<sup>-1</sup>.

L'instruction standard de la centrale d'acquisition qui reporte soit la vitesse du son (c), options 90 ou 99, soit la température sonique (T<sub>s</sub>), options 91 ou 98, ne peut bien évidemment pas être utilisée avec un CSAT3 étalonné pour les plages froides. En effet, utilisez l'option 92 "Trigger and Get Wind & c-340" ou l'option 97 « Get Wind and c-340 Data after a group Trigger », puis ajouter 337 m.s<sup>-1</sup>. Pour obtenir T<sub>s</sub>, utilisez l'équation 9 de l'annexe C.

### 11.2.2 Test pour l'offset de vent

Pour tester l'offset de vent sur un CSAT3, créez un environnement où il n'y a pas de vent. Il est difficile de le faire sur le terrain, donc il est préférable de collecter les données d'offset de vent dans un bureau ou au laboratoire. Un environnement sans vent peut être créé avec des sacs poubelle.

Mettez la tête du capteur en place en utilisant le support de montage horizontal ou en suspendant le capteur par le bras où les bras supérieurs et inférieurs du CSAT3 se rejoignent. N'appuyez pas sur les transducteurs et ne laissez pas le CSAT3 reposé sur ceux-ci.

Couvrir la tête du CSAT3 avec un sac poubelle. Fermer le sac poubelle afin d'éviter que l'air n'entre et ne sorte. Assurez vous que le sac ne fasse pas obstruction au chemin d'onde entre les transducteurs du CSAT3.

Connectez les câbles d'alimentation du CSAT3 à une alimentation 12 VDC. Connectez le port RS-232 du CSAT3 vers le port RS-232 du PC en utilisant le câble RS-232 livré avec le CSAT3. Ce câble était situé à l'origine sous la partie de mousse circulaire coupée, dans la caisse du CSAT3.

Démarrez le logiciel de support PC pour CSAT3 (CSAT32.EXE) pour mettre en place les communications entre le PC et le CSAT3. Une copie de ce logiciel est disponible sur le site Internet de Campbell Scientific, dans la rubrique Support | Download. Si les communications sont établies avec succès, la fenêtre de « Statut » renverra « bonnes données » (« Good Data »). Pour éviter des mesures erronées dues aux réflexions des ultrasons dans le sac en plastique, sélectionnez une fréquence de mesure de 1 Hz (figure 7).

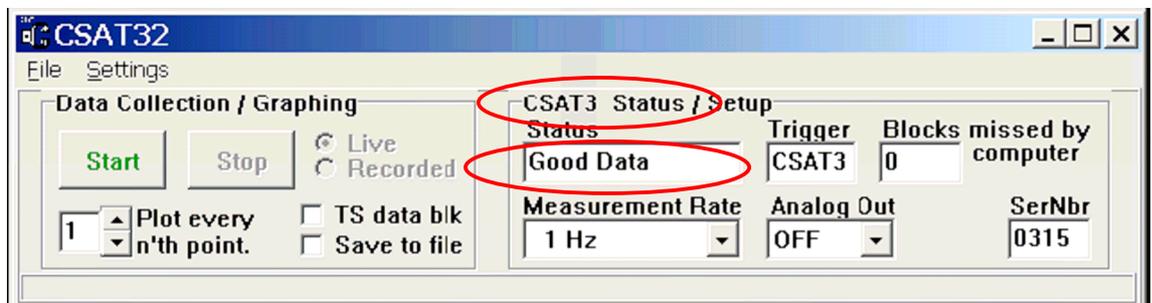


Figure 7. CSAT3 fonctionnant à 1 Hz et avec une communication établie avec succès

Double-cliquez sur l'axe vertical et configurez le comme le montre la figure 8. Ensuite, double-cliquez sur l'étiquette de l'axe vertical et configurez la avec 2 chiffres significatifs (figure 9).

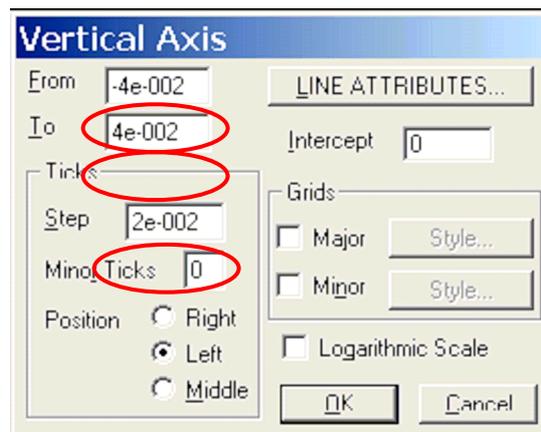


Figure 8. Réglages recommandés pour l'axe vertical du vent

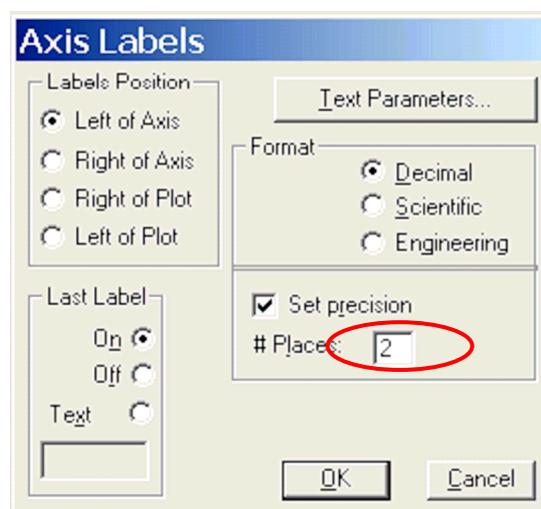


Figure 9. Réglages recommandés pour les étiquettes de l'axe vertical du vent

Collectez et tracez 1 minute de données de vent du CSAT3 pendant qu'il est dans un environnement sans vent (figure 10). L'offset de vent devrait être inférieur à  $\pm 4 \text{ cm s}^{-1}$  ( $0,04 \text{ m.s}^{-1}$ ) pour  $u_x$  et  $u_y$ , et moins de  $\pm 2 \text{ cm.s}^{-1}$  ( $0,02 \text{ m.s}^{-1}$ ) pour  $u_z$ . Si l'offset de vent du CSAT3 est supérieur à ces spécifications, contacter Campbell Scientific pour un numéro RMA pour recalibrer le CSAT3. A noter que la capteur devra être retourné aux U.S.A. pour tout réétalonnage.

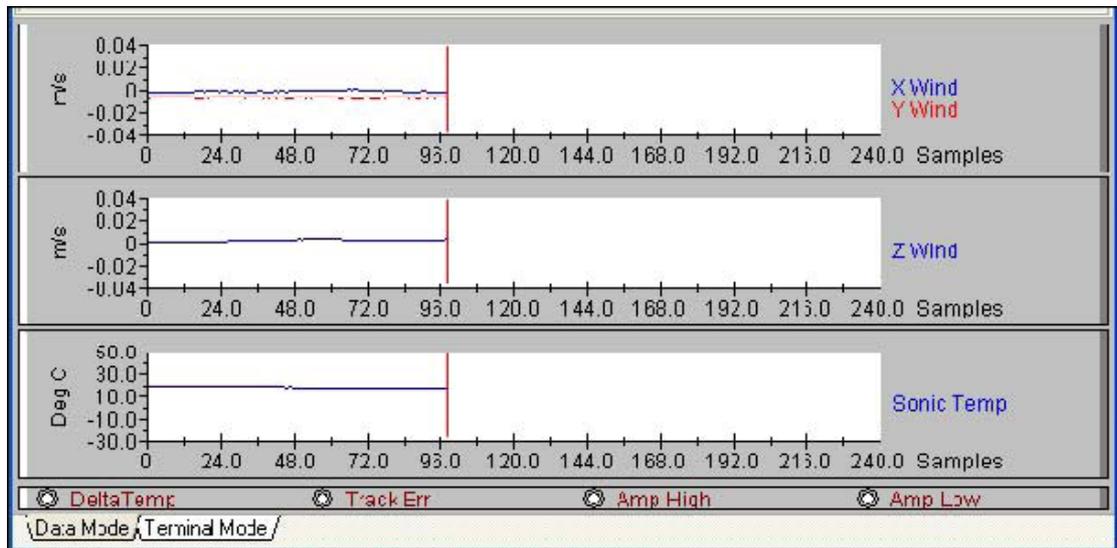


Figure 10. Données de vent du CSAT3 s/n 315; Offset de Vent dans les spécifications à 19°C.

## 12. Commandes secrètes sélectionnées

Une variété de commandes secrètes (« Backdoors Commands ») du support du CSAT3 sont utilisées pour configurer le CSAT3 pour un système de collecte de données en RS-232.

Connectez le CSAT3 à un PC en utilisant le câble série RS-232 qui a été livré avec le CSAT3. Connectez l'alimentation 12 VDC au CSAT3 en utilisant la câble SDM/Power. Démarrez logiciel de support PC pour CSAT3 (CSAT32.EXE). Si le CSAT3 et le PC communiquent avec succès, le fenêtre "Statut" reporte le message «Bonnes données » (« Good Data »). Pour accéder au Long Messages d'Etat (« Long Status Message »), placez le CSAT3 en mode terminal en cliquant sur l'onglet "Mode Terminal" (« Terminal Mode ») du logiciel de support. Le CSAT3 répondra rapidement ">". Si vous utilisez un autre logiciel de télécommunication, vous devrez taper "T" pour entrer dans le mode terminal et le "D" pour revenir au mode de fonctionnement normal (mode de données).

### NOTE

Les commandes secrètes ne seront pas acceptées par le CSAT3 s'il communique avec une centrale de mesure Campbell Scientific via SDM. On devra tout d'abord terminer les communications SDM en arrêtant le programme, en coupant l'alimentation de la centrale d'acquisition de données, ou en déconnectant le fil brun SDM de la centrale de mesure.

Si le CSAT3 accepte avec succès et exécute la commande, il répondra avec le ">" rapidement. Si une commande non valide est envoyée au CSAT3, il répondra "?" rapidement. Toutes les commandes émises vers le CSAT3 doivent être suivies par <entrée>.

"??" - Long message d'Etat (« Long Statut Message »), la commande " ??" demande au CSAT3 l'envoi du Long message d'Etat (« Long Statut Message »). Ce message contient la configuration actuelle du CSAT3. Une grande partie de cette information est utilisée par le personnel de Campbell Scientific lors de l'étalonnage, cependant les informations soulignées ci-dessous peuvent être utiles à certains utilisateurs du CSAT3.

Après avoir reçu le "??", le CSAT3 répondra avec un texte similaire à celui ci-dessous pour les CSAT3 fonctionnant avec un code intégré version 3 ou moins,

```
ET= 10 ts=i XD=d GN=111a TK=1 UP=5 FK=0 RN=1 IT=1 DR=102 rx=2 fx=038 BX=0
AH=1 AT=0 RS=0 BR=0 RI=0 GO=00000 HA=0 6X=3 3X=2 PD=2 SD=0 ?d sa=1 WM=o
ar=0 ZZ=0 DC=6 ELo=021 021 021 ELb=021 021 021 TNo=dbb d TNb=ccc JD= 007
C0o=-2-2-2 C0b=-2-2-2 RC=0 tlo=9 9 9 tlb=9 9 9 DTR=01740 CA=0 TD=
duty=026 AQ= 10 AC=1 CD=0 SR=1 UX=0 MX=0 DTU=02320 DTC=01160 RD=o ss=1
XP=2 RF=018 DS=007 SN0315 06aug01 HF=005 JC=3 CB=3 MD=5 DF=05000 RNA=1 rev
3.0a cs=22486 &=0 os=
```

ou le texte ci-dessous pour les CSAT3 fonctionnant avec un code intégré version 4 ou plus,

```
SN0315 02mar04 rev 4.0s &=0 AC=1 AF=050 AH=1 AO=00300 ar=0 AQ= 20 BR=0
BX=0
CF=1 C0o= 0 0 0 C0b= 0 0 0 CA=1 CD=0 cs=25417 DC=8 dl=015 DM=c DR=03465
duty=048 DT=16240 ET= 20 FA=00050 FL=007 FX=038 GN=121a GO=00000 HA=0
HG=01560 HH=02700 KT=0 LG=00832 LH=00100 MA=-020 MS=-010 MX=0 ND=1 NI=2
ns=00223 OR=1 os=0 PD=2 RA=00020 RC=0 RF=00900 RH=015 RI=0 RS=0 RX=002
SD=0 SL=035 SR=1 ss=1 T0123=1000 TD=a TF=02600 02600 02600 TK=1 TO= 0 0 0
TP=t ts=i UX=0 WM=o WR=006 XD=d xp=2 XX=00875 ZZ=0.
```

Où,

RS=n-code de synchronisation RS-232 (« RS-232 Synchronization code »), n = 0 signifie que le CSAT3 n'envoie pas le code de synchronisation et n = 1 signifie que le CSAT3 enverra le code de synchronisation à la fin des 10-bits de la sortie RS-232;

BR=n-débit de transmission (« Baud rate »), n = 0 correspond à 9600 bps et n = 1 à 19200 bps;

RI=n-Rts indépendants (« Rts Independent »), n = 0 signifie alimentation des pilotes (« drivers ») RS-232 si line RTS sont activées et n = 1 signifie alimentation en continue des pilotes (« drivers ») RS-232;

SNnnnn - Numéro de série du fichier d'étalonnage stocké dans l'EEPROM, nnnn est le numéro de série du CSAT3 ;

ddmmmyy - Date à laquelle le fichier d'étalonnage fichier a été créé, jj est le jour, mmm le mois, et aa l'année; rev n.nn - Version et révision du code intégré, n.nn est la version et le numéro de révision, par exemple 3.0a.

"?d" – Sortie du résumé des diagnostics.

"sd n" - Activer ou désactiver le mode de calcul du résumé de diagnostics, où n = 0 signifie ne pas éditer le tableau de résumé de diagnostic et n = 1 signifie effacer le résumé de diagnostic et de commencer une nouvelle tabulation.

"rs n" - Basculer entre les deux envois du code de synchronisation RS-232, où n = 0 signifie de ne pas envoyer le code de synchronisation RS-232 et n = 1 signifie d'envoyer le code de synchronisation RS-232 (AA55 hex) à la fin de chaque 10-bits de sortie RS-232. Comme pour les environnements DOS, le bit le moins significatif (55 hex) des deux bits du mot, est transféré en premier.

"br n" - Basculer la vitesse de transmission entre 9600 et 19200, où n = 0 est 9600 et n = 1 est 19200. A noter que, le débit n'est pas modifié tant que la ligne RTS est activée ; il faut terminer la communication RS232 pour que la modification soit prise en compte. Le débit ne peut pas être changé si RI = 1 (alimentation continue des pilotes (« drivers ») RS-232). Vérifiez le paramétrage de RI dans les longs messages d'Etat (« Long Status Message »).

"ri n" – Basculer en Rts indépendants (« Rts independent »), où n = 0 signifie alimenter les pilotes (« drivers ») RS-232 lorsque Rts est activé et n = 1 signifie alimenter en continu les pilotes (« drivers ») RS-232. Toujours alimenter les pilotes (« drivers ») RS-232 permet d'utiliser des modem courtes distances entre le CSAT3 et le PC.

**"sr2718"** - Sauver ce qui est contenu dans la RAM, avec les paramètres d'étalonnage modifiés, vers l'EEPROM non volatile. La commande n'est pas prise en compte si le cavalier (« jumper ») est mis à son emplacement normal (broches du centre et à droite). Pour changer le cavalier de position et le mettre en mode EEPROM, suivez les étapes ci-dessous.

Supprimez tous les connecteurs externes du boîtier électronique du CSAT3. Placez le boîtier électronique sur un établi en face de vous. Orientez le boîtier électronique de telle sorte que les connecteurs soient dirigés vers votre corps et pour que la sérigraphie, sur le couvercle du boîtier électronique du CSAT3, soit dirigés vers le plafond. Ces instructions permettent de référencer l'emplacement des divers éléments du haut, du bas, de gauche et de droite. Le logo de Campbell Scientific est dans le coin supérieur gauche du couvercle du boîtier électronique.

Desserrez les quatre vis de maintien du couvercle du boîtier électronique avec le grand tournevis cruciforme Philips. Retirez le couvercle du boîtier électronique afin d'accéder à la carte de circuit imprimé.

Localisez la surface de prise du processeur du CSAT3 sur l'unité centrale. Le processeur est une grande puce située près du centre de la carte de circuit imprimé. L'étiquette sur le processeur aura le logo Campbell Scientific, ainsi que le numéro de version du code intégré.

Repérez la ligne de trois broches en dessus et un peu à gauche du processeur. Ces broches vont de gauche à droite et il y a un cavalier mobile reliant la broche du centre et celle de droite.

Note : Assurez-vous de repositionner le cavalier sur sa position normale de fonctionnement, entre les broches du centre et de droite.

Lorsque le cavalier est avec les broches au centre et à droite, le CSAT3 est dans son mode normal de fonctionnement. Lorsque le cavalier se trouve sur les broches de gauche et du centre, le CSAT3 est dans le mode de sauvegarde vers l'EEPROM.

# Annexe A Orientation du CSAT3

## A.1 Détermination du Nord vrai et de l'orientation du capteur

L'orientation du CSAT3 sur la partie négative de l'axe x est obtenue par la lecture d'une boussole magnétique et en appliquant les corrections spécifiques au site de la déclinaison magnétique, où la déclinaison magnétique est le nombre de degrés entre le Nord vrai et le Nord magnétique. La déclinaison magnétique d'un site spécifique peut être obtenue à partir d'une carte USGS, d'un aéroport local, ou par l'intermédiaire d'une calculatrice NOAA Internet (Chapitre A.2). Une carte générale indiquant la déclinaison magnétique pour les États-Unis 2004 est illustrée en figure A-1.

### Magnetic Declination for the U.S. 2004

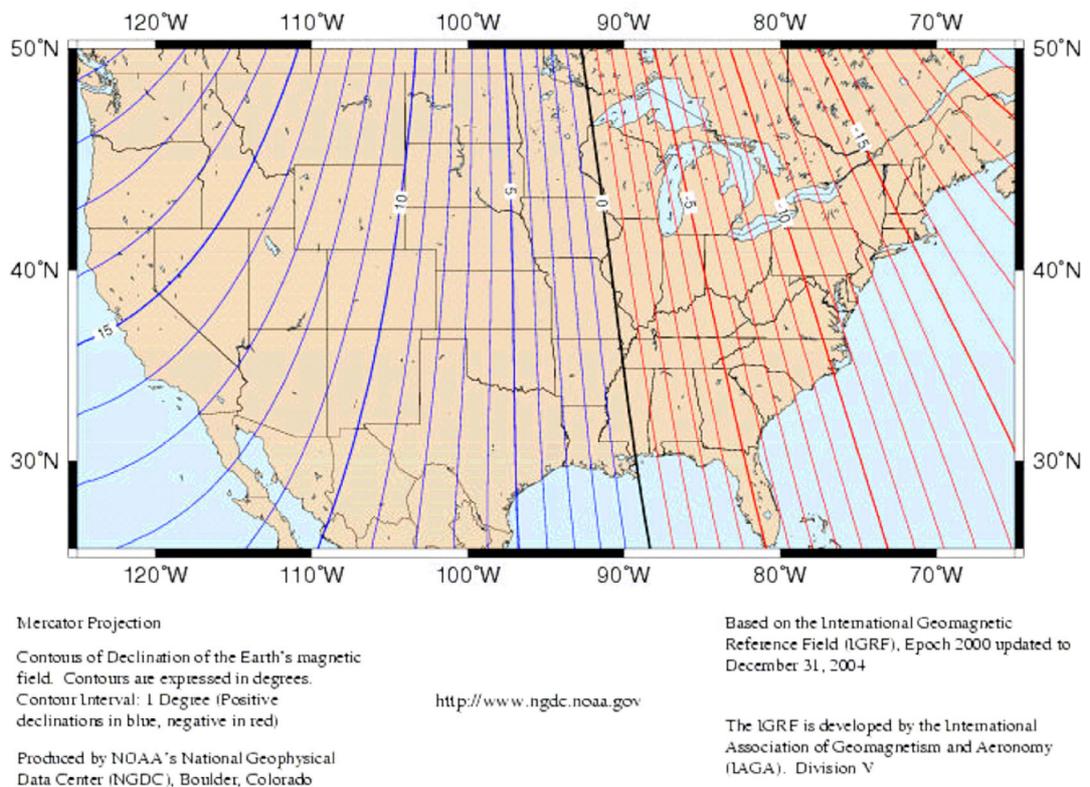
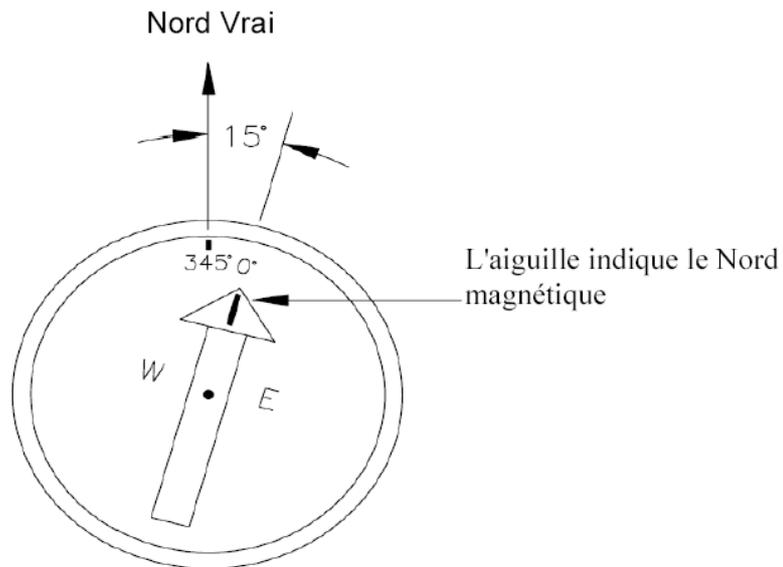
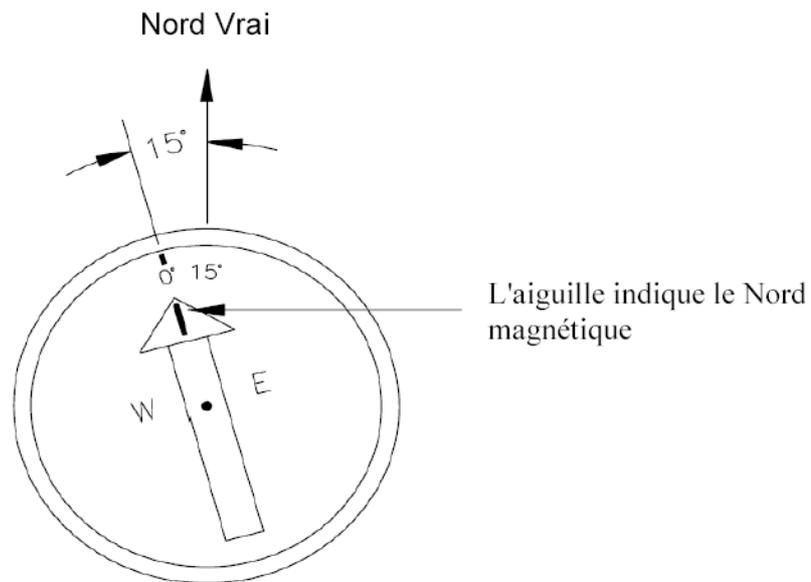


Figure A-1. Déclinaison magnétique pour les États Unis (2004)

Les angles de déclinaison sont toujours à soustraire de la valeur lue sur la boussole pour trouver le Nord vrai. Un angle de déclinaison vers l'Est par rapport au Nord vrai est considéré comme une valeur positive et est soustrait de 360 (0) degrés afin de trouver le Nord vrai comme le montre la figure A-2. Un angle de déclinaison vers l'Ouest par rapport au Nord vrai est considéré comme une valeur négative et est également soustrait de 0 (360) degrés afin de trouver le Nord vrai comme le montre la figure A-3. Notez que lorsque un nombre négatif est soustrait d'un nombre positif, le résultat de l'opération arithmétique est un plus. Par exemple, la déclinaison de Longmont, CO (10 Juin 2006) est 9,67°, ce qui signifie que le Nord vrai est à  $360^{\circ}-9,67^{\circ}$  soit  $350,33^{\circ}$ , comme ce qui est relevé sur la boussole. De même, la déclinaison de Mc Henry, IL (10 Juin 2006) est -2,68°, et le Nord vrai est à  $0^{\circ}-(-2,68^{\circ})$  soit  $2,68^{\circ}$ , comme relevé sur la boussole.



**Figure A-2. Un angle de déclinaison vers l'Est par rapport au Nord vrai (positif) est soustrait de 360 (0) pour trouver le Nord vrai**



**Figure A-3. Un angle de déclinaison vers l'Ouest par rapport au Nord vrai (négatif) est soustrait de 0 (360) pour trouver le Nord vrai**

## A.2 Calculateur de déclinaison magnétique en ligne

Le calculateur de déclinaison magnétique Internet publié par le Centre de données Géophysique de NOAA (NOEE's Geophysical Data Center) est disponible à l'adresse suivante :

<http://www.ngdc.noaa.gov/geomagmodels/Declination.jsp>. Après le chargement de la page Internet, entrez le code postal du site, ou la longitude et la latitude, puis cliquez sur le bouton « Calculer la déclinaison » (« Compute Declinaison ») (figure A-4).

NOAA's Geophysical Data Center - Geomagnetic Data - Mozilla Firefox

File Edit View Go Bookmarks Tools Help

http://www.ngdc.noaa.gov/seg/geomag/jsp/struts/calcDeclination

Getting Started Latest Headlines

National Geophysical Data Center (NGDC)  
NOAA Satellite and Information Service

search NGDC

Data Declination FAQ SPIDR Geomagnetism home Models & Software Space Weather WMM Web Links

NOAA > NESDIS > NGDC > Geomagnetism

**Estimated Value of Magnetic Declination**

To compute the magnetic declination, you must enter the location and date of interest.

If you are unsure about your city's latitude and longitude, look it up online! In the USA try entering your zip code in the box below or visit the [U.S. Gazetteer](#). Outside the USA try the [Getty Thesaurus](#).

Search for a place in the USA by Zip Code:

Enter Location: (latitude 90S to 90N, longitude 180W to 180E). See [Instructions](#) for details.

Latitude:   N  S Longitude:   E  W

Enter Date (1900-2010): Year:  Month (1-12):  Day (1-31):

Declination = 9° 40' E changing by 0° 8' W/year

For more information, visit:  
Answers to some [frequently asked questions](#) | [Instructions](#) for use | [Today's Space Weather](#)

NOAA > NESDIS > NGDC > Geomagnetism

questions: [Susan.McLean@noaa.gov](mailto:Susan.McLean@noaa.gov)

Done

**Figure A-4. Le calculateur de déclinaison magnétique Internet avec entrées et sorties de Longmont, CO**

La déclinaison de Longmont, CO est de 9,67 degrés (10 Juin 2006). Comme le montre la figure A-4, la déclinaison pour le Colorado est positif (à l'est du nord), donc le Nord vrai de ce site est de  $360 - 9,67$ , soit 350,33 degrés. La variation annuelle est -8 minutes / an ou 8 minutes à l'ouest par an.



# Annexe B. Communications série avec le CSAT3

## B.1 Commandes RS-232 du CSAT3

Le CSAT3 alimente ses pilotes (« drivers ») RS-232 quand il détecte que la ligne RTS (demande d'envoyer « Request to send ») a été activée par le PC. Toutes les communications RS-232 commencent avec l'activation par le PC de la ligne RTS, le CSAT3 répond en activant le CTS (Prêt à envoyer « clear to send »). Le PC doit garder la ligne RTS activée aussi longtemps qu'il est en communication avec le CSAT3.

Les communications RS-422 et les modem courtes distances n'incluent pas un signal RTS. Les pilotes (« drivers ») RS-232 du CSAT3 doivent être activés par un logiciel de paramétrage dans le CSAT3. Ce paramétrage alimentera en continu les pilotes (« drivers ») RS-232, indépendamment de la ligne RTS.

Le mode de sortie non spontané (tableau B-1) complique le logiciel de traitement des données de l'anémomètre, parce que le format de sortie original ne contient aucun modèle fixe pour délimiter les enregistrements de sortie à 10 octets du CSAT3. Pour configurer le CSAT3 avec des enregistrements de sortie à 12 octets, avec les deux derniers octets qui sont un modèle fixé à « AA55 hex », envoyez un «rs n », où n = 0 (par défaut) signifie pas de code de synchronisation et n = 1 signifie envoyer un code de synchronisation, au CSAT3. Comme il est d'usage dans un environnement DOS, 55 hex est transmis en premier suivi par AA hex. Cette configuration sera perdue si l'alimentation du CSAT est cyclique. Pour enregistrer cette configuration dans la mémoire non volatile, taper la commande "sr2718" (voir chapitre 13).

Il existe neuf commandes qui peuvent être envoyées au CSAT3 avec l'interface RS-232. Ces commandes sont décrites ci-dessous. Avant de continuer, lisez le chapitre qui décrit le déclenchement du CSAT3 (Chapitre 8).

Tableau B-1. Codes de commande RS-232

Commande	Déclenchement avant la commande	Description	Déclenchement après la commande
&	Horloge du PC ou du CSAT3	Mode de sortie des données non spontané. Envoi des données et réalisation des mesures à l'intervalle indiqué par la commande An.	Horloge du CSAT3
P <sup>1</sup>	Horloge du PC ou du CSAT3	Envoi de l'état de la communication RS-232 (tableau B-9) et déclenchement instantané de la prochaine mesure	PC <sup>2</sup>
U <sup>1</sup>	Horloge du PC ou du CSAT3	Envoi des données de vent et déclenchement instantané de la prochaine mesure.	PC <sup>2</sup>
S	Horloge du PC ou du CSAT3	Envoi de l'état de la communication RS-232 (tableau B-9). La prochaine mesure sera synchronisée avec l'horloge du CSAT3.	Horloge du CSAT3
W	Horloge du PC ou du CSAT3	Envoi des données de vent. La prochaine mesure sera synchronisée avec l'horloge du CSAT3.	Horloge du CSAT3
A(1..e) <sup>1,3,4</sup>	Horloge du PC ou du CSAT3	Début de l'acquisition des signaux synchronisés avec cette commande.	Inchangé
O	Horloge du PC, du SDM ou du CSAT3	Désactivation des sorties analogiques synchronisées avec le prochain déclenchement.	Inchangé
L	Horloge du PC, du SDM ou du CSAT3	Activation des sorties analogiques avec $\pm 32$ m.s-1 d'étendue de mesure complète, synchronisée avec le prochain déclenchement.	Inchangé
H	Horloge du PC, du SDM ou du CSAT3	Activation des sorties analogiques avec $\pm 64$ m.s-1 d'étendue de mesure complète, synchronisée avec le prochain déclenchement.	Inchangé

1 Le CSAT3 ignorera cette commande si la centrale de mesure (SDM) déclenche l'anémomètre.

2 Lorsque le PC prend en charge le déclenchement, il doit continuer à déclencher le CSAT3 à l'intervalle prévu dans les paramètres d'exécution (An). Si le CSAT3 ne reçoit pas de signal de déclenchement pendant trois secondes, il entrera dans l'état « Perte de déclenchement » (« Lost Trigger »). Les paramètres d'exécution (An) devront être publiés pour que l'anémomètre puisse sortir du mode « Perte de déclenchement » (« Lost Trigger »).

3 Commande pour l'acquisition du signal.

An	Paramètre d'exécution	An	Paramètre d'exécution
A1	Non utilisé	A9	10 Hz
A2	1Hz	Aa	12 Hz
A3	Non utilisé	Ab	15 Hz
A4	Non utilisé	Ac	20 Hz
A5	2 Hz	Ad	30 Hz
A6	3 Hz	Ae	60 Hz
A7	5 Hz	Ag	60 Hz → 10 Hz
A8	6 Hz	Ah	60 Hz → 20 Hz

4 Le PC doit envoyer le second octet de cette commande (2..e) dans un délai de deux secondes après le premier octet sinon l'anémomètre se réinitialiser lui-même. Il acquerra ensuite le signal en utilisant les paramètres d'exécution de sa mémoire statique.

Les diagrammes de Nassi-Shneiderman sont donnés dans les figures B-1 et B-2 pour collecter les données en utilisant un PC et le port RS-232. Dans la figure B-1, le PC est la source de déclenchement et le système d'acquisition des données. Dans la figure B-2, l'anémomètre est déclenché par son horloge interne et un PC est le système d'acquisition des données. Utilisez la logique de la figure B-1 lorsque le CSAT3 réalise des mesures avec d'autres signaux analogiques/ numériques.

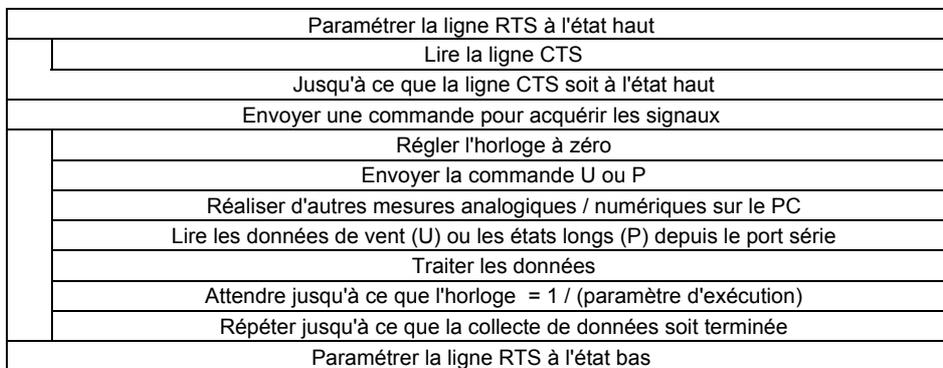


Figure B-1. Le PC est la source de déclenchement

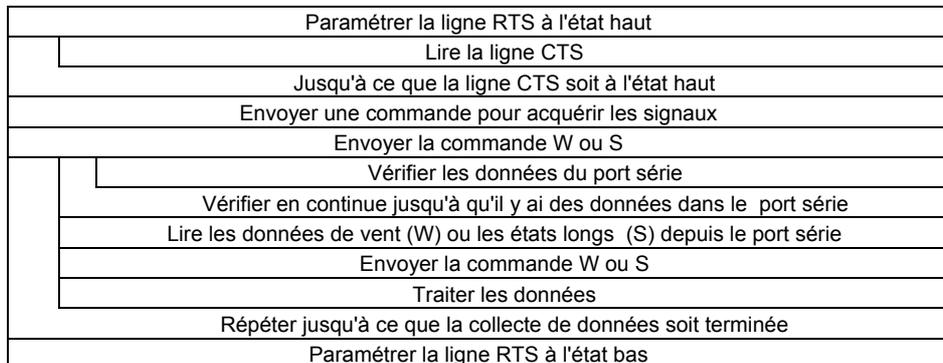


Figure B-2. Le CSAT3 est la source de déclenchement

## B.2 Format de sortie de données binaires du CSAT3

Cinq mots sont envoyés par la sortie RS-232 du CSAT3. Les mots de 0 à 3 sont des entiers de 16 bits signés et le mot 4 est un entier de 16 bits non signé. Les cinq mots sont envoyés en commençant par le mot 0 et en terminant par le mot 4. Une description de chaque mot est donnée dans le tableau B-2.

Tableau B-2. Sorties RS-232								
Mot 0	Mot 1	Mot 2	Mot 3	Mot 4				
b15-b0	b15-b0	b15-b0	b15-b0	b15 b14 b13 b12	b11 b10	b09 b08	b07 b06	b05 -b0
Vent $u_x$	Vent $u_y$	Vent $u_z$	c	Drapeaux de diagnostic	Etendue de $u_x$	Etendue de $u_y$	Etendue de $u_z$	Compteur

## B.3 Mot de 0 à 3

Les vitesses de vent  $u_x$ ,  $u_y$  et  $u_z$  sont reportées sur l'une des quatre étendues différentes. Ces étendues sont données par les bits b11 à b06 dans le mot 4. Pour décoder la vitesse du vent, regarder dans un premier temps le code de l'étendue de la vitesse du vent, puis dans un second temps décidez les données avec les équations qui figurent dans les tableaux B-3 à B-6. Les données des mots 0 à 3 doivent d'abord être convertis en base 10 avant l'application des équations des tableaux B-3 à B-6.

Tableau B-3. Conversion du vent $u_x$ à partir du mot 0				
Etendue	Code d'étendue du mot 4		Conversion	Résolution de sortie (mm.s <sup>-1</sup> )
	b11	b10		
0	1	1	vent $u_x$ (m.s <sup>-1</sup> ) = mot 0 * 0,001 * 0,25	0,25
1	1	0	vent $u_x$ (m.s <sup>-1</sup> ) = mot 0 * 0,001 * 0,50	0,50
2	0	1	vent $u_x$ (m.s <sup>-1</sup> ) = mot 0 * 0,001 * 1,00	1,00
3	0	0	vent $u_x$ (m.s <sup>-1</sup> ) = mot 0 * 0,001 * 2,00	2,00

Tableau B-4. Conversion du vent $u_x$ à partir du mot 1				
Etendue	Code d'étendue du mot 4		Conversion	Résolution de sortie (mm.s <sup>-1</sup> )
	b09	b08		
0	1	1	vent $u_x$ (m.s <sup>-1</sup> ) = mot 1 * 0,001 * 0,25	0,25
1	1	0	vent $u_x$ (m.s <sup>-1</sup> ) = mot 1 * 0,001 * 0,50	0,50
2	0	1	vent $u_x$ (m.s <sup>-1</sup> ) = mot 1 * 0,001 * 1,00	1,00
3	0	0	vent $u_x$ (m.s <sup>-1</sup> ) = mot 1 * 0,001 * 2,00	2,00

Tableau B-5. Conversion du vent $u_x$ à partir du mot 2				
Etendue	Code d'étendue du mot 4		Conversion	Résolution de sortie (mm.s <sup>-1</sup> )
	b07	b06		
0	1	1	vent $u_x$ (m.s <sup>-1</sup> ) = mot 2 * 0.001 *	0.25
1	1	0	vent $u_x$ (m.s <sup>-1</sup> ) = mot 2 * 0.001 *	0.50
2	0	1	vent $u_x$ (m.s <sup>-1</sup> ) = mot 2 * 0.001 *	1.00
3	0	0	vent $u_x$ (m.s <sup>-1</sup> ) = mot 2 * 0.001 *	2.00

La vitesse du son donnée par le CSAT3 est la moyenne entre les trois chemins sonores. La relation pour trouver la vitesse du son est donnée dans le tableau B-6. le mot 3 doit être converti en base 10 avant l'application de l'équation.

Tableau B-6. Conversion de la vitesse du son à partir du mot 3		
Conversion	Résolution de sortie	
	(mm.s <sup>-1</sup> )	(°C @ 25°C)
Vitesse du son (m.s <sup>-1</sup> ) = mot3 * 0,001 + 340,0	1	0,0017

## B.4 Mot 4

Le mot 4 contient des informations de diagnostic et un rapport des étendues des vitesses de vent  $u_x$ ,  $u_y$  et  $u_z$ . Les drapeaux de diagnostic, bits b15 à b12, décrivent l'état de l'anémomètre (tableau B-7). Un drapeau est activé si le bit est position haute. Tous les drapeaux sont en position haute tant que l'anémomètre est en cours d'acquisition de signaux ou s'il est en « état de perte de déclencher » (« Lost Trigger State ») (tableau B-8).

Tableau B-7. Décodage des drapeaux de diagnostic à partir du mot 4		
Bit paramétré à l'état haut	Description	Commentaire
b15	La différence de vitesse du son entre les trois axes non-orthogonaux est supérieure à 2,360m.s <sup>-1</sup> (~4°C @ 25°C)	Les longueurs de chemin parcourus par les ultrasons ont peut être été modifiés ou la tête de l'anémomètre est cassée
b14	Signal de localisation faible	Il y a peut être un obstacle dans les chemins de parcours de l'anémomètre ou sur les faces des transducteurs
b13	Amplitude du signal sonique trop élevée	Une obstruction, sur les chemins de parcours de l'anémomètre ou sur les faces des transducteurs, a été retirée.
b12	Amplitude du signal sonique trop faible	Il y a peut être un obstacle dans les chemins de parcours de l'anémomètre ou sur les faces des transducteurs

Les bits b11 à b06 sont utilisés pour déterminer les étendues de vitesse du vent reportées dans les mots de 0 à 2.

Les bits b05 à b00 sont un compteur de diagnostic. Ce compteur s'incrémente de un par mesure. La valeur minimale est 0 et le maximum est 63. Le compteur repasse de la valeur 63 à 0 lorsque la valeur maximale est incrémentée de un.

Tableau B-8. Cas spéciaux de « Not a Number » (NaN)										
Conditions de Not a Number	Mot 0		Mot 1		Mot 2		Mot 3		Mot 4	
	hex	base 10								
Non disponible	8000	-32768	8000	-32768	8000	-32768	8000	-32768	F03F	61503,00
Perte de déclenchement	8000	-32768	8000	-32768	8000	-32768	8000	-32768	F000	61440,00

## B.5 Format des états RS-232 du CSAT3

Le CSAT3 envoie un état de 10 octets en ASCII 10 en réponse à une commande "S" ou "P". Cet état donne des informations sur la source de déclenchement du CSAT3 et sur les paramètres d'exécution. Il indique également si les sorties analogiques sont actives/inactives, si le CSAT3 reporte de bonnes données et donne aussi le numéro de série du CSAT3. Ce numéro de série correspond à celui sur la tête de l'anémomètre et du boîtier électronique.

Tableau B-9. Etats RS-232, Réponses aux commandes S ou P				
Octets	Description	Valeur		
0	Source de déclenchement	0 = Horloge du CSAT3	1 = PC	2 = SDM
1	Paramètres d'exécution	Voir Tableau B-1		
2	Etendue analogique	0 = Off	1 = $\pm 32 \text{ m.s}^{-1}$	2 = $\pm 64 \text{ m.s}^{-1}$
3	Etat des données	0 = Bonnes données	1 = Acquisition du signal	2 = Perte de déclenchement
4	Mode terminal	D = mode normal	T = Mode CSI	
5-8	Numéro de série du CSAT3			
9	P ou U	P = Spontané	U = Non spontané	



# Annexe C. Théorie des mesures du CSAT3

## C.1 Théorie de fonctionnement

### C.1.1 Vitesse du vent

Chaque paire de transducteurs du CSAT3 envoie deux impulsions ultrasoniques de direction opposée. Le temps de vol  $t_o$  pour le premier signal (allé) est donné par :

$$t_o = \frac{d}{c + u_a} \quad (1)$$

et  $t_b$  le temps de vol du second signal (retour) est donné par :

$$t_b = \frac{d}{c - u_a} \quad (2)$$

où  $t_o$  est le temps de vol « allé » le long de l'axe du transducteur,  $t_b$  le temps de vol retour du second signal, dans la direction opposée,  $u_a$  est la vitesse du vent le long de l'axe des transducteurs,  $d$  est la distance entre les transducteurs et  $c$  est la vitesse de son.

La vitesse du vent,  $u_a$ , le long de n'importe quel axe peut être trouvée en inversant les relations précédentes, puis en soustrayant l'Eq. (2) de l'Eq (1) et en on résout  $u_a$ .

$$u_a = \frac{d}{2} \left[ \frac{1}{t_o} - \frac{1}{t_b} \right] \quad (3)$$

La vitesse du vent est mesurée selon les trois axes non orthogonaux pour donner  $u_a$ ,  $u_b$  et  $u_c$ , où les indices a,b et c se réfèrent aux trois axes soniques non orthogonaux.

Les composantes non orthogonales de vitesse de vent sont transformées en composantes orthogonales de vitesse de vent,  $u_x$ ,  $u_y$  et  $u_z$  comme expliqué ci-dessous :

$$\begin{bmatrix} u_x \\ u_y \\ u_z \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} u_a \\ u_b \\ u_c \end{bmatrix} \quad (4)$$

où A est une matrice (3\*3) de transformation de coordonnées, qui est unique pour chaque CSAT3, stockée dans sa mémoire ROM.

### C.1.2 Température

La vitesse du son déterminée via le capteur sonique peut être trouvée à partir de la somme des inverses des Eq. (1) et (2). Le CSAT3 corrige directement l'effet du vent soufflant perpendiculairement à la trajectoire sonore. Aucune autre correction postérieure à l'acquisition n'est nécessaire, comme l'a suggéré par Liu et al., 2001.

$$c = \frac{d}{2} \left[ \frac{1}{t_o} + \frac{1}{t_b} \right] \quad (5)$$

La vitesse du son dans l'air humide est fonction de la température et de l'humidité et est donnée par:

$$c^2 = \frac{\gamma P}{\rho} = \gamma R_d T_v = \gamma R_d T(1 + 0,61q) \quad (6)$$

où  $\gamma$  est le rapport de chaleur spécifique de l'air humide à pression constante et sur celui à volume constant,  $P$  est la pression,  $\rho$  est la densité de l'air,  $R_d$  est la constante des gaz pour l'air sec,  $T_v$  est la température virtuelle,  $T$  est la température de l'air, et  $q$  est l'humidité spécifique définie comme le rapport de la masse de vapeur d'eau sur à la masse totale de l'air(Kaimal et Gaynor, 1991; Wallace et Hobbs, 1977).

Il est à noter que  $\gamma$  est fonction de l'humidité spécifique. Il serait pratique que les effets de l'humidité soient regroupés un seul terme.

Les chaleurs spécifiques pour l'air humide à pression et à volume constant sont données par:

$$\begin{aligned} C_p &= qC_{pw} + (1-q)C_{pd} \\ &= C_{pd}(1 + 0,84q) \end{aligned} \quad (7a)$$

$$\begin{aligned} C_v &= qC_{vw} + (1-q)C_{vd} \\ &= C_{vd}(1 + 0,93q) \end{aligned} \quad (7b)$$

où  $C_p$  et  $C_v$  sont les chaleurs spécifiques de l'air humide respectivement à pression et à volume constant,  $C_{pw}$  et  $C_{vw}$  sont les chaleurs spécifiques de la vapeur d'eau, et  $C_{pd}$  et  $C_{vd}$  sont les chaleurs spécifiques de l'air sec, (Fleagle et Businger, 1980).

Soustraire les Eq. (7 bis) et (7 ter) de (6) et ignorer les termes d'ordre supérieurs. Ceci donne :

$$c^2 = \gamma_d R_d T_s = \gamma_d R_d T(1 + 0,51q) \quad (8)$$

où  $T_s$  est la température virtuelle sonique et  $\gamma_d$  est le rapport de chaleur spécifique de l'air sec à une pression constante, sur celui à volume constant (Fleagle et Businger, 1980; Kaimal et Gaynor, 1991; Kaimal et Businger, 1963; Schotanus et al., 1983).

Avec l'Eq. (8), l'effet de l'humidité, sur la vitesse du son, est inclus dans la température virtuelle sonique.

La température virtuelle sonique, en degrés Celsius, est donnée par l'Eq. (9), où

$$\gamma_d = 1,4 \text{ et } R_d = 287,04 \text{ JK}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}.$$

$$T_s = \frac{c^2}{\gamma_d R_d} - 273,15 \quad (9)$$

## REFERENCES

- Kaimal, J. C. and Businger, J. A.: 1963, "A Continuous Wave Sonic Anemometer-Thermometer", *J. Applied Meteorol.*, **2**, 156-164.
- Kaimal, J. C. and Gaynor, J. E.: 1991, "Another Look at Sonic Thermometry", *Boundary-Layer Meteorol.*, **56**, 401-410.
- Fleagle, R. G. and Businger, J. A.: 1980, *An Introduction to Atmospheric Physics*, Academic Press, Inc., New York.
- Liu, H., Peters, G., and Foken, T.: 2001, "New Equations for Sonic Temperature Variance and Buoyancy Heat Flux with an Omnidirectional Sonic Anemometer", *Boundary-Layer Meteorol.*, **100**, 459-468.
- Schotanus, P., Nieuwstadt, F. T. M., and de Bruin, H. A. R.: 1983, "Temperature Measurement with a Sonic Anemometer and its Application to Heat and Moisture Fluxes", *Boundary-Layer Meteorol.*, **26**, 81-93.
- Wallace, J. M. and Hobbs, P. V.: 1977, *Atmospheric Science an Introductory Survey*, Academic Press, Inc., New York.



# Annexe D. Communications SDM et longs câbles de signal

---

## D.1 Brève description des vitesses de l'horloge SDM

La vitesse de communication plus rapide à laquelle une centrale de mesure et des capteurs SDM peuvent communiquer via la communication SDM, est déterminée par le nombre de capteurs SDM connectés sur les ports SDM, les propriétés du câble utilisé pour connecter les capteurs (résistance et capacité), et l'intervalle de scrutation. Cette étendue, appelée fréquence de l'horloge SDM, a été optimisée pour le signal SDM standard 7,62 m (25 ft.) et pour le câble d'alimentation fourni avec le CSAT3. Les instructions CSAT3 () et SDMTrigger () sur la CR3000, CR1000, CR5000, CR800/850 et CR9000 (X) et les instructions SDM-CSAT3 (P107) et SDM Groupe Trigger (P110) sur la CR23X, 21X, et CR10 (X), utilisent par défaut une fréquence de l'horloge SDM optimum. Pour les cas où l'utilisation de longs câbles est nécessaire, la fréquence de l'horloge SDM doit être ralentie en utilisant l'instruction SDMSpeed () (Centrale de mesure CRBasic) ou SDM Set Clock (P108 pour une 21X et P115 pour les CR23X et CR10(X)). La fréquence de l'horloge SDM est changée en entrant la période d'un bit pour les centrales de mesure CRBasic ou un paramètre entre 1 et 255, où 1 est la fréquence de l'horloge SDM la plus rapide et 255 est la plus lente, pour les centrales de mesure EDLOG.

Campbell Scientific a écrit un programme pour les centrales d'acquisition de mesure qui trouvera la fréquence de l'horloge SDM pour une configuration de système donnée. Les exemples de programmes commencent avec la fréquence de l'horloge SDM par défaut et ralentissent systématiquement la fréquence jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'erreurs de communication SDM. Ensuite, les programmes augmentent la fréquence d'horloge jusqu'à ce que la communication SDM échoue. Le processus de ralentir et d'accélérer la fréquence de l'horloge SDM autour du seuil d'échec dure environ trois minutes.

Les centrales d'acquisition de données CRBasic sortent un tableau de données unique appelé «rapport» (« report »). La plus haute fréquence de l'horloge SDM, qui peut être utilisée avec une configuration de système donnée, peut être trouvée à partir des éléments de « Tot\_des\_échecs » (« All\_Fail\_Tot ») en sélectionnant la première petite période de bit avec zéro échec. Pour assurer une marge de sécurité sélectionnez la petite période la plus lente d'après. Testez la nouvelle fréquence d'horloge SDM dans le programme de la centrale de mesure qui sera utilisée pendant l'expérience.

Les centrales de mesures EDLOG sortent trois tableaux. Le premier (tableau « array » ID = 150) est le paramètre SDM, le second (tableau ID = 151) est le nombre d'échecs pour un paramètre SDM donné, exprimé comme un pourcentage de tentatives pour ce paramètre SDM et le troisième (tableau ID = 152) est le nombre de tentatives pour un paramètre SDM donné. La fréquence d'horloge SDM la plus rapide, qui peut être utilisée avec un système particulier installé, peut être trouvée à partir du tableau d'échec en sélectionnant le premier paramètre d'horloge avec aucun échec. Pour assurer une marge de sécurité sélectionnez le plus lent paramètre d'horloge suivant. Testez la nouvelle fréquence d'horloge SDM dans le programme de la centrale de mesure qui sera utilisée pendant l'expérience.

Des copies de programmes de recherche de fréquence d'horloge SDM pour les centrales de mesure CRBasic et EDLOG (Chapitre D.1 et D.2) sont disponibles sur le site Internet américain de Campbell Scientific dans la rubrique Support | Downloads. Exécutez ces programmes si la centrale de mesure possède des problèmes de communication avec le CSAT3 (Chapitre 10.4).

## D.2 Exemple pour CR3000

Connectez tous les appareils SDM sur la centrale de mesure avec les câbles en question. Téléchargez l'exemple de programme CRBasic de recherche de fréquence d'horloge SDM sur la centrale de mesure. Ce programme testera les communications SDM entre la centrale de mesure CRBasic et un CSAT3, LI-7500, ou les deux. Après la compilation du programme, utilisez le clavier sous CRBasic et définissez les éléments du menu "Test CSAT3?" et "Test LI-7500?" avec les valeurs appropriées. Pour lancer le test, réglez le menu "Star Test?" sur « yes ». Le test est terminé lorsque le menu "Start test?" est remis à "No". Le test fait environ 3000 tentatives de communication avec les appareils SDM. Avec une CR3000 et une CR5000 le test prend environ 5 minutes. Avec une CR1000 le test prend environ 25 minutes. Pour arrêter le test avant qu'il ne soit terminé, réglez le menu "Star test?" sur "No". Collectez la table de données "report".

Prenez le cas suivant, 100 m (328,1 ft.) de câble de signal SDM et d'alimentation sont utilisés pour connecter une centrale CR3000 et un anémomètre CSAT3. La communication entre la CR3000 et le CSAT3 échoue pour la valeur par défaut d'une période de bit de 30 µsec. Ainsi, une période de bit SDM un peu plus longue (fréquence de l'horloge SDM plus lente) doit être utilisée. L'exemple de programmes de recherche de fréquence d'horloge SDM pour CR3000 génère les données du tableau D-1.

**Tableau D-1 : Données extraites de l'exemple de programme CR3000 de recherche de fréquence d'horloge SDM**

TOA5, CR3000\_usb, CR3000, 1138, CR3000.Std.05.02, CPU:Sdm\_cr3kv1\_3.cr3, 21566, report

RECORD	SDM_Period	All_Fail_Tot	CSAT_sig_Tot	CSAT_NaN_Tot	IRGA_sig_Tot	IRGA_NaN_Tot	Number_Attempts	CSAT3	LI-7500
RN	uSec	samples	samples	samples	samples	samples	unitless	Smp	Smp
	Smp	Smp	Smp	Smp	Smp	Smp	Smp	Smp	Smp
0	30	2	2	0	0	0	2984	1	0
1	40	0	0	0	0	0	2	1	0
2	50	0	0	0	0	0	2	1	0
3	60	0	0	0	0	0	2	1	0

D'après les résultats du tableau D1, la période de bit la plus courte (fréquence d'horloge SDM la plus rapide) que la communication SDM pourrait exécuter, sans engendrer d'erreurs de communication, serait la période de bit de 40 µsec. Toutefois, afin d'avoir une marge de sécurité, une valeur de 50 µsec est utilisée pour la période de bit SDM. La période de bit SDM a été fixée à 50µsec et le programme du système a été testé. Le test a révélé qu'en utilisant la période de bit SDM de 50 µsec dans l'instruction SDMSpeed (), cela n'a pas causé de saut de scrutation sur la CR3000 (Statut Table); cette période de bit SDM est donc laissée à 50µsec.

## D.3 Exemple pour CR23X

Connectez tous les appareils SDM sur la centrale de mesure avec les câbles en question. Téléchargez l'exemple de programme CR23X de recherche de fréquence d'horloge SDM sur la centrale de mesure; après la compilation du programme, paramétrez le drapeaux 3 (« Flag 3») en position haute pour commencer l'expérience. Lorsque le drapeaux 2 (« Flag 2») est en position basse, l'expérience est finie. Le test fait environ 3600 tentatives de communication avec les appareils SDM à une fréquence de 10Hz. Le test prend 3 minutes. Collectez les données de la centrale de mesure et exécutez l'exemple de fichier SPLIT, SDM\_TRAN.PAR et SDM.PAR, pour extraire les données. Identifier le bon paramètre de fréquence d'horloge SDM à utiliser pour la configuration de votre système à partir du rapport généré par le fichier SPLIT SDM.PAR.

Prenez le cas suivant, 175 mètres (575 foot) de câble de signal SDM et d'alimentation sont utilisés pour connecter une centrale CR23X et un anémomètre CSAT3. La communication entre la CR23X et le CSAT3 échoue pour la valeur de fréquence d'horloge SDM par défaut. Ainsi, une fréquence de l'horloge SDM plus lente doit être utilisée. L'exemple de programme de recherche de fréquence d'horloge SDM pour CR23X génère les données du tableau D-2.

**Tableau D-2 : Données extraites de l'exemple de programme CR23X de recherche de fréquence d'horloge SDM**

```
150,1,2,3,4,5,6,7,8,9,10,11,12,13,14,15,16, ... ,253,254,255
151,100,99999,99999,100,99999,99999,100,99999,100,96,0,0,0,99999,99999,9
9999, ... ,99999,99999,99999
152,1,0,0,1,0,0,1,0,17,450,449,449,432,0,0,0, ... ,0,0,0
```

Exécutez le fichier SPLIT SDM\_TRAN.PAR sur l'ensemble de données ci-dessus pour transposer les données en colonnes.

Maintenant, exécutez le fichier SPLIT SDM.PAR, pour filtrer les paramètres de l'horloge SDM qui n'ont pas été testés, 99999 dans le tableau 151. Ce fichier de paramètre crée également un rapport sur les paramètres de l'horloge SDM qui ont été testés et leur taux d'échec exprimé en pourcentage de tentative pour un paramètre donné.

Le rapport suivant a été créé à partir du fichier SLPIT précédent, SDM.PAR.

<b>Tableau D-3. Rapport sur la fréquence de l'horloge SDM</b>		
Paramètres SDM	Échecs % de tentative	Tentatives
1	100	1
4	100	1
7	100	1
9	100	17
10	96	450
11	0	449
12	0	449
13	0	432

D'après ces résultats, la fréquence d'horloge SDM la plus rapide que la communication SDM pourrait exécuter, sans engendrer des erreurs de communication, serait la valeur de 11 pour le paramètre de l'horloge de l'instruction Set Clock (P115). Cependant, pour avoir une marge de sécurité, la valeur de 12 sera utilisée.

Le paramètre SDM a été mis à 12 et le programme d'eddy covariance a été testé. Le test a révélé que l'utilisation le paramètre SDM 12, dans l'instruction Set SDM Clock (P115), n'a pas causé de sur-exécution (« overrun ») des tableaux (\* mode B) dans la CR23X, ce paramètre de l'horloge SDM est laissé à 12.



## LES SOCIETES CAMPBELL SCIENTIFIC

### **Campbell Scientific, Inc. (CSI)**

815 West 1800 North  
Logan, Utah 84321  
UNITED STATES  
[www.campbellsci.com](http://www.campbellsci.com)  
[info@campbellsci.com](mailto:info@campbellsci.com)

### **Campbell Scientific Africa Pty. Ltd. (CSAf)**

PO Box 2450  
Somerset West 7129  
SOUTH AFRICA  
[www.csafrica.co.za](http://www.csafrica.co.za)  
[sales@csafrica.co.za](mailto:sales@csafrica.co.za)

### **Campbell Scientific Australia Pty. Ltd. (CSA)**

PO Box 444  
Thuringowa Central  
QLD 4812 AUSTRALIA  
[www.campbellsci.com.au](http://www.campbellsci.com.au)  
[info@campbellsci.com.au](mailto:info@campbellsci.com.au)

### **Campbell Scientific do Brazil Ltda. (CSB)**

Rua Luisa Crapsi Orsi, 15 Butantã  
CEP: 005543-000 São Paulo SP BRAZIL  
[www.campbellsci.com.br](http://www.campbellsci.com.br)  
[suporte@campbellsci.com.br](mailto:suporte@campbellsci.com.br)

### **Campbell Scientific Canada Corp. (CSC)**

11564 - 149th Street NW  
Edmonton, Alberta T5M 1W7  
CANADA  
[www.campbellsci.ca](http://www.campbellsci.ca)  
[dataloggers@campbellsci.ca](mailto:dataloggers@campbellsci.ca)

### **Campbell Scientific Ltd. (CSL)**

Campbell Park  
80 Hathern Road  
Shepshed, Loughborough LE12 9GX  
UNITED KINGDOM  
[www.campbellsci.co.uk](http://www.campbellsci.co.uk)  
[sales@campbellsci.co.uk](mailto:sales@campbellsci.co.uk)

### **Campbell Scientific Ltd. (France)**

Miniparc du Verger - Bat. H  
1, rue de Terre Neuve - Les Ulis  
91967 COURTABOEUF CEDEX  
FRANCE  
[www.campbellsci.fr](http://www.campbellsci.fr)  
[campbell.scientific@wanadoo.fr](mailto:campbell.scientific@wanadoo.fr)

### **Campbell Scientific Spain, S. L.**

Psg. Font 14, local 8  
08013 Barcelona  
SPAIN  
[www.campbellsci.es](http://www.campbellsci.es)  
[info@campbellsci.es](mailto:info@campbellsci.es)

### **Campbell Scientific Ltd. (Germany)**

Fahrenheitstrasse1, D-28359 Bremen  
GERMANY  
[www.campbellsci.de](http://www.campbellsci.de)  
[info@campbellsci.de](mailto:info@campbellsci.de)

*Veillez consulter notre site [www.campbellsci.com](http://www.campbellsci.com) pour obtenir les informations sur nos contactes de nos locaux américains ou de nos représentants internationaux.*