

CS615
Réfectomètre
de teneur en eau

Manuel d'utilisation

Issued 4.8.99
Traduction du 05.07.2001

Garantie

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

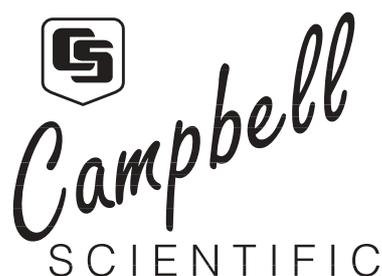
- A aucun équipement modifié ou altéré de quelque manière que ce soit sans une autorisation écrite de Campbell Scientific.
- Aux batteries.
- A aucun produit soumis à une utilisation abusive, un mauvais entretien, aux dégâts naturels ou endommagements lors du transport.

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

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

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

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



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

Table des matières

1. Description et principe de mesure	4
2. Caractéristiques	5
2.1. Dimensions.....	5
2.2. Poids.....	5
2.3. Caractéristiques électriques.....	5
3. Caractéristiques de fonctionnement	5
3.1. Précision.....	5
3.2. Résolution.....	5
3.3. Etendue de mesure de fonctionnement	6
3.3.1. Conductivité électrique du sol	6
3.3.2. Teneur du sol en matière organique et en argile.....	6
3.3.3. Longueur des câbles	7
3.3.4. Dépendance à la température	7
4. Mise en place	7
4.1. Orientation	8
5. Câblage	8
6. Instructions pour les centrales de mesure	8
6.1. Introduction.....	8
6.2. Compteur d'impulsion.....	8
6.2.1. Programme simple, afin de montrer l'utilisation de l'instruction de mesure d'impulsion pour la CS615 ¹	9
6.3. Mesure de période	11
7. Entretien	11
8. Etalonnage	11
8.1. Général.....	11
8.2. Calibration pour un sol spécifique	12
9. Programmes d'échantillonnage	13
9.1. Programme simple, utilisant l'instruction de mesure de période (P27) pour mesurer une seule CS615 ¹	13
9.2. Programme simple utilisant l'instruction "Pulse Count" (P3) pour mesurer une seule CS615 ¹	14
9.3. Programme utilisant l'instruction 3 d'une 21X pour mesurer 48 CS615s connectées sur un multiplexeur AM416 ¹	16
9.4. Programme utilisant l'instruction 27 de la CR10/10X pour mesurer 48 CS615s connectées sur un multiplexeur AM416	18

Tableau

Tableau 1 : Instruction de mesure n°3, "Pulse Count"	9
---	----------

Figures

Figure 1 : Réflectomètre de teneur en eau CS615	4
Figure 2 : Courbes de calibration de la CS615	11
Figure 3 : Configuration de multiplexage de 48 CS615s à l'aide d'un AM416, avec différentes centrales de mesure....	20

Annexe

Annexe A. Interférences électro-magnétiques _ Comment éviter les interférences	21
A 1. Introduction	21
A 2. Minimiser l'interférence générale	21
A 3. Minimiser les problèmes avec un système de mesure	21

CS615, réflectomètre de teneur en eau

La sonde CS615, un réflectomètre de teneur en eau, mesure la teneur volumique en eau de milieux poreux en utilisant la méthode TDR (Time Domain Reflectometry). Le type de sortie du capteur est compatible avec la plupart des centrales de mesure de Campbell Scientific.

Ce manuel d'utilisation est applicable aux capteurs CS615 de version 8221-07 (le numéro de version est indiqué sur le câble du capteur).

1. Description et principe de mesure

Le réflectomètre de teneur en eau est composé de 2 tiges en acier connectées à un circuit imprimé. Un câble blindé à 4 fils est connecté à ce circuit imprimé afin d'alimenter le capteur, de commuter l'alimentation et de mesurer le signal en sortie. Le circuit imprimé est enrobé dans un bloc d'époxy.

Le réflectomètre utilise la méthode TDR dans le but de déterminer la teneur en eau suite aux modifications de la constante diélectrique, qui influence la vitesse de propagation des ondes le long des tiges. Le signal qui en résulte, peut être transmis à toutes les centrales de mesure actuelles de Campbell Scientific, afin d'être enregistré ou converti en teneur volumique en eau, grâce aux valeurs de calibrage.¹

Des composants électroniques à intégration rapide, présents sur le circuit imprimé, sont configurés de façon à être des multivibrateurs bistables. La sortie du multivibrateur est connectée à la tige du capteur, qui se conduit alors comme un guide d'onde. Quand le multivibrateur change d'état, la transmission passe sur toute la longueur de la tige et est réfléchiée par son extrémité. Cette réflexion fournit un retour qui permet de commuter l'état du multivibrateur. Le temps de parcours aller-retour le long de la tige, dépend de la constante diélectrique du matériau qui entoure les tiges. Cette constante dépend essentiellement de la teneur en eau. Un circuit digital convertit le signal du multivibrateur en une fréquence compatible avec une centrale de mesure. Le signal de sortie de la CS615 est presque exclusivement un signal carré d'amplitude $\pm 2,5V$ CC. La fréquence ou la période de ce signal carré est utilisé pour le calcul de la teneur en eau.

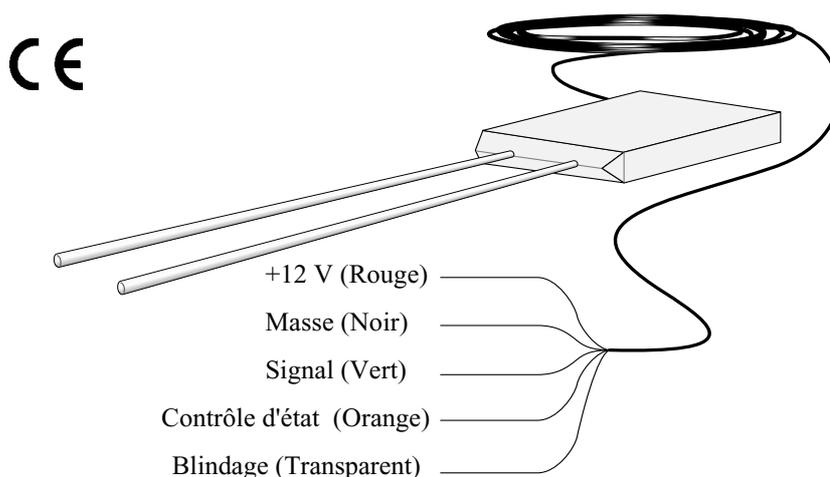


Figure 1 :Réflectomètre de teneur en eau CS615

2. Caractéristiques

2.1. Dimensions

Tiges : 300mm de long
 3,2mm de diamètre
 32mm d'espacement

Tête : 110 x 63 x 20 mm

2.2. Poids

Capteur : 280g

Câble : 35gm⁻¹

2.3. Caractéristiques électriques

Consommation de courant

70 milliampères à 12V CC lors que le capteur est en fonctionnement, et moins de 10 microampères lors qu'il est en état de veille.

Tension d'alimentation

Minimum de 9V CC, maximum de 18V CC

Tension de mise en fonctionnement

La tension minimum pour mettre en fonctionnement ce capteur est de 1,3V CC

3. Caractéristiques de fonctionnement

3.1. Précision

Le calibrage nominal de premier ordre donne une précision de teneur en eau meilleure que $\pm 4\%$, pour des teneurs volumiques inférieures à 12%. La précision est de $\pm 3\%$ pour des teneurs en eau supérieures à 12% et allant jusqu'à saturation. Lorsqu'on utilise le calibrage « général », la précision de la mesure dépend de la texture du sol et de sa composition minérale. Ces valeurs de précision nominale peuvent être améliorés si l'on utilise un étalonnage spécifique au type de sol que l'on étudie.

Reportez-vous au paragraphe 8, pour une discussion plus approfondie sur la précision de la mesure.

3.2. Résolution

La résolution que l'on peut avoir sur la mesure de teneur volumique en eau, dépend de l'instruction de mesure que l'on utilise pour lire le signal de sortie du capteur. Lorsqu'on utilise l'instruction 27 ("Period Measurement") de la CR10/10X, CR500/510 ou CR23X, la résolution, qui est d'environ $10^{-6}\text{m}^3\text{m}^{-3}$, n'est pas un facteur limitatif (l'instruction 27 n'est pas disponible sur les centrales de mesure CR7 et 21X).

Quand l'instruction 3 est utilisée ("Pulse Count"), la résolution correspondant à un temps de scrutation de 1,0 seconde, est de $10^{-4}\text{m}^3\text{m}^{-3}$ si la période d'impulsion est de 1,3 msec. La résolution devient meilleure (c.à.d. décroît de façon linéaire) lors-que la teneur en eau décroît ou que l'intervalle de scrutation augmente. Un intervalle de scrutation de 0,1 seconde conduit à une résolution of $10^{-2}\text{m}^3\text{m}^{-3}$ pour une même teneur en eau que précédemment.

3.3. Etendue de mesure de fonctionnement

3.3.1. Conductivité électrique du sol

La qualité des mesures d'humidité dans le sol, utilisant la méthode de champs électromagnétiques appliqués à des guides d'ondes, est influencée par la conductivité électrique du milieu. Dans le cas de la configuration de la CS615, la propagation du champ électromagnétique est principalement affectée par les changements de constante diélectrique dépendant de la teneur en eau, mais elle dépend aussi de la conductivité électrique. Les ions libres du sol créent des sortes de chemins de conduction électrique, et atténuent alors le signal des tiges métalliques. Cette atténuation réduit d'une part l'amplitude du signal haute fréquence sur les tiges du capteur, et d'autre part la forme du signal oscillant. L'atténuation réduit la fréquence d'oscillation à une teneur en eau fixée, car il faut alors plus longtemps au signal pour atteindre le seuil d'oscillation.

La conductivité électrique du sol peut être décrite de la façon suivante (Rhoades et al., 1976) :

$$\sigma_{\text{apparent}} = \sigma_{\text{liquide}} \theta_v T + \sigma_{\text{solide}}$$

où s est la conductivité électrique apparente du sol, avec sa partie solide et sa partie liquide ; q_v est la teneur volumique en eau ; et T est un coefficient de transmission spécifique au sol, destiné à prendre en compte la tortuosité du débit de l'eau dans le milieu, lorsque la teneur en eau change. (Voir Rhoades et al, 1989, pour une forme de cette équation tenant compte de l'eau mobile et de l'eau immobile.) L'équation précédente est présentée ici afin de montrer la relation entre la conductivité électrique de la partie solide du sol et la conductivité apparente du sol.

La conductivité électrique de la partie liquide du sol, σ_{liquide} , peut être déterminée en laboratoire à l'aide de méthodes d'extraction. La conductivité électrique apparente peut être mesurée à l'aide de méthode TDR. La plupart des expressions donnant la conductivité électrique du sol, sont exprimées en terme de conductivité de la solution. La discussion sur les effets de la conductivité électrique du sol vis à vis de la CS615, prendra en compte la partie liquide du sol, sauf si cela est indiqué.

La conductivité électrique de la partie liquide du sol, σ_{liquide} , peut être déterminée en laboratoire à l'aide de méthodes d'extraction. La conductivité électrique apparente peut être mesurée à l'aide de méthode TDR. La plupart des expressions donnant la conductivité électrique du sol, sont exprimées en terme de conductivité de la solution. La discussion sur les effets de la conductivité électrique du sol vis à vis de la CS615, prendra en compte la partie liquide du sol, sauf si cela est indiqué.

Lorsque la conductivité électrique liquide dépasse une valeur de 1 dSm^{-1} , la courbe de calibrage commence à changer. Quand la conductivité électrique augmente, la courbe décroît. Le capteur continuera à répondre de façon stable, à la variation de teneur en eau, mais la courbe de calibrage devra être modifiée (voir paragraphe sur le calibrage). Pour des sols ayant une forte conductivité électrique, il faudra faire un calibrage propre au sol concerné. Le signal de sortie du capteur peut devenir instable pour des conductivités électriques supérieures à 5 dSm^{-1} .

3.3.2. Teneur du sol en matière organique et en argile

La quantité de matière organique et d'argile contenus dans un sol, peuvent altérer la réponse de la méthode diélectrique, et modifier alors la teneur en eau. Ceci est observé lorsqu'on utilise des modèles mécaniques pour décrire cette méthode de mesure.

L'énergie électromagnétique introduite par le capteur agit de telle sorte qu'il ré-orienté ou encore polarise les molécules d'eau polaires. Si d'autres forces agissent sur les molécules d'eau polaires, la force employée par le signal appliqué sera moins à même de la polariser. Ceci a l'effet de 'cacher' une partie de l'eau au capteur.

La matière organique et la plupart des argiles sont fortement polarisées. De plus, certaines argiles absorbent l'eau de façon interstitielle et inhibent ainsi la polarisation induite par le champ appliqué. Il serait préférable que le calibrage du signal de sortie de teneur en eau de la CS615 soit ajusté en prenant en compte certains paramètres du sol, reflétant alors les effets des forces intrinsèques du sol. Cependant, l'identification d'un tel paramètre n'a pas été effectuée, et il est probable que la mesure du paramètre de corrélation serait plus difficile que le calibrage de la CS615 pour un sol donné.

3.3.3. Longueur des câbles

La longueur du câble du capteur n'est pas un facteur limitatif pour la plupart des applications. Des mesures faites en laboratoire montrent que la qualité des mesures n'est pas dégradée si l'on va jusqu'à 100 mètres de câble. Des câbles de plus de 50 mètres peuvent augmenter le risque de dommages liés à une décharge électrique (éclair). Les performances des capteurs peuvent être dégradées si un câble autre que celui fourni avec les sondes est utilisé

NOTE Des distances supérieures entre la CS615 et la centrale de mesure peuvent être mise en place grâce à l'utilisation de boîtes de jonction et de piquets de protection supplémentaires – contactez Campbell Scientific pour de plus amples conseils.

NOTE Une protection foudre adéquate dépend de la qualité de la masse qu'a votre centrale de mesure, afin de fournir un point de passage à faible résistance, jusqu'à un point à potentiel bas. Voir le manuel de votre centrale de mesure pour de plus amples détails.

3.3.4. Dépendance à la température

Le signal de sortie de la CS615 est sensible à la température, et une compensation peut être appliquée afin d'améliorer la précision. L'amplitude du coefficient de température varie en fonction de la teneur en eau. Des mesures en laboratoire ont été effectuées à différents taux de teneur en eau, sur la plage de 10 à 30 °C. La courbe de calibration montrée au paragraphe 8, est pour une température de 20°C. L'équation suivante peut être appliquée afin d'interpoler le coefficient de température pour une gamme de teneurs en eau (θ_v) :

$$\text{Coef}_{\text{température}} = -3.46 \cdot 10^{-4} + 0.019 \theta_v - 0.045 \theta_v^2$$

Pour appliquer cette correction, l'équation suivante peut être utilisée :

$$\theta_{\text{vcorrigée}} = \theta_{\text{vnon_corrigée}} - (T - 20) * \text{Coef}_{\text{température}}$$

Le fait d'appliquer cette correction mène à une différence maximum entre la valeur corrigée et la valeur non corrigée de 1,6%. Étant donné la précision de la mesure, et vu la variabilité spatiale potentielle de la température du sol le long des tiges du capteur, cette correction n'est généralement pas nécessaire.

Un exemple de correction de la teneur en eau en prenant en compte le coefficient de température peut être décrit pour une mesure de teneur en eau du sol de 0,23 faite à 25°C. Le coefficient de température est de $0.00164 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$, ce qui veut dire que la teneur en eau mesurée est de $5^\circ\text{C} * (0.00164 \text{ m}^3 \text{ m}^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1})$, soit 0.8% de plus.

4. Mise en place

ATTENTION Le fait de faire fonctionner les CS615 pendant des périodes prolongées (ce qu'il est nécessaire de faire si l'on utilise la méthode de comptage par impulsion) ou lorsque l'on met en route plusieurs sondes en même temps, il est possible de créer des interférences avec d'autres CS615 ou d'autres équipements. Merci de vous référer à l'annexe A avant d'installer le matériel dans les champs.

La méthode utilisée pour l'installation des capteurs peut influencer la précision des mesures. Faites en sorte que les tiges métalliques soient le plus parallèle possible une fois installées, afin de conserver la géométrie du guide d'onde. La sensibilité de cette mesure est meilleure dans les régions proches de la surface des tiges, que lorsqu'on s'en éloigne. Les capteurs installés de telle sorte que des poches d'air sont formées autour des tiges, auront une précision réduite. Pour certaines applications, il peut être possible d'utiliser un outil d'insertion de sonde – contactez Campbell Scientific pour plus de détails à ce sujet.

4.1. Orientation

Le capteur peut être installé verticalement depuis la surface du sol, ou enterré et orienté de façon variable par rapport au sol. Un capteur installé verticalement depuis la surface du sol donnera une indication sur la teneur en eau dans les 300 premiers mm du sol. Vous pouvez aussi installer le capteur à l'horizontal par rapport à la surface du sol, et détecter ainsi le passage de fronts humides ou d'autres flux verticaux ; vous pouvez aussi donner un angle aux sondes. Un capteur inséré dans la sol avec un angle de 30° par rapport à sa surface, donnera alors une indication sur la teneur en eau dans les 150 premiers mm du sol.

5. Câblage

Couleur du fil	Fonction	CR10/10X CR500/510	CR23X	21X/CR71
Rouge	Alimentation 12V CC	+12V	+ 12V	+12V
Vert	Signal de sortie	Voie unipolaire 'SE'	Voie unipolaire 'SE'	Compteur d'impulsions 'P'
Orange	Changement d'état	Port de contrôle	Port de contrôle	Port de contrôle
Noir	Masse	G		
Clair	Blindage (masse)	G		

NOTE es CS615s fabriquées avant le 12/95, ont les fils Vert et Noirs qui sont inversés. Vérifiez le libellé présent près de l'extrémité du câble.

Le fil "changement d'état" est mis en état haut pour mettre le capteur en état de fonctionnement.

6. Instructions pour les centrales de mesure

6.1. Introduction

Le signal de sortie des CS615 est représenté par un signal carré d'amplitude $\pm 2.5V$ CC, dont la fréquence d'oscillation dépend de la constante diélectrique du matériau qui entoure les tiges du capteur. L'étendue de mesure de fréquence est d'environ 600 à 1500Hz. La période (de 0,7 à 1,6 msec) est utilisée pour déterminer la teneur en eau.

L'instruction de mesure d'impulsions 'Pulse Count' présente sur les CR10/10X, 21X ou CR7, peut être utilisée avec le signal de sortie de la CS615 connecté à un compteur d'impulsions.

L'instruction de mesure de période de la CR10/10X, peut être utilisée avec le signal de sortie de la CS615 connecté à un canal unipolaire.¹

6.2. Compteur d'impulsion

ATTENTION Le fait de faire fonctionner les CS615 pendant des périodes prolongées (ce qu'il est nécessaire de faire si l'on utilise la méthode de comptage par impulsion) ou lorsque l'on met en route plusieurs sondes en même temps, il est possible de créer des interférences avec d'autres CS615 ou d'autres équipements. Merci de vous référer à l'annexe A avant d'installer le matériel dans les champs.

Il est important de comprendre la séquence d'évènements qui se produit lors de l'exécution de l'instruction 3 avec une CS615. Voir le manuel de votre centrale de mesure pour une explication détaillée de l'instruction 3.

Tableau 1 : Instruction de mesure n°3, "Pulse Count"

N° du. paramètre	Nbre de chiffres	DESCRIPTION
01:	2	Répétitions (Reps)
02:	2	N° de voie pour la première mesure
03:	2	Code de configuration (voir ci dessous)
04:	4	Mémoire d'entrée pour la première mesure
05:	FP	Multiplicateur
06:	FP	Offset

Mémoire(s) d'entrée utilisée(s) : 1 par mesure

Code	Configuration
0	Impulsion haute fréquence (High frequency pulse)
1	CA bas niveau (Low level AC)
2	Contact sec (Switch closure)
3	Impulsion haute fréquence, compteur 16 bits
4	CA bas niveau, compteur 16 bits
1X	Données à intervalle long supprimées
2X	Données à intervalle long supprimées, sortie fréquence (Hz)

Une courte explication de l'utilisation de l'instruction de comptage d'impulsions avec la CS615 est donnée ici. L'option de configuration de CA bas niveau est sélectionnée, et le résultat de sortie choisi est la fréquence (Hz) ; la période (msec) est facilement obtenue en utilisant l'instruction réciproque (P42).

6.2.1. Programme simple, afin de montrer l'utilisation de l'instruction de mesure d'impulsion pour la CS615¹

*Table 1 Program

01: 2.0 Execution Interval (seconds)

1: If time is (P92)

1: 0000 Minutes into a
2: 15 Minute Interval
3: 30 Then Do

2: Do (P86)

1: 41 Set Port 1 High

*;met le port de contrôle où est
;connecté le fil changement
;d'état à l'état haut*

3: Beginning of Loop (P87)

1: 1 Delay
2: 2 Loop Count

¹Voir l'annexe A pour les moyens de minimiser les interférences électromagnétiques.

4: End (P95)

5: Pulse (P3)

1:	1	Reps	
2:	1	Pulse Input Channel	
3:	21	Low Level AC, Output Hz	
4:	1	Loc [kHz]	
5:	.001	Mult	;convertit les Hz en kHz
6:	0.0	Offset	

6: Do (P86)

1:	51	Set Port 1 Low	; met le port de contrôle en ; état bas
----	----	----------------	--

7: End (P95)

End Program

L'instruction de comptage d'impulsions utilise un système d'accumulation afin de montrer le nombre d'impulsions reçues sur un compteur d'impulsion. A chaque début d'intervalle de scrutation contenant l'instruction de comptage d'impulsions, le total des impulsions reçues jusqu'alors est dirigé vers une partie spéciale de la RAM de la centrale de mesure, avant d'être remis à zéro et de commencer à accumuler les impulsions à nouveau. Quand l'instruction de comptage d'impulsion est atteinte dans le programme, la valeur de la RAM est modifiée en fonction des multiplicateurs et offset entrés, puis le résultat du calcul est envoyé en mémoire d'entrée. La RAM est alors remise à zéro.

Dans le programme présenté ci-dessus, des instructions additionnelles qui pourraient être nécessaire pour le contrôle du multiplexeur ou d'autres évènements, ont été omises dans le but de simplifier le programme. Ce programme est écrit de façon à obtenir une lecture de CS615 toutes les 15 minutes.

Lorsque le programme est compilé par la centrale de mesure, la mémoire commence à afficher le compteur d'impulsion. Juste après la compilation du programme, il n'y a aucun signal sur la voie d'entrée car la CS615 n'est mise en état de fonctionnement qu'une fois toutes les 15 minutes, quand l'intervalle spécifié dans l'instruction 92 est atteint. Une fois que la 15^{ème} minute est atteinte, l'instruction 86 est exécutée, ce qui met la CS615 en état de fonctionnement, donne un signal en sortie, signal qui est alors détecté par le compteur d'impulsions.

L'instruction de boucle utilisée dans cet exemple a un délai de 1 et un nombre de boucle de 2. L'exécution du programme s'arrête pendant le premier passage de la boucle, jusqu'à ce que l'intervalle d'exécution de 2 secondes soit terminé. Ce délai est nécessaire car le capteur n'a pas été mis en état de fonctionnement sur toute la durée de l'intervalle d'exécution, et qu'un compte total des impulsions sur cet intervalle n'est alors pas effectué. Des programmes plus complexes comprendront des instructions supplémentaires mises avant l'instruction qui met en état de fonctionnement la CS615, et ces instructions peuvent prendre un certain temps à s'exécuter. Pendant le second passage au travers de l'instruction de la boucle, le compteur d'impulsion de la centrale reçoit le signal de la CS615 pendant la totalité de l'intervalle d'exécution. A la fin de cet intervalle, le compteur transfère le résultat à la RAM, et est alors remis à zéro. Quand l'instruction 3 ("Pulse Count") est atteinte, la valeur contenue dans la RAM est convertie en Hz, puis transférée à une mémoire d'entrée.

6.3. Mesure de période

L'instruction de mesure de période ("Period Measurement", P27) n'est disponible que sur les centrales de mesure CR10/10X, CR23X et CR500/510. Il est recommandé d'utiliser cette instruction quand cela est possible, car elle donne une résolution qui est bien meilleure que celle de l'instruction 3, bien que ce ne soit pas un facteur important dans l'étendue de mesures de fréquences faites par la CS615.

Reportez-vous au manuel de votre centrale de mesure pour de plus amples informations au sujet de la P27.

7. Entretien

La CS615 ne nécessite pas d'entretien périodique.

8. Etalonnage

8.1. Général

Les informations de ce paragraphe, relatives à la calibration des sondes CS615, n'est valable que pour les sondes de version 8221-07. Le numéro de version est mentionné sur une étiquette attaché près de l'extrémité du câble du capteur.

La CS615 fournit une mesure indirecte de la teneur en eau du sol, en utilisant l'effet de changement de la constante diélectrique du milieu lorsqu'on applique des ondes électromagnétiques. Les tiges du capteur agissent en temps que guide d'onde, et le matériau (le sol) entourant les tiges change de conductivité diélectrique en fonction de la quantité d'eau présente dans ce matériau.

La constante diélectrique du sol est une moyenne arithmétique des différentes constantes diélectriques des éléments le constituant. La constante diélectrique de l'eau est légèrement plus élevée que celle des autres constituants. Les changements de la constante diélectrique du sol peuvent donc être attribuées à un changement de teneur en eau. Ceci est la base de cette technique de mesure.

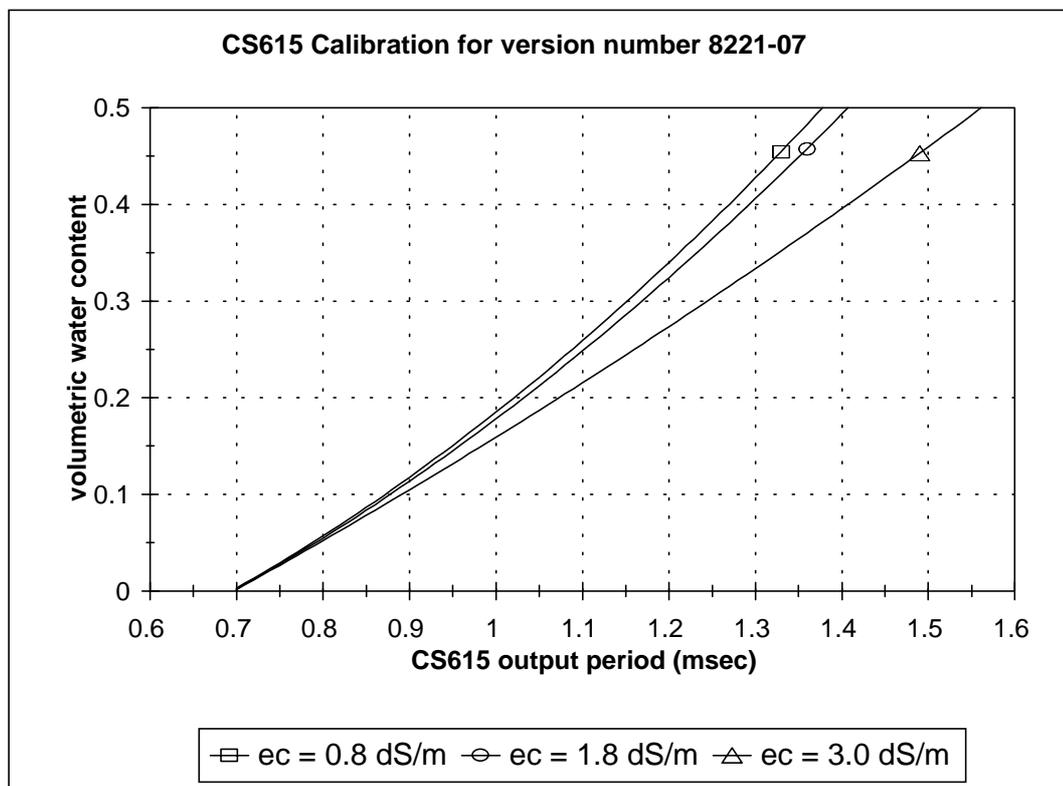


Figure 2 : Courbes de calibration de la CS615

La Figure 2 montre l'effet de la conductivité électrique vis à vis de la calibration. Pour une conductivité électrique de 1 dSm^{-1} et moins, la courbe donnée pour 0.8 dSm^{-1} est appropriée pour une grande quantité de textures de sols. Les courbes de calibration données pour des conductivités électriques plus importantes, montrent que la courbe décroît quand la conductivité croît. La réponse à des changements de teneur en eau de la CS615 se passe bien jusqu'à une valeur de conductivité d'approximativement 5 dSm^{-1} . La calibration peut être déterminée à partir de l'une des courbes de la Figure 2 si la conductivité électrique du sol est connue, ou si les mesures dans le sol sont faites par la CS615, et que la teneur en eau vraie est déterminée indépendamment. La présence d'argile affecte la calibration de la même façon, mais l'importance de l'effet dépend du type d'argile.

Conductivité électrique (dS m^{-1})	Calibration
≤ 1.0	$\theta_v(\tau) = -0.187 + 0.037 * \tau + 0.335 * \tau^2$
1.8	$\theta_v(\tau) = -0.207 + 0.097 * \tau + 0.288 * \tau^2$
3.0	$\theta_v(\tau) = -0.298 + 0.361 * \tau + 0.096 * \tau^2$

« θ_v » est la teneur en eau volumique exprimée en fraction (0.20 équivaut à 20% de teneur en eau) et « τ » est le signal de sortie de la CS615 (période en msec).

La calibration peut être appliquée à l'aide de l'instruction « Polynôme » (P55) :

L'instruction « Polynomial » (P55) convertit la période en teneur en eau

1:	1	Reps
2:	1	X Loc [615period]
3:	2	F(X) Loc [615water]
4:	-0.187	C0
5:	0.037	C1
6:	0.335	C2

NOTE Les chiffres de précision obtenus à partir de calibrations spécifiques à un sol ne sont valables que pour un sol non gelé.

8.2. Calibration pour un sol spécifique

La relation de calibration entre la teneur en eau et le signal de sortie de la CS615 mise dans un sol particulier pourra demander à être établie, si une précision plus importante est requise, ou si la composition du sol dévie de ce que l'on considère comme un sol typique. Une forte conductivité électrique, une forte teneur en argile, en quartz ou en matière organique, sont des cas où la réponse du capteurs sera affectée par la composition du sol.

9. Programmes d'échantillonnage

Quatre exemples de programme pour CS615 sont fournis ci-dessous, afin d'illustrer leur utilisation en fonction de différent type de centrales et d'accessoires. Merci de vous reporter à l'annexe A, en ce qui concerne les centrales utilisant le compteur d'impulsions, afin de connaître les restrictions dues à l'application des normes CEM dans l'union Européenne.

NOTE Les coefficients utilisés dans les exemples qui suivent sont des coefficients généraux, à n'utiliser qu'à des fins de démonstration. Merci de vous reporter au paragraphe précédent pour de plus amples informations sur la calibration.

9.1. Programme simple, utilisant l'instruction de mesure de période (P27) pour mesurer une seule CS615¹

Ce programme détermine la teneur en eau volumique du sol une fois par heure, et écrit en mémoire finale les valeurs de la période et de la teneur en eau.

CR10/10X	CS615
Voie unipolaire 1 (SE1)	Vert
Port de contrôle 5 (C5)	Orange

Le fil rouge est connecté au 12V CC, le fil noir et le fil de garde sont connectés à la masse (G sur les CR10/10X et \perp sur le CR23X).

* Table 1 Program

01: 5.0 Execution Interval (seconds)

1: If time is (P92) ;prend les mesures

1: 0000 Minutes (Seconds --) into a ;une fois par heure

2: 60 Interval (same units as above)

3: 30 Then Do

2: Do (P86)

1: 45 Set Port 5 High ;met en fonctionnement la CS615

3: Period Average (SE) (P27) ;lecture de laCS615

1: 1 Reps

2: 4 Input Gain = 1

3: 1 SE Channel

4: 10 No. of Cycles

5: 5 Timeout (units = 0.01 seconds)

6: 1 Loc [615period]

7: .001 Mult ;conversion des µsec en msec

8: 0.0 Offset

4: Do (P86)

1: 55 Set Port 5 Low ;arrête le fonctionnement de la CS615

¹ Voir l'annexe A pour les moyens de minimiser les interférences électromagnétiques.

```

5: Polynomial (P55)                                     ;convertit la période en teneur en eau
   1:      1      Repr
   2:      1      X Loc [615period]
   3:      2      F(X) Loc [615water]
   4: -0.187     C0
   5:  0.037     C1
   6:  0.335     C2
   7:   0.0      C3
   8:   0.0      C4
   9:   0.0      C5

6: Do (P86)
   1:   10      Set Output Flag High

7: Real Time (P77)
   1:   220     Day,Hour/Minute

8: Sample (P70)
   1:    2      Repr
   2:    1      Loc [615period]

9: End (P95)

*Table2 Program
   1:   0.0     Execution Interval (seconds)
*Table3 Subroutines

End Program
    
```

9.2. Programme simple utilisant l’instruction “Pulse Count” (P3) pour mesurer une seule CS615¹

La CS615 est mesurée lorsque le drapeau 1 est en état haut. La mesure est faite, et la période ainsi que la teneur en eau sont enregistrées en mémoire finale.

Centrale de mesure	CS615
Compteur d’impulsions 1 (P1)	Vert
Port de contrôle 5 (C5)	Orange

Le fil rouge est connecté au 12V CC, le fil noir et le fil de garde sont connectés à la masse (G sur les CR10/10X et sur les 21X / CR23X).

Pour les CR500/510, utilisez les connexions préconisées par « Short Cut ».

* Table 1 Program

01: 1.0 seconds)

```

1: If Flag/Port (P91) ; met le drapeau 1 en
  1: 11 Do if Flag 1 is High ; état haut afin d'initialiser
  2: 30 Then Do ; la lecture

2: Do (P86) ; met la CS615 en
  1: 45 Set Port 5 High ; fonctionnement

3: Beginning of Loop (P87) ;délai afin de prendre en compte
  1: 1 Delay ;un intervalle d'exécution entier
  2: 2 Loop Count

4: End (P95)

5: Pulse (P3) ; mesure la fréquence en sortie de la CS615
  1: 1 Reps
  2: 1 Pulse Input Channel
  3: 21 Low Level AC, Output Hz
  4: 1 Loc [615kHz]
  5: .001 Mult ;conversions en kHz
  6: 0.0 Offset

6: Do (P86) ;arrêt de la CS615
  1: 55 Set Port 5 Low

7: Z=1/X (P42) ;conversion en msec
  1: 1 X Loc [615kHz]
  2: 2 Z Loc [615msec]

8: Polynomial (P55) ;conversion de la période
  1: 1 Reps ;en teneur en eau
  2: 2 X Loc [615msec]
  3: 3 F(X) Loc [615water]
  4: -0.187 C0
  5: 0.037 C1
  6: 0.335 C2
  7: 0.0 C3
  8: 0.0 C4
  9: 0.0 C5

9: Do (P86)
  1: 10 Set Output Flag High

10: Real Time (P77)
  1: 220 Day,Hour/Minute

11: Sample (P70)
  1: 2 Reps
  2: 2 Loc [615msec]

12: Do (P86)
  1: 21 Set Output Flag Low

13: End (P95)

End Program

```

9.3. Programme utilisant l'instruction 3 d'une 21X pour mesurer 48 CS615s connectées sur un multiplexeur AM416 ¹

Ce programme est destiné à mesurer 48 CS615s une fois par heure, et à enregistrer la teneur en eau en mémoire finale. L'AM416 est un multiplexeur à 16 blocs, et 4 voies par bloc. Le signal de sortie de trois CS615s, ainsi qu'une voie d'excitation commune aux sondes, sont connectés à chaque bloc de l'AM416. Trois CS615s sont mises en fonctionnement au même temps, alors que l'instruction « Pulse Count » est utilisée avec une répétition égale à 3, afin de lire le signal des capteurs de façon séquentielle. La mesure de fréquence effectuée par l'instruction « Pulse Count » est convertie en période grâce à l'instruction $Z=1/X$ (P42), et la courbe de calibration de la teneur en eau est alors entrée par l'instruction du polynôme. Les valeurs de teneur en eau sont enregistrées en mémoire finale.

ATTENTION

Dans certains cas, si les sondes sont à moins de 200mm l'une de l'autre et si elles sont mises en fonctionnement en même temps, il peut y avoir des interférences entre elles. Voir l'annexe A pour les moyens de minimiser les interférences électromagnétiques.

Si vous voulez avoir des mesures de précision, vous devez faire attention à la structure du programme dans lequel l'instruction « Pulse » est utilisée de façon périodique. Voir la description détaillée faite au paragraphe 6. Le programme considère que le 12 V CC est fourni à l'AM416 ainsi qu'aux sondes CS615s. Voir la figure 2 pour le schéma de câblage.

ATTENTION

Pour lire les 48 CS615s avec l'instruction 3, 32 secondes environ seront nécessaires. Cela pourrait provoquer un conflit avec d'autres mesures.

* Table 1 Program

01: 1.0 Execution Interval (seconds)

1: If time is (P92) ; lire une fois par heure

1: 0 Minutes into a
2: 60 Minute Interval
3: 30 Then Do

2: Do (P86) ; met l'AM416 en fonctionnement

1: 41 Set Port 1 High

3: Do (P86) ; met les CS615s en fonctionnement

1: 43 Set Port 3 High

4 ;Boucle de multiplexage

1: 0 Delay
2: 16 Loop Count

;il y a un index de boucle de 3, afin que les mesures lues par l'instruction "Pulse" ;soient enregistrées 3 espaces mémoire plus loin à chaque passage dans la boucle

5: Step Loop Index (P90)

1: 3 Step

6: Do (P86) ;donne une impulsion au multiplexeur

1: 72 Pulse Port 2

;boucle de délai nécessaire pour attendre la fin de l'intervalle d'exécution en ;cours, afin que le bloc du multiplexeur sur lequel on est, soit actif pendant un ; intervalle d'exécution entier (pour avoir une mesure précise).

7: Beginning of Loop (P87)

1: 1 Delay
2: 2 Loop Count

8: End (P95) ;fin de la boucle de délai

9: Pulse (P3) ;lecture des CS615s

1: 3 Reps
2: 1 Pulse Input Channel
3: 21 Low Level AC, Output Hz
4: 1 Loc [kHz#1]
5: .001 Mult
6: 0.0 Offset

;conversion des fréquences en période; un multiplicateur de 0,001 utilisé
;avec l'instruction " Pulse " donnera une période en msec.

10: Z=1/X (P42)

1: 1 X Loc [kHz#1]
2: 4 Z Loc [Period#1]

11: Z=1/X (P42)

1: 2 X Loc [kHz#2]
2: 5 Z Loc [Period#2]

12: Z=1/X (P42)

1: 3 X Loc [kHz#3]
2: 6 Z Loc [Period#3]

13: Polynomial (P55) ;entre la calibration appropriée

1: 3 Reps
2: 4 Xloc [period#1]
3: 7-- F(X) Loc [water1#]
4: -.187 C0
5: .037 C1
6: .335 C2
7: 0.0 C3
8: 0.0 C4
9: 0.0 C5

14: End (P95)

15: Do (P86) ;arrête le fonctionnement de la CS615

1: 53 Set Port 3 Low ;met le port 3 en position basse

16: Do (P86) ;arrête le fonctionnement de la l'AM416

1: 51 Set Port 1 Low ;met le port 1 en position basse

17: Do (P86)

1: 10 Set Output Flag High

18: Sample (P70) ; sauvegarde des 48 résultats

1: 48 Reps
2: 7 Loc [Water#1]

19: End (P95)

End Program

9.4. Programme utilisant l'instruction 27 de la CR10/10X pour mesurer 48 CS615s connectées sur un multiplexeur AM416

Ce programme est similaire à celui qui précède, sauf qu'il utilise l'instruction 27 qu'il est préférable d'utiliser avec une CR10/10X, CR23X ou CR500/510.

ATTENTION

Dans certains cas, si les sondes sont à moins de 200mm l'une de l'autre et si elles sont mises en fonctionnement en même temps, il peut y avoir des interférences entre elles.
Voir l'annexe A pour les moyens de minimiser les interférences électromagnétiques.

* Table 1 Program

```

01: 1.0 Execution Interval (seconds)
1: If time is (P92) ; lire une fois par heure
  1: 0 Minutes into a
  2: 60 Minute Interval
  3: 30 Then Do
2: Do (P86) ; met l'AM416 en fonctionnement
  1: 41 Set Port 1 High
3: Do (P86) ; met les CS615s en fonctionnement
  1: 43 Set Port 3 High
4: Beginning of Loop (P87) ;Boucle de multiplexage
  1: 0 Delay
  2: 16 Loop Count
5: Do (P86) ;donne une impulsion au multiplexeur
  1: 72 Pulse Port 2
;il y a un index de boucle de 3, afin que les mesures lues par l'instruction 27 ;soient
;enregistrées 3 espaces mémoire plus loin à chaque passage dans la boucle .
6: Step Loop Index (P90)
  1: 3 Step
7: Period Average (SE) (P27)
  1: 3 Reps
  2: 4 Input Gain = 1
  3: 1 SE Channel
  4: 10 No. of Cycles
  5: 5 Timeout (units = 0.01 seconds)
  6: 1 Loc [msec#1]
  7: .001 Mult
  8: 0.0 Offset
8: End (P95)
9: Do (P86) ;arrête le fonctionnement de la CS615 :
  1: 51 Set Port 1 Low ;met le port 3 en position basse
  
```

```
10: Do (P86)
  1: 53      Set Port 3 Low

11: Polynomial (P55)                               ;entre la calibration appropriée
  1: 48      Reps
  2: 4       X Loc [Period#1]
  3: 7       F(X) Loc [WatCont#1]
  4: -0.187  C0
  5: 0.037   C1
  6: 0.335   C2
  7: 0.0     C3
  8: 0.0     C4
  9: 0.0     C5

12: Do (P86)
  0,04      # Set Output Flag High

13: Real Time (P77)
  0,04      # Hour/Minute

14: Sample (P70)
  1:        # Reps
  2:        7 Loc [WatCont#1]

15: End (P95)

End Program
```

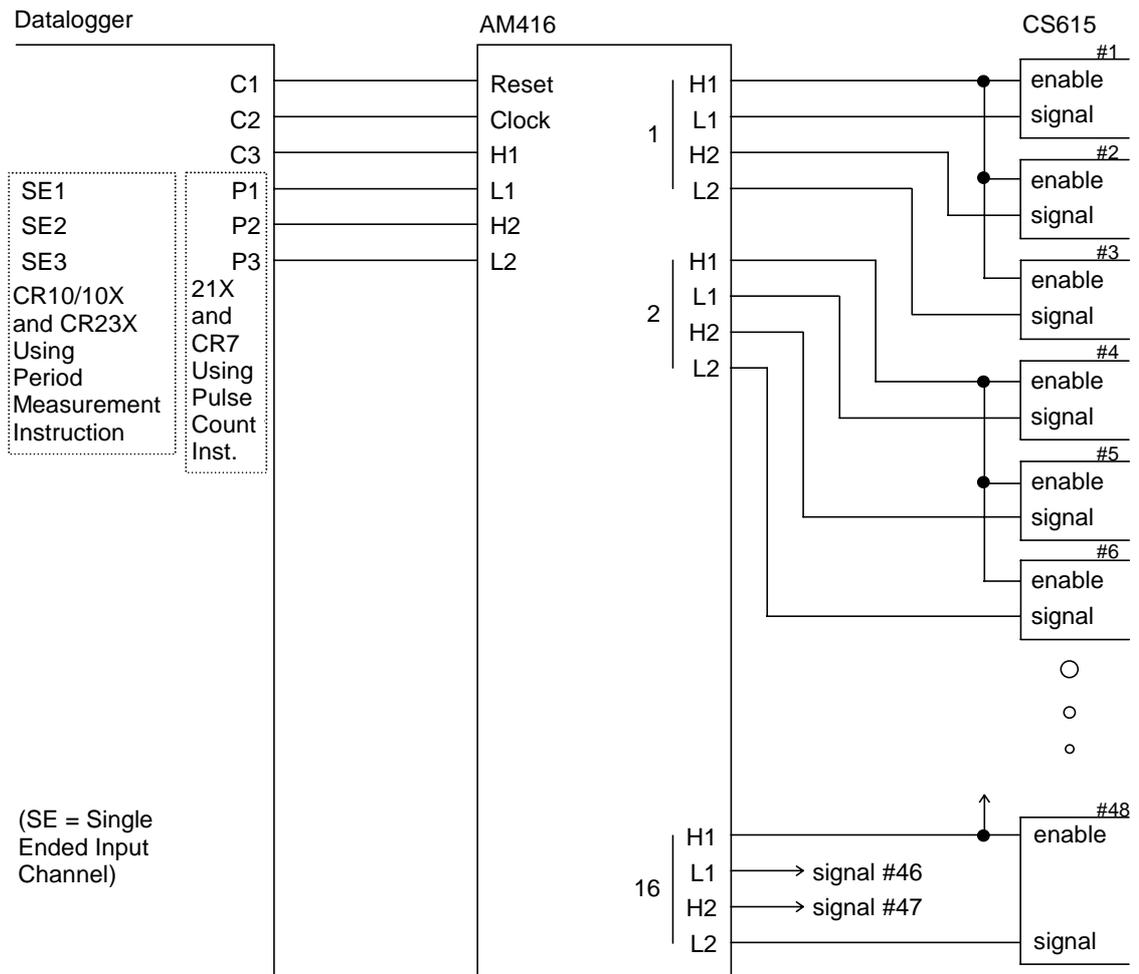


Figure 3 : Configuration de multiplexage de 48 CS615s à l'aide d'un AM416, avec différentes centrales de mesure

Vous aurez noté que les CR500/510 sont généralement programmées par « Short Cut », ce qui implique d'utiliser les connexions proposées.

Annexe A. Interférences électro-magnétiques

Comment éviter les interférences

Le principe de mesure de la CS615 est tel que le capteur forme une oscillation haute fréquence, dont les tiges sensibles sont une partie intégrante du circuit d'oscillation. Une des conséquences de cela est que le capteur peut agir de la même façon qu'un petit émetteur radio, dont les tiges seraient l'antenne de transmission.

Cette annexe liste les problèmes potentiels vis à vis du respect des interférences électromagnétiques, et les façons de minimiser les effets de cette interférence.

A 1. Introduction

Selon le type d'installation et le type de méthode de mesure utilisée par la CS615, l'émission d'ondes radios du capteur peut dépasser la limite (pour l'Union Européenne) de génération d'interférence définie par la norme BS EN55022.

Les émissions sont à un niveau très bas – au pire 1/300ème du signal d'un téléphone cellulaire- mais peuvent causer des interférences sur d'autres équipements de mesure, ou encore sur des récepteurs radio ou télévision environnants.

Les capteurs doivent être utilisés de la façon décrite ci dessous, afin de minimiser les risques d'interférence sur un système de mesure (le vôtre ou un autre).

A 2. Minimiser l'interférence générale

Pour éviter une interférence généralisée, vous devriez suivre les indications suivantes :

- a) N'alimentez vos capteurs qu'au moment où vous prenez réellement la mesure – ne laissez jamais le capteur alimenté en permanence, surtout lorsqu'il n'est pas dans le sol.
- b) Si cela est possible, utilisez l'instruction de mesure de périodes (P27), car elle vous permet de mesurer vos capteurs en seulement quelques dixièmes de msec.
- c) Ne prenez pas de mesures plus souvent que cela est nécessaire. Dans la plupart des applications, une mesure toutes les quelques minutes ou même à quelques heures d'intervalle est suffisante, car la teneur en eau du sol est un phénomène qui varie de façon lente.
- d) Évitez de faire fonctionner les capteurs à côté d'autres équipements, et de préférence à un minimum de 200m de toute résidence.

A 3. Minimiser les problèmes avec un système de mesure

Pour éviter les problèmes avec un équipement de mesure spécifiques vous devez :

- a) Ne pas installer les capteurs très proches les uns des autres, surtout si vous les alimentez en même temps que vous prenez des mesures avec les CS615.

Par exemple, si vous mesurez la CS615 par le compteur d'impulsion et que dans le même temps vous mesurez la température du sol à l'aide d'un capteur 107, il faut que les capteurs soient physiquement séparés d'au moins 500mm, ou alors que votre programme d'acquisition de mesures soit écrit de façon à ce que les mesures de 107 soient effectuées uniquement quand les CS615 ne sont pas en état de fonctionnement.

- b) Si plusieurs capteurs CS615 sont installés à proximité les uns des autres à l'intérieur du sol, ils devraient être mis en état de fonctionnement puis mesurés de façon individuelle, ou bien séparés physiquement d'au moins 200mm. Cet espacement est nécessaire pour des capteurs adjacents. Dans des sols à forte conductivité électrique, des capteurs ont parfois été observés en train d'entrer en résonance à la même fréquence.