



# MANUEL D'INSTRUCTIONS

## INCLINOMÈTRE VERTICAL FIXE À CAPTEURS MEMS EN SÉRIE

### Modèle PISA-M

© Roctest Limitée, 2016. Tous droits réservés.

L'installation et l'utilisation de ce produit peuvent parfois s'avérer dangereuses. Elles doivent être faites par du personnel qualifié seulement. Les instructions contenues dans ce manuel sont fournies à titre indicatif seulement et sont sous réserve de modifications. La Société n'assume aucune responsabilité quant aux dommages qui pourraient résulter de l'installation ou de l'utilisation du produit.

---

Tél. : 1.450.465.1113 • 1.877.ROCTEST (Canada, États-Unis) • 33.1.64.06.40.80 (France) • 41.91.610.1800 (Suisse)

[www.roctest.com](http://www.roctest.com)

F10350-161101

**NX** NOVA  
METRIX

# TABLE DES MATIÈRES

---

<b>1</b>	<b>INTRODUCTION.....</b>	<b>1</b>
1.1	INCLINOMÈTRES VERTICAUX FIXES .....	1
1.2	COMPOSANTES DES CAPTEURS.....	1
1.3	CONNEXION DE CÂBLES DE CAPTEURS EN SÉRIE .....	3
1.4	AUTRES COMPOSANTES.....	3
1.5	SYSTÈMES DE SUSPENSION .....	4
<b>2</b>	<b>PRÉPARATION POUR L'INSTALLATION.....</b>	<b>5</b>
2.1	VÉRIFICATION DES CAPTEURS .....	5
2.2	PRÉPARATION DU CÂBLE DE SUSPENSION.....	5
2.3	RACCORD DU TUBE DE LA SONDE.....	5
2.4	OUTILS D'ASSEMBLAGE .....	6
<b>3</b>	<b>INSTALLATION.....</b>	<b>6</b>
3.1	APERÇU DE L'INSTALLATION .....	6
3.2	INSTALLATION DU PREMIER CAPTEUR.....	6
3.3	INSTALLATION DE CAPTEURS ADDITIONNELS .....	7
3.4	INSTALLATION DES ROULETTES SUPÉRIEURES.....	8
3.5	SUSPENSION DES CAPTEURS .....	8
3.6	INFORMATIONS AU SUJET DE LA SORTIE DES CAPTEURS.....	9
<b>4</b>	<b>DÉPOUILLEMENT DES DONNÉES.....</b>	<b>9</b>
4.1	INTRODUCTION.....	9
4.2	FEUILLE D'ÉTALONNAGE .....	9
4.3	CONVERSION DES VOLTS EN INCLINAISON.....	10
4.4	CALCUL DE L'INCLINAISON EN MM/M.....	10
4.5	CALCUL DE L'INCLINAISON EN DEGRÉS.....	10
4.6	CALCUL DE LA DÉVIATION.....	11
4.7	CALCUL DU DÉPLACEMENT .....	11
4.8	DIRECTION DE L'INCLINAISON ET DÉPLACEMENT .....	11
<b>5</b>	<b>CONNEXION AU POSTE DE LECTURE.....</b>	<b>12</b>
5.1	Campbell Scientific CR6.....	12
5.2	SCHÉMA DE CONNEXION .....	13

5.3 LIMITES..... 14

# 1 INTRODUCTION

## 1.1 INCLINOMÈTRES VERTICAUX FIXES

Le système inclinométrique fixe consiste en des tubes inclinométriques et une série de capteurs inclinométriques fixes (veuillez consulter la Figure 2, qui se trouve à la page suivante).

Les tubes inclinométriques permettent d'obtenir des mesures souterraines, de contrôler l'orientation des capteurs et de se déplacer en fonction des mouvements du sol dans lequel ils se trouvent.

Dans les installations verticales, des tubes inclinométriques sont installés dans un forage traversant une zone de mouvement suspecte, et ce, jusqu'à un sol inférieur stable. Dans le tube inclinométrique se trouve une paire de rainures alignées dans la direction prévue du mouvement, tel qu'illustré à la Figure 1.



**Figure 2**

*Les tubes doivent être installés avec une paire de rainures alignées dans la direction prévue du mouvement. Les roulettes du capteur sont glissées dans ces rainures.*

Les rainures des tubes inclinométriques permettent de contrôler l'orientation des capteurs fixes. Un câble en acier inoxydable retient les capteurs à la profondeur désirée.

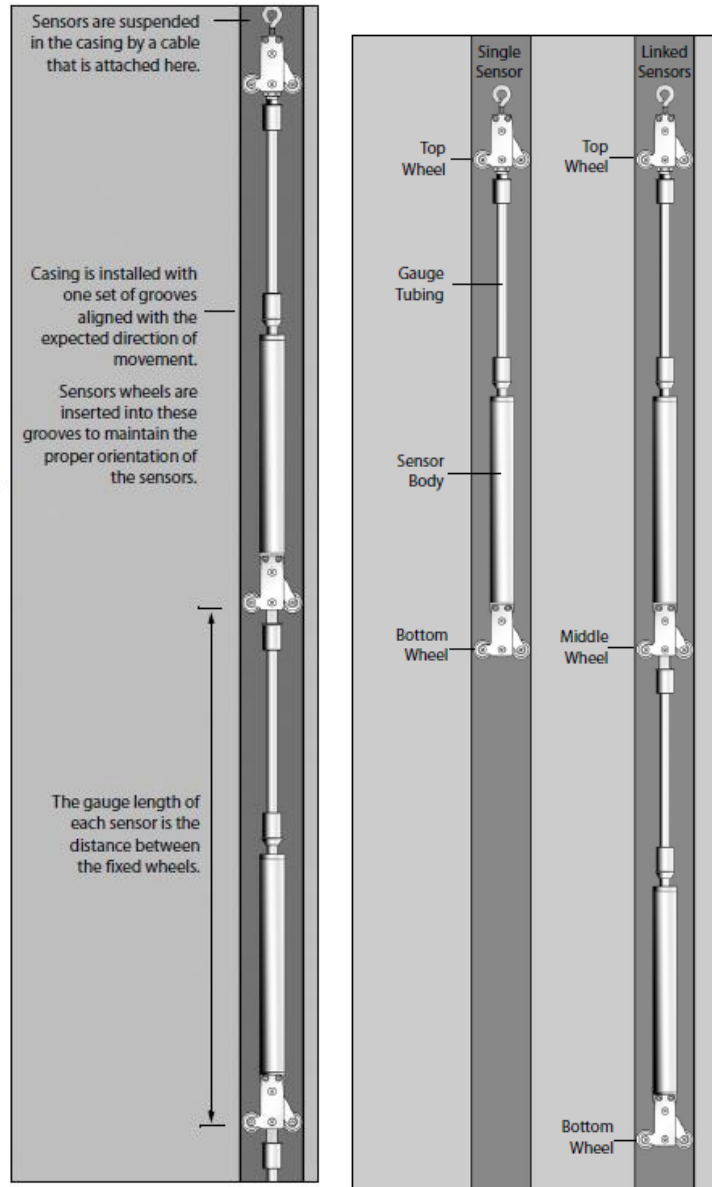
Les capteurs mesurent l'inclinaison verticale. Lorsque des mouvements se produisent dans le sol, les tubes inclinométriques se déplacent, changeant ainsi l'inclinaison des capteurs dans les tubes.

Les mesures d'inclinaison sont ensuite traitées afin d'obtenir la mesure du déplacement en millimètres ou en pouces.

Dans la plupart des applications, les capteurs sont connectés à un poste de lecture automatisé, et les données sont traitées à l'aide d'un système de saisie de données.

## 1.2 COMPOSANTES DES CAPTEURS

Les capteurs fixes peuvent être installés en tant que capteurs uniques ou en une série de capteurs reliés. La Figure 3 illustre les deux possibilités.



**Figure 2**

**Figure 3**

Un capteur individuel comprend le corps du capteur, le tube de sonde, une roulette supérieure et une roulette inférieure.

Une série de capteurs reliés comprend  $n$  corps de capteurs,  $n$  tubes de sondes, une roulette supérieure, une roulette inférieure et  $n-1$  roulettes intermédiaires.

**Les corps des capteurs** peuvent contenir des capteurs uniaxiaux ou biaxiaux.

**Les tubes de sondes** sont conçus pour avoir des longueurs de référence de 1, 2 ou 3 m lorsqu'ils sont connectés à un corps de capteur et des roulettes.

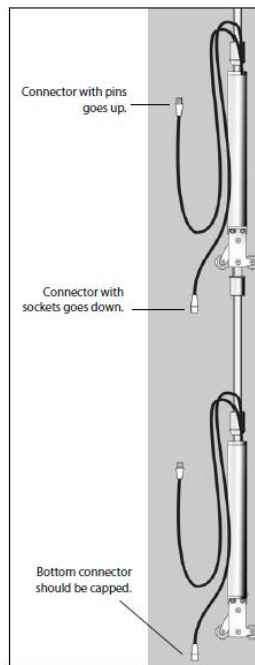
**Les roulettes supérieures** ont un œillet pour y fixer un câble de suspension en acier inoxydable. Elles comportent également une douille pour les connecter à un tube de

sonde.

**Les roulettes inférieures** se fixent directement à l'extrémité inférieure du capteur. Elles ne comportent pas de douille.

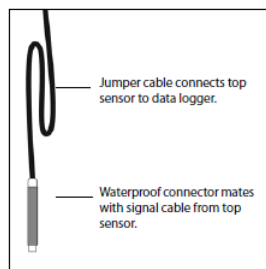
**Les roulettes intermédiaires** sont utilisées pour relier les capteurs. Elles se fixent directement au bas du capteur et comportent une douille pour connecter le tube de sonde au capteur inférieur.

### 1.3 CONNEXION DE CÂBLES DE CAPTEURS EN SÉRIE



**Figure 4**

### 1.4 AUTRES COMPOSANTES



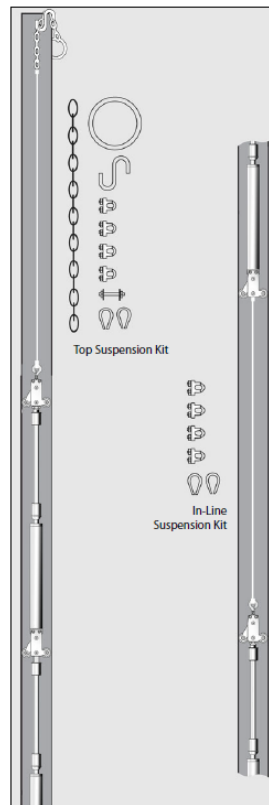
**Figure 5**

## 1.5 SYSTÈMES DE SUSPENSION

Le **système de suspension supérieur** est utilisé pour suspendre les capteurs inclinométriques fixes à l'extrémité supérieure du tube inclinométrique. Les câbles en acier inoxydable doivent être commandés séparément.

Le **système de suspension en ligne** est utilisé pour suspendre une série de capteurs plus profonds à une série de capteurs qui se trouvent plus à la surface. Cela permet également d'effectuer une surveillance de deux zones distinctes ou plus, et ce, à un moindre coût.

Le **câble de sûreté** (pas illustré) est parfois fixé au capteur inférieur et est utilisé pour ne pas perdre les capteurs dans le forage au cours du processus d'installation. Un câble de sûreté est également utile lorsque les capteurs doivent être retirés du tubage inclinométrique.



**Figure 6**

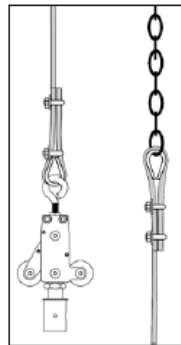
## 2 PRÉPARATION POUR L'INSTALLATION

### 2.1 VÉRIFICATION DES CAPTEURS

1. Vérifiez chacun des capteurs.
2. Identifiez le capteur inférieur de chaque série. Le capteur inférieur nécessitera également l'installation d'un bouchon protecteur pour le connecteur inférieur.
3. Notez le numéro de série et la profondeur désirée de chacun des capteurs.
4. Identifiez l'ordre d'installation des capteurs.
5. Vérifiez la longueur du câble de raccordement afin de vérifier qu'il sera assez long pour assurer le lien entre le capteur supérieur et le poste de lecture.

### 2.2 PRÉPARATION DU CÂBLE DE SUSPENSION

1. Vérifiez les caractéristiques du projet afin de connaître la profondeur prévue du capteur supérieur.
2. Déterminez la profondeur requise des roulettes supérieures du capteur supérieur.
3. Déterminez la distance entre les roulettes supérieures et l'extrémité supérieure du tubage inclinométrique. Coupez le câble en acier inoxydable correspondant à cette longueur.
4. Connectez le câble de suspension aux roulettes supérieures, tel qu'illustré à la Figure 7.
5. Connectez le câble de suspension à la chaîne, tel qu'illustré à la Figure 7.

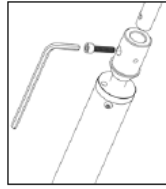


*Figure 7*

### 2.3 RACCORD DU TUBE DE LA SONDE

1. Retirez la vis de la douille.
2. Alignez le trou du tube de la sonde et le trou de la douille, puis insérez le tube de la sonde dans la douille.
3. Insérez la vis et resserrez pour fixer le tube de la sonde.
4. Aucun autre préassemblage n'est requis.





**Figure 8**

## 2.4 OUTILS D'ASSEMBLAGE

- Vise-grip (pince-étau) pour retenir le tube de la sonde lors de la connexion des capteurs adjacents.
- Clef hexagonale pour les vis qui fixent le tube de la sonde.
- Colliers de serrage ou ruban de vinyle pour fixer le câble du tube de la sonde.
- Option : Connectez le câble de sûreté au capteur inférieur afin d'éviter de perdre le capteur dans le forage. Le câble de sûreté est également utile lorsque les capteurs doivent être retirés du forage.

## 3 INSTALLATION

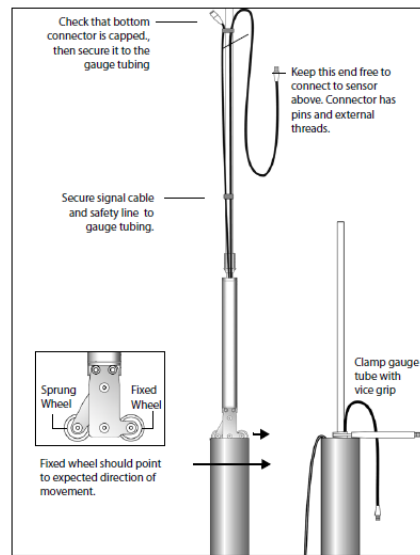
### 3.1 APERÇU DE L'INSTALLATION

1. Placez les capteurs dans leur ordre d'installation.
2. Insérez le premier capteur dans la paire de rainures voulue.
3. Descendez le capteur dans le tube inclinométrique. Avec la pince-étau, fixez l'extrémité supérieure du tube de la sonde pour retenir le capteur pendant que vous connectez le capteur suivant.
4. Alignez le capteur suivant dans la paire de rainures voulue, tel qu'indiqué à l'étape 2, puis connectez-le au tube de la sonde du capteur dans le forage.
5. Descendez les deux capteurs. Répétez les étapes 4 et 5 jusqu'à ce que tous les capteurs soient en place.
6. Connectez les roulettes supérieures et le système de suspension, puis descendez les capteurs à leur position finale.

### 3.2 INSTALLATION DU PREMIER CAPTEUR

1. Assurez-vous que le connecteur inférieur du premier capteur est recouvert du bouchon protecteur pour les capteurs en série.
2. Option : Fixez le câble de sûreté à l'assemblage de roulettes.
3. Insérez le premier capteur dans la paire de rainures voulue. Les roulettes fixes doivent pointer dans la direction anticipée du mouvement.
4. Fixez le câble d'interface au tube de la sonde, puis descendez le capteur dans le tubage inclinométrique. À l'aide de la pince-étau, fixez la partie supérieure du

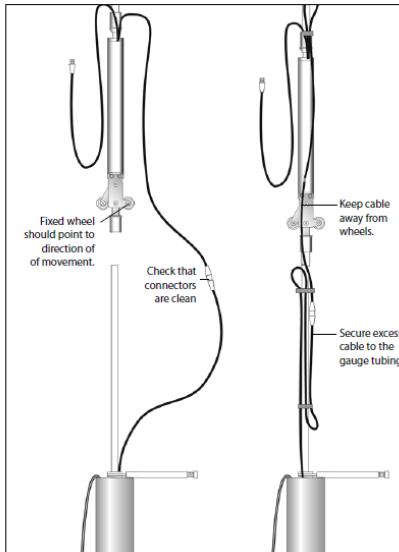
tube de la sonde afin de la retenir à l'entrée du tubage inclinométrique.



**Figure 9**

### 3.3 INSTALLATION DE CAPTEURS ADDITIONNELS

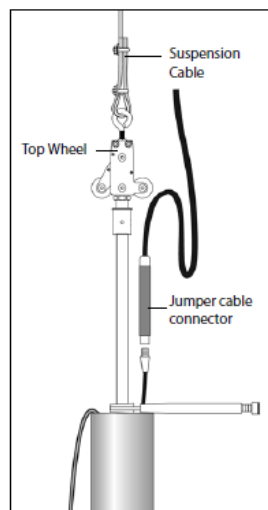
1. Assurez-vous que les connecteurs soient propres, puis effectuez la connexion. Fixez l'excédent de câble au tube de la sonde à l'aide de ruban de vinyle ou d'un collier de serrage.
2. Connectez le capteur suivant au tube de la sonde du capteur précédent. Assurez-vous que les roulettes fixes pointent toujours dans la direction anticipée du mouvement, comme indiqué à la Figure 10.
3. Continuez à ajouter des capteurs, jusqu'à ce que la série de capteurs soit complète.



**Figure 10**

### 3.4 INSTALLATION DES ROULETTES SUPÉRIEURES

1. Connectez le câble de raccordement à l'extrémité supérieure du capteur. Le câble doit être connecté à l'extrémité supérieure du capteur et au poste de lecture.
2. Connectez les roulettes supérieures au tube de la sonde.

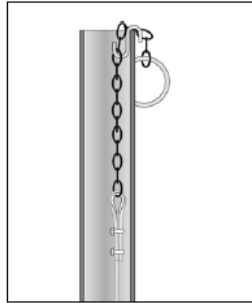


**Figure 11**

### 3.5 SUSPENSION DES CAPTEURS

1. Assurez-vous que le câble de suspension est bien fixé.
2. Utilisez la chaîne et le crochet en S pour avoir un ajustement précis de la

profondeur finale du capteur. Voir la figure 12.



**Figure 12**

### **3.6 INFORMATIONS AU SUJET DE LA SORTIE DES CAPTEURS**

Retirez les capteurs un à la fois plutôt que d'essayer de retirer la série complète de capteurs. Si vous essayez de retirer la série d'un seul coup, les tubes et les roulettes plieront.

1. Tirez chacun des capteurs vers le haut.
2. À l'aide de la pince-étau, fixez le tube de la sonde du capteur suivant.
3. Déconnectez le capteur, puis répétez l'opération. Si vous prévoyez réinstaller les capteurs, assurez-vous qu'ils sont toujours numérotés selon leur ordre d'installation.

## **4 DÉPOUILLEMENT DES DONNÉES**

### **4.1 INTRODUCTION**

Le dépouillement des données est normalement automatisé, puisque cela implique un grand nombre de lectures ainsi qu'un nombre important de calculs.

Dans cette section, nous vous expliquerons la feuille d'étalonnage du capteur et nous vous fournirons un exemple de la conversion d'une lecture des volts pour obtenir l'inclinaison en mm par mètre et pour obtenir l'inclinaison en degrés.

### **4.2 FEUILLE D'ÉTALONNAGE**

Une feuille d'étalonnage est fournie avec chaque capteur. Veuillez-vous référer au numéro de série de chaque capteur pour relier les capteurs à leur feuille d'étalonnage. Les étalonnages sont uniques à chaque capteur.

La feuille d'étalonnage présente deux formules de conversion. Une de ces formules est utilisée pour convertir les volts afin d'obtenir l'inclinaison en mm par mètre, tandis que l'autre est utilisée afin d'obtenir l'inclinaison en degrés.

Les facteurs d'inclinaison sont C0, C1, C2, C3, C4 et C5. Les facteurs de l'axe A comportent le préfixe A : AC0, AC1, AC2, AC3, AC4, AC5. Les facteurs de l'axe B comportent le préfixe B.

### 4.3 CONVERSION DES VOLTS EN INCLINAISON

Pour convertir une lecture de volts en inclinaison, vous devez utiliser la formule ci-dessous, où l'inclinaison est une valeur en mm/m. Les volts représentent la lecture du capteur en volts.

$$\text{Inclinaison(mm/m)} = C5 * \text{Volts}^2 + C4 * \text{Volts} + C3 + C2 * T_{\text{degC}} + C1 * T_{\text{degC}}^2 + C0 * \text{Volts} * T_{\text{degC}}$$

Où

C5...C0 sont les facteurs pour l'axe A ou l'axe B

Volts est la lecture du capteur en volt

TdegC est la lecture de la température en degré Celsius

### 4.4 CALCUL DE L'INCLINAISON EN MM/M

Le capteur 14384 donne une lecture de l'axe A de 0,4137 V à 6,7°C. La feuille d'étalonnage dresse la liste des facteurs suivants pour l'inclinaison en mm/m :

$$AC5 = -3,3789 \times 10^{-3}$$

$$AC4 = 7.9648 \times 10^1$$

$$AC3 = 5.4138$$

$$AC2 = -2.9838 \times 10^{-2}$$

$$AC1 = -2.5159 \times 10^{-4}$$

$$AC0 = 9.8415 \times 10^{-3}$$

$$\text{Inclinaison} = C5 * \text{Volts}^2 + C4 * \text{Volts} + C3 + C2 * T_{\text{degC}} + C1 * T_{\text{degC}}^2 + C0 * \text{Volts} * T_{\text{degC}}$$

$$\text{Inclinaison} = 38.1797 \text{ mm/m}$$

### 4.5 CALCUL DE L'INCLINAISON EN DEGRÉS

Pour convertir l'inclinaison de mm/m en degré il faut appliquer la formule suivante

$$\text{Inclinaison (degré)} = \arcsin(\text{Inclinaison}_{\text{mm/m}} / 1000)$$

Selon l'exemple précédent

$$\text{Inclinaison (degré)} = \arcsin(38.1797/1000)$$

Inclinaison (degré) = 2.188°

#### 4.6 CALCUL DE LA DÉVIATION

Pour calculer la déviation produite le long de la sonde du capteur, vous pouvez utiliser une des deux formules ci-dessous :

$$\text{Déviation}_{\text{mm}} = \text{Inclinaison}_{\text{mm/m}} * \text{longueur\_sonde}_m$$

ou

$$\text{Déviation}_{\text{mm}} = \sin(\text{Inclinaison}_{\text{deg}}) * \text{longueur\_sonde}_{\text{mm}}$$

Par exemple, le capteur 14384 a une longueur de sonde de 2 mètres.

$$\text{Déviation}_{\text{mm}} = 38.1797 \text{ mm/m} * 2 \text{ m}$$

$$\text{Déviation}_{\text{mm}} = 76.3594$$

$$\text{Déviation}_{\text{mm}} = \sin(2.188) * 2000 \text{ mm}$$

$$\text{Déviation}_{\text{mm}} = 76.357$$

#### 4.7 CALCUL DU DÉPLACEMENT

Le déplacement (mouvement) est le changement dans la déviation :

$$\text{Déplacement} = \text{Déviation}_{\text{courante}} - \text{Déviation}_{\text{initiale}}$$

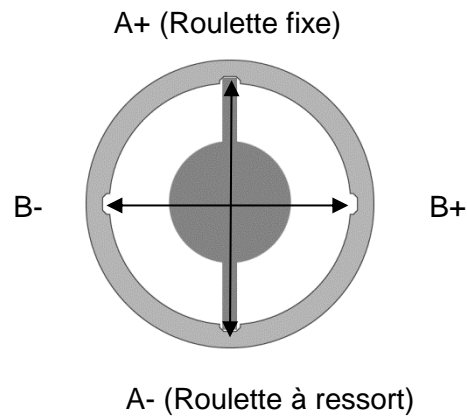
#### 4.8 DIRECTION DE L'INCLINAISON ET DÉPLACEMENT

Les capteurs uniaxiaux répondent à l'inclinaison du plan parallèle aux roulettes du capteur. Ce plan se nomme l'axe A. Les lectures de l'axe A peuvent être soit positives, soit négatives. Les lectures positives indiquent que le capteur est incliné dans la direction des roulettes fixes. Les lectures négatives indiquent que le capteur est incliné dans la direction des roulettes à ressorts.

Les capteurs biaxiaux répondent à l'inclinaison dans le plan des roulettes (axe A) et dans le plan à 90 degrés (axe B). Les lectures positives de l'axe A indiquent l'inclinaison dans la direction des roulettes fixes. Les lectures positives de l'axe B indiquent l'inclinaison dans la direction du plan à 90 degrés dans le sens horaire relativement à l'axe A. La direction des déplacements respecte la même convention. Dans la Figure 14, on voit le dessus du capteur.



**Figure 13**



**Figure 14**

## 5 CONNEXION AU POSTE DE LECTURE

### 5.1 CAMPBELL SCIENTIFIC CR6

Les instructions suivantes vous donnent les renseignements nécessaires pour lire des capteurs uniaxiaux et biaxiaux avec le poste de lecture CR6 de Campbell Scientific.

**Schéma de connexion :** Le schéma de connexion ci-dessous indique comment connecter les inclinomètres fixes en série au poste de lecture CR6 de Campbell Scientific. Les connexions uniaxiales et biaxiales sont identiques. Contactez Roctest pour plus d'information.

## 5.2 SCHÉMA DE CONNEXION

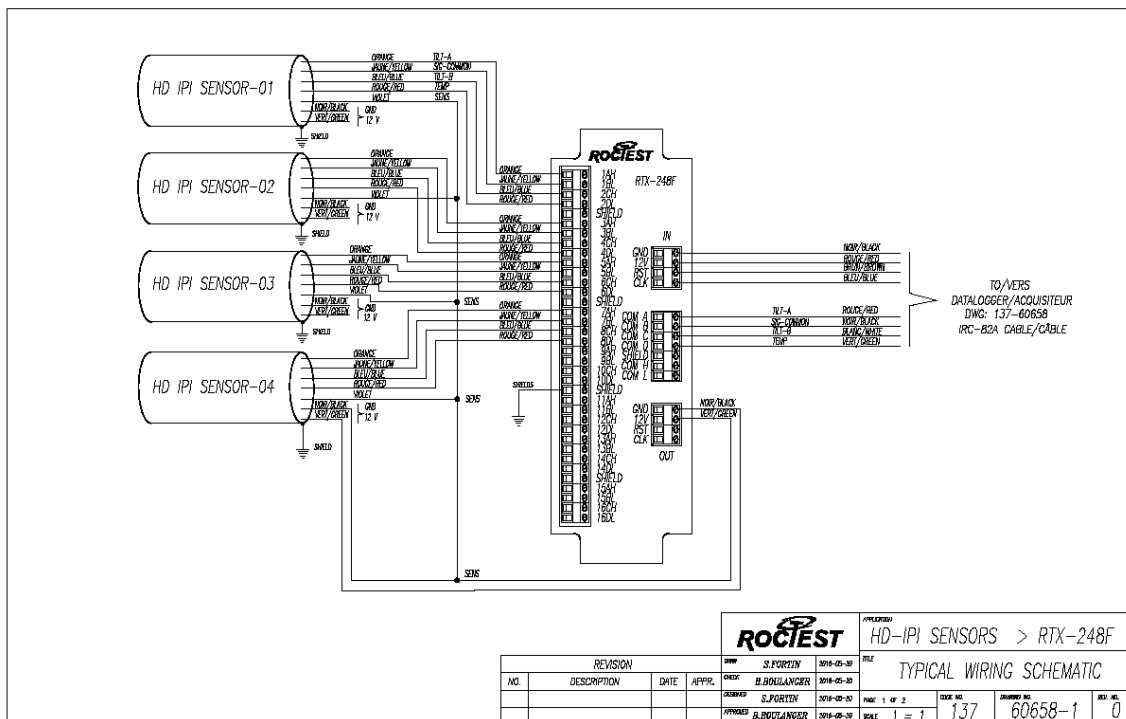
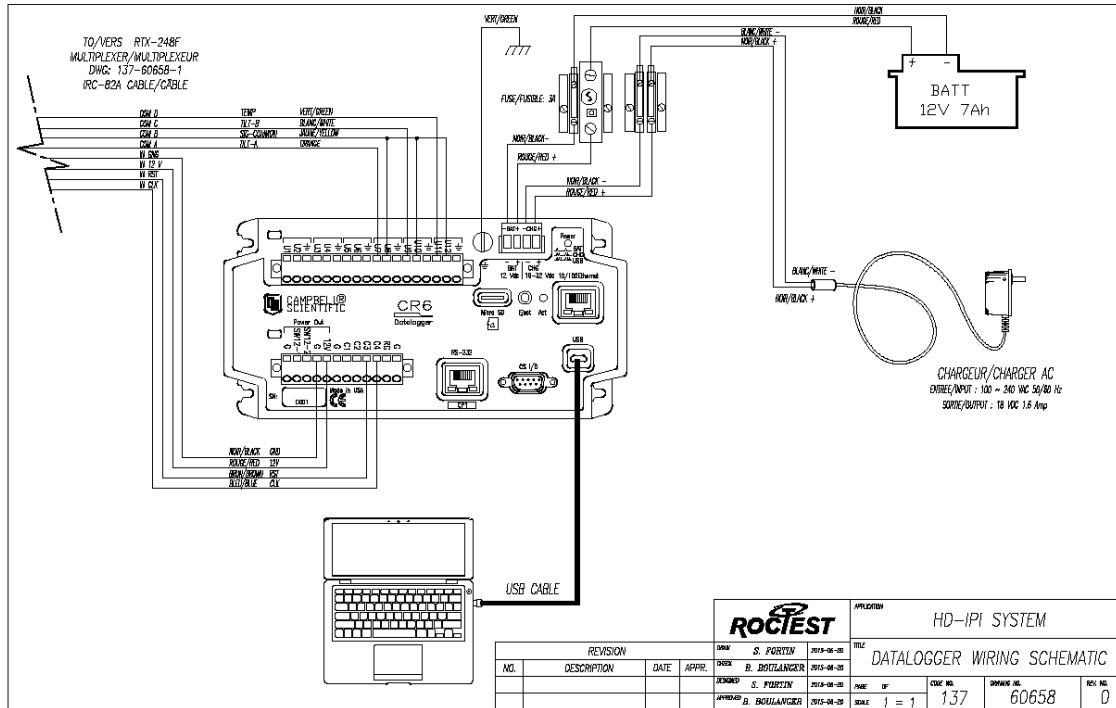


Figure 15



### 5.3 LIMITES

Le tableau suivant présente la limite nominale de capteur en série par chaîne. Le tableau ci-dessous assume que le poste de lecture fournit 12 volts :

Longueur de câble	Limite de capteurs en série
40 m	50
92 m	40
165 m	30
258 m	20
375 m	10