

Sonde de niveau ultra-sons

Manuel d'utilisation



Sommaire

Caractéristiques techniques	p.2
Introduction	p.2
Principes liés aux ultrasons	p.2
Remarques sur les gaz liquides ignifuges	p.2
Préparation	p.3
Description du matériel (appareil numérique standard)	p.3
Préparation de la sonde de niveau ultrasons pour utilisation	p.4
Premières utilisations	p.4
Test de fonctionnement	p.5
Remarques	p.5
Calcul du niveau	p.6
Utilisation	p.8
Localisation du niveau de liquide avec la sonde de niveau ultrasons	p.8
Remarques pour l'utilisateur	p.9
Accessoires	p.11
Entretien de l'appareil	p.11

Caractéristiques techniques

Alimentation	4 x AA 1,5 V batteries
Consommation électrique	230 mA
Autonomie	10 heures
Taille des capteurs « humide/sec »	16 x 16 mm
Poids	500 g
Dimensions	155 x 95 x 45 mm

Introduction

La sonde de niveau ultrasons est un indicateur de niveau de liquide permettant de localiser les niveaux et de vérifier le contenu pour les gaz ignifuges stockés sous forme liquide dans des cylindres d'une seule épaisseur. La sonde de niveau ultrasons est conçue pour une utilisation sur le CO₂, Halon, FM200™ et autres produits de substitution du Halon, stockés sous forme liquide dans des types de cylindres communément utilisés. Elle n'est pas conçue pour les produits ignifuges qui ne sont pas stockés sous forme liquide.

Principes liés aux ultrasons

La sonde de niveau ultrasons fonctionne selon le principe suivant : elle émet un signal ultrason puis analyse le signal reçu en retour depuis le récipient contre lequel le capteur est appliqué.

Les ultrasons sont des sons dont la fréquence n'est pas perceptible par l'oreille humaine. Pourtant ils ont les mêmes propriétés que les autres sons, c'est à dire qu'ils se déplacent plus rapidement dans la plupart des liquides que dans l'air. La sonde de niveau ultrasons mesure cette différence, identifiant ainsi où se situe le niveau, avec une précision de +/- 1,5 mm, si utilisée correctement. Pour les vérifications courantes des extincteurs, une marge d'erreur de 50 % est acceptable (soit 75 mm pour un cylindre de CO₂ de 45 kg).

Les matériaux diminuent l'écho des ondes reçues selon des degrés différents. Le signal reçu en retour génère les données affichées sur l'écran digital et provoque l'allumage des diodes Led à un niveau défini pour chaque cylindre en fonction du calibrage. Les capteurs sont façonnés à la main à partir des minéraux naturels, chaque capteur est ainsi unique. Chaque capteur, chaque cylindre et chaque liquide générera des données légèrement différentes, les données obtenues ne sont donc pas des valeurs absolues. Cependant, la constante réside dans le fait que, en déplaçant le capteur vers le haut ou vers le bas le long du cylindre, une modification significative des données peut être observée lorsque le niveau du liquide est atteint. Les données obtenues peuvent varier selon beaucoup de facteurs, tels que le fait de sortir le cylindre de son support, de prendre des mesures sur une soudure, sur le haut incurvé du cylindre ou différents côtés du cylindre. Par conséquent, il est indispensable de calibrer l'appareil pour chaque cylindre avant d'effectuer la prise de mesures.

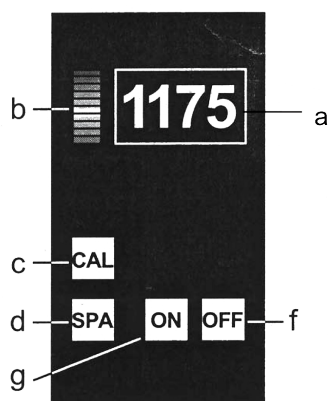
Remarques sur les gaz liquides ignifuges

1. Remarques sur le Halon :
Les extincteurs utilisant du Halon ne sont plus autorisés dans l'union européenne. Certains besoins de l'armée, de l'aviation et de la police libèrent ces dernières des obligations liées à cette législation.
2. Remarques sur le FM200™.
FM200™ est un des produits de substitution du halon 1301 les plus prisés. Il est idéal pour une utilisation dans les espaces publics ou compartimentés, et se dissipe rapidement. Prévu pour les risques incendie de Classe A, la quantité de FM200™ nécessaire à l'extinction est seulement de 7 % par volume. La sonde de niveau ultrasons fonctionne en mode inversé pour le FM200™, c'est à dire que les données sont plus élevées au-dessous du niveau du liquide.
3. Remarques sur le Dioxyde de Carbone :
Les cylindres standard en acier utilisés pour le CO₂ ont une contenance de 67,5 litres pour 45 kg de CO₂. Les utilisations les plus courantes concernent les locaux où sont placés les générateurs et les panneaux de contrôle électriques, les ères de stockages de liquides inflammables, les installations pour matériel de peinture, les fours, la marine, les installations liées à la manipulation d'explosifs et les installations techniques.

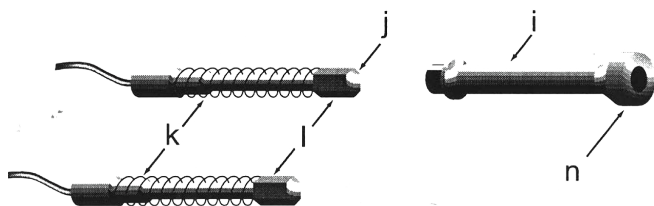
Préparation

Description du matériel (appareil numérique standard)

- 1 sonde de niveau ultrasons.
- 1 capteur sec standard et son applicateur.
- 1 tube de gel ultrasonique.
- 4 piles 1,5 V DC 'AA'.
- 1 sacoche de transport en plastique.
- 1 notice d'utilisation.
- 1 certificat de calibrage.



- a. Écran d'affichage LCD : écran à cristaux liquides - 4 chiffres noirs.
 - b. Affichage lumineux Led : diodes - 4 lumières rouges.
 - c. CAL : commande de calibrage.
Pour calibrer l'appareil au récipient métallique.
 - d. SPA : « Special Power Addition ».
Transmission d'un signal d'une puissance supérieure si nécessaire.
 - f. Off : arrêt.
 - g. On : marche.
 - i. Applicateur.
 - j. Embout bleu ou noir pour le capteur « sec » seulement.
 - k. Capteur.
 - l. Pointe du capteur.
 - n. Extrémité de l'applicateur.
- Le trou de clé Allen doit être dirigé vers le haut lors des relevés.



Préparation (suite)

Préparation de la sonde de niveau ultrasons pour utilisation

1. Insérer des nouvelles piles ou des batteries complètement rechargées.
2. Vérifier que le capteur et l'applicateur sont correctement assemblés.
3. Lorsque l'on allume l'appareil, avant d'appliquer le capteur contre un cylindre, l'écran digital doit afficher -000, ou un chiffre, quel qu'il soit, au-dessous de -050, et les diodes ne doivent pas être allumées.
4. Si une ou deux diodes sont allumées alors que le capteur n'est pas placé contre un cylindre, l'appareil fonctionnera quand même correctement. Ces lumières devraient normalement disparaître après quelques utilisations.
5. Les chiffres affichés sur l'écran digital changent souvent de quelques unités, à la fois lorsque le capteur est placé contre un cylindre et quand ce n'est pas le cas. Ceci est une caractéristique liée aux ultrasons et non un dysfonctionnement (l'affichage digital représente l'activité ultrasonique de l'appareil).
6. L'appareil et le capteur peuvent être vérifiés rapidement en plongeant le capteur dans de l'eau. Les diodes s'allumeront et les chiffres de l'écran digital s'élèveront approximativement jusqu'à 1000.
7. NB : l'embout en caoutchouc du capteur « sec » doit être en bon état. Ceci est essentiel pour obtenir des résultats fiables.
8. Il faut s'assurer que le capteur se déplace sûrement mais facilement malgré la résistance du ressort dans l'applicateur. S'il y a trop de résistance, dévisser légèrement le bout du câble afin d'assouplir le mouvement. Il ne faut démonter l'applicateur en aucun cas. Celui-ci a été monté et calibré pour chaque sonde de niveau ultrasons à l'usine.

Premières utilisations

1. Avant de déballer l'appareil, nous recommandons aux utilisateurs de lire minutieusement la notice d'utilisation trois fois afin de se familiariser avec son utilisation. Nous vous prions de faire ceci le plus lentement possible.
2. Nous recommandons ensuite d'effectuer le test de fonctionnement décrit ci-dessous avant d'utiliser la sonde de niveau ultrasons sur des extincteurs ou autres cylindres sur le terrain, afin de s'habituer à l'utilisation de l'appareil dans des conditions où le liquide est facilement repérable. Ceci est seulement un test relatif au fonctionnement de l'appareil. NB : attention, pour ce test la sonde de niveau ultrasons fonctionne en mode inversé et les résultats ne doivent en aucun cas être comparés à ceux obtenus pour du CO₂, du Halon ou d'autres gaz sous forme liquide.
3. Il est nécessaire d'apprendre à calculer mathématiquement le niveau de liquide estimé avant d'utiliser la sonde de niveau ultrasons sur des systèmes d'extinction, ceci est essentiel pour les contrôles de sécurité incendies (voir page 6).

Préparation (suite)

Test de fonctionnement

Équipement nécessaire :

- 1 sonde de niveau ultrasons.
- 1 récipient en acier d'une hauteur approximative de 15 cm. Un ustensile ménager peut convenir.

1. Remplir à moitié le récipient avec de l'eau.
2. Allumer la sonde de niveau ultrasons. Aucune diode ne sera allumée. L'écran digital affichera un chiffre très bas (par ex. -001).
3. Appliquer un peu de gel ultrasonique sur la pointe du capteur et sur une bande verticale de 25 mm de large sur le côté du récipient test.
4. Plonger la pointe du capteur dans l'eau. Les quatre diodes vont s'allumer et le résultat affiché sur l'écran digital augmentera rapidement. Ceci indique que le capteur fonctionne correctement.
5. Appuyer le capteur contre la paroi du récipient sur le gel ultrasonique jusqu'à ce que le ressort soit comprimé dans l'applicateur. (Si nécessaire, effectuer ceci sur une surface plane et sèche pour se familiariser avec la manipulation).
6. Rajouter un peu de gel ultrasonique sur le capteur. Placer le capteur environ 50 mm au-dessous du niveau de l'eau sur l'extérieur du récipient. Maintenir le capteur fermement contre la paroi. Appuyer sur la commande CAL pendant 7 sec pour calibrer la sonde de niveau ultrasons au métal du récipient. Les quatre diodes vont s'allumer.
7. Ajouter encore un peu de gel sur le capteur. Le placer sur l'extérieur du récipient, environ 25-50 mm au-dessus du niveau de l'eau. Toutes les diodes vont s'éteindre et les chiffres diminuer.
8. Déplacer le capteur vers le haut par petits intervalles (en prenant soin de le soulever chaque fois, il est extrêmement important de ne pas faire glisser le capteur car cela pourrait l'endommager et donner des résultats non fiables). Appliquer un peu de gel sur le capteur chaque fois pour assurer une bonne transmission des ultrasons. Lorsque les diodes s'éteignent et que les chiffres diminuent, le capteur est juste au-dessus du niveau de l'eau.
9. Par très petits intervalles, descendre le capteur jusqu'à ce que toutes les diodes soient allumées et que l'écran digital affiche environ 400-500 (bien que ces chiffres puissent varier en fonction du type de cylindre). Vous avez réussi à localiser le niveau (en utilisant l'appareil en mode inversé - voir p. 9).
10. Le point de repère du niveau est situé sur le haut de la pointe du capteur (c'est à dire haut de l'embout caoutchouc sur le capteur sec); et non de l'applicateur.

Remarques

- Gel ultrasonique : il est nécessaire d'en appliquer un peu chaque fois que le capteur est déplacé. Bien nettoyer après le test car il laisse une pellicule invisible sur le cylindre lorsqu'il sèche.
- Préparation des surfaces : toujours nettoyer une bande verticale de 25 mm de large sur chaque cylindre avant d'effectuer les mesures.
- Déplacement du capteur : ne pas faire glisser le capteur.
- Calibrage : aucun cylindre n'est identique à un autre, même s'ils sont produits par la même société. Il est donc essentiel de calibrer à nouveau l'appareil pour chaque récipient avant de commencer les mesures. Il est également important de ne pas calibrer l'appareil sur des parties du récipient susceptibles d'être d'une épaisseur irrégulière telles que les soudures, le dôme et la base. L'appareil doit être re-calibré chaque fois qu'il est mis en marche, même si le récipient a déjà été testé.
- Commande SPA : cette commande permet d'accroître la puissance lorsque le signal n'est pas assez fort pour générer l'allumage des diodes. Lorsqu'on appuie sur cette commande, une lumière verte s'allume. N'utiliser que lorsque le signal n'est pas assez puissant, en particulier lors d'une utilisation sur une surface irrégulière ou en mauvais état.

Préparation (suite)

Calcul du niveau

Avant d'utiliser la sonde de niveau ultrasons sur un cylindre, le niveau estimé doit être calculé et marqué selon les méthodes suivantes.

Calcul du niveau - CO2

Tous les cylindres de CO2 sont habituellement remplis aux 2/3 de la hauteur du cylindre. Cependant, ce niveau change en fonction de la température. Dans des circonstances normales, ce niveau ne peut pas être vérifié pour des températures supérieures à 27°C (80°F), car le liquide risque d'être monté trop haut dans le cylindre. A une température de 31°C (87°F), le CO2 n'est plus sous forme liquide mais passe à l'état de gaz, et n'a donc plus de niveau liquide. Si nécessaire, il faut utiliser de la glace pour abaisser la température de la pièce où se situe le CO2 jusqu'à 26-27°C.

Le tableau suivant montre les niveaux de liquide corrects pour la plupart des cylindres courants de CO2 à diverses températures. Toutes ces données sont basées sur un remplissage initial aux 2/3 de la hauteur du cylindre.

Tableau 1 : Pouces (1" = 25 mm)

Dimensions du cylindre de CO2			Hauteur correcte du contenu à :				
			5°C	10°C	15°C	20°C	25°C
59.0"	X	10.5"	38"	40"	42"	45"	48"
73.5"	X	7.0"	47"	49"	51"	54"	58"
43.0"	X	9.0"	27"	28"	29"	31"	34"
69.0"	X	8.0"	45"	46"	48"	51"	56"
55.5"	X	9.0"	41"	42"	44"	48"	52"
71.5"	X	9.0"	46"	48"	51"	54"	59"
72.0"	X	8.5"	53"	56"	59"	63"	68"

Tableau 2 : Cm (2.5 cm ou 25 mm = 1")

Dimensions du cylindre de CO2			Hauteur correcte du contenu à :				
			5°C	10°C	15°C	20°C	25°C
150 cm	X	26.70	96.50	101.50	107.00	114.50	122.00
185.50	X	17.80	119.50	124.50	129.50	137.00	147.50
186.70	X	22.40	68.5	71.00	73.50	78.50	86.50
175.20	X	20.30	114.50	117.00	122.00	129.50	142.00
141.00	X	22.90	104.00	107.00	112.00	122.00	132.00
181.60	X	22.90	117.00	122.00	129.50	137.00	150.00
183.00	X	2.60	134.50	142.00	150.00	160.00	173.00

Préparation (suite)

Halon et ses produits de substitution

Les niveaux de remplissage des cylindres de halon sont calculés en fonction du niveau correct nécessaire à l'utilisation que l'on veut en faire. Ainsi, les taux de remplissage peuvent varier. Toutefois, si on connaît la hauteur du cylindre, sa contenance pour de l'eau et le poids de remplissage du halon (en kg), un simple calcul permet d'estimer le niveau de remplissage correct.

Les gaz de type Halon sont moins réactifs aux variations de températures que le CO₂ ; les mesures sur les cylindres peuvent donc être effectuées lorsque les températures atteignent 40°C (105°F). La température critique pour le halon se situe à 55°C.

• Calcul du niveau - Halons

- Identifier la contenance en eau du cylindre. Celle-ci est habituellement indiquée à la base du cylindre ou près de la valve (par ex. CE 25 litres).
- Mesurer la hauteur du cylindre, de la base du cylindre à la base de la valve.
- Diviser la contenance (CE) du cylindre par la hauteur du cylindre. Ceci indique la quantité d'eau par cm ou par pouce de la hauteur du cylindre.
- Trouver ensuite le poids de remplissage du halon, normalement indiqué sur l'étiquette du cylindre, et mesuré en kg.
- À l'aide du tableau 2 ci-dessous, diviser le poids de remplissage du halon par le ratio lui correspondant afin de connaître le volume d'eau (VE) correspondant au contenu de halon.
- Enfin diviser le volume d'eau (calculé paragraphe v ci-dessus) par la contenance en eau du cylindre (CE) par cm ou par pouce (voir paragraphe a3 ci-dessus). Ce résultat donne la hauteur en cm ou en pouces du contenu équivalent en eau. Placer un repère à la craie sur le cylindre.

Tableau 2 :

Type de Halon	Poids du Halon (en kg) par litre d'eau à :					
	15°C	20°C	25°C	30°C	35°C	40°C
1211	1.83	1.82	1.80	1.78	1.76	1.74
1301	1.51	1.58	1.54	1.50	1.46	1.41

• Calcul du niveau - Halons

Pour cet exemple, nous avons utilisé les dimensions suivantes :

- Contenance en eau du cylindre (CE) : 30 l.
- Hauteur du cylindre : 100 cm (40").
- Poids de remplissage du Halon : 25 kg.
- Type de Halon : 1301.
- Température : 25°C.

CE divisé par la hauteur du cylindre ($30 \div 100 = 0.3L / cm$).

Poids de remplissage divisé par ratio (Tableau 2) ($25 \div 1.54 = 16.2$ l Volume Eau)

Volume Eau divisé par la contenance en eau du cylindre ($16.2 \div 0.3 = 54$ cm, hauteur à marquer à la craie sur le cylindre).

• Calcul du niveau - FM200™

Pour les cylindres contenant du FM200™, utiliser la même méthode de calcul que pour le halon, sauf qu'au lieu d'utiliser les ratios du tableau 2, on utilisera un quotient universel de 1.4 kg par litre, pour estimer approximativement le niveau de remplissage. On ne dispose pas actuellement de plus d'information. L'appareil fonctionne en mode inversé pour le FM200™, c'est à dire que le résultat affiché sur l'écran digital est plus haut au-dessous du niveau de liquide qu'au-dessus.

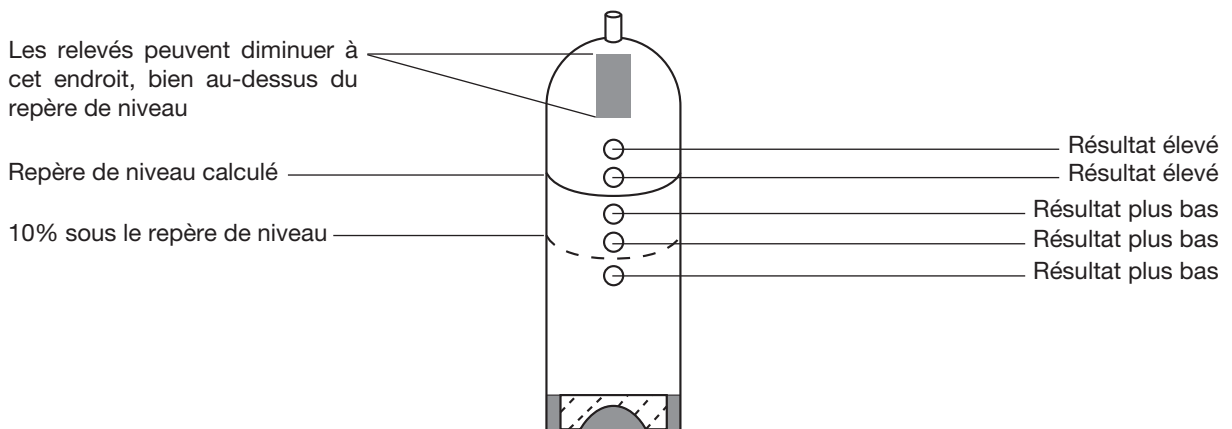
Utilisation

Localisation du niveau deliquide avec la sonde de niveau ultrasons

Maintenant que les niveaux ont été calculés et que les repères ont été placés sur le(s) cylindre(s), assurez-vous que votre sonde de niveau ultrasons a bien été préparé pour son utilisation selon les procédures décrites dans les pages précédentes.

1. Allumer l'appareil et placer le capteur contre le cylindre en s'assurant que le trou de clé Allen sur l'applicateur est dirigé vers le haut. Afin d'optimiser le résultat, le capteur doit être maintenu contre le cylindre pendant 2 à 3 secondes.
2. Si l'aimant ne tient pas solidement sur le cylindre, le capuchon de l'applicateur peut être desserré pour réduire la pression appliquée sur le ressort. Il est également possible de tenir le capteur fermement en place manuellement.
3. Calibrer l'appareil comme cela est décrit à la page 5, Test de fonctionnement, paragraphe 06. L'appareil doit être calibré spécifiquement pour chaque cylindre avant les mesures.
4. Si le cylindre est en mauvais état ou si le résultat affiché reste bas (moins de 200 lorsque le capteur est au-dessus du niveau), il faut utiliser un peu de gel pour assurer un bon contact entre le capteur et le cylindre. Il faut également rajouter un peu de gel chaque fois que l'on replace le capteur contre le cylindre.
5. Si le résultat affiché est très bas, la commande SPA peut être utilisée en pressant le bouton SPA une fois, pour améliorer le relevé. La commande SPA ajoute environ 10% de puissance au capteur mais consomme plus d'énergie et réduit donc l'autonomie de l'appareil. Une diode verte sera allumée pour indiquer que la commande SPA est activée. Pour revenir en mode normal, il suffit de presser le bouton SPA une fois et la diode verte s'éteindra.

Schéma représentant un relevé type sur un cylindre standard de CO2 de 45 kg



La structure du cylindre devient généralement plus épaisse sur le dôme. Eviter cette partie et travailler 50 mm au-dessous.

L'épaisseur du cylindre est généralement de 3 mm mais elle est rarement uniforme et ces inégalités pourraient être observées au microscope. Il est donc très important de calibrer l'appareil pour chaque cylindre différent. De plus chaque cylindre possède ses propres caractéristiques ultrasoniques. Les relevés doivent être pris sur une ligne verticale imaginaire afin de réduire les variations dues à la structure du cylindre.

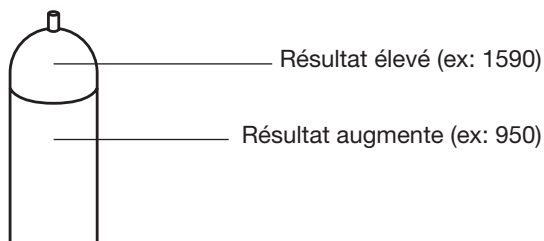
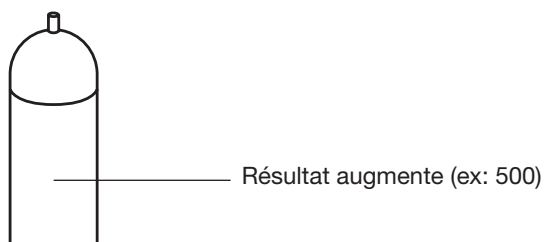
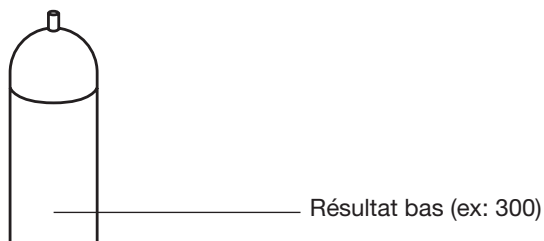
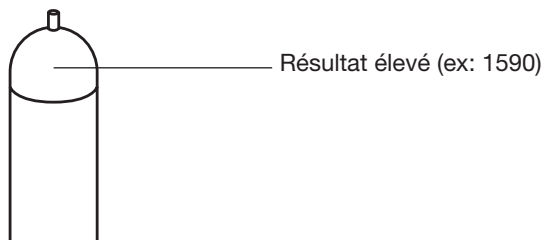
Utilisation (suite)

Remarques pour l'utilisateur

- Peser : si les relevés au-dessus et au-dessous du niveau sont les mêmes, ou si la différence entre les deux n'est pas au moins de 50%, le cylindre doit être considéré comme vide et pesé pour confirmation. En cas de doute, choisir la sécurité : isoler et peser. La sonde de niveau ultrasons est un indicateur dont le but est de gagner du temps. Mais c'est à l'utilisateur de prendre la bonne décision.
- Relever le niveau : le niveau est relevé depuis le dessus du capteur, non de l'applicateur. Dans les cas où un résultat très précis est nécessaire, ce point doit être estimé ou un repère doit être tracé le long de l'applicateur.
- Diodes Led : la précision d'allumage des diodes dépendra du calibrage. Il est aussi possible qu'elles ne s'allument pas pour certains cylindres pour lesquels le chiffre affiché sur l'écran LCD est inférieur à 050. Dans les deux cas, il est toujours possible de trouver le niveau dans la mesure où c'est la modification significative des chiffres de l'écran digital qui est déterminante.
- Embout caoutchouc : l'embout caoutchouc placé sur le capteur doit être en bon état pour donner de bons relevés. Faire toujours attention à cet embout, plus précisément, ne jamais le faire glisser le long du cylindre, toujours soulever le capteur chaque fois et le déplacer par petits intervalles. Utiliser le gel ultrasonique jusqu'à la maîtrise complète de l'appareil avant d'envisager une utilisation « à sec » sans gel.
- Applicateur : l'applicateur doit toujours être utilisé avec le petit trou de clé Allen dirigé vers le haut. Ceci est essentiel pour obtenir des relevés pertinents.
- Mode inversé : pour certains récipients et certains liquides, les relevés affichés sur l'écran digital sont plus élevés au-dessous du niveau de liquide. Ceci est le Mode inversé. Le principe reste le même; on cherche à observer un changement significatif des chiffres affichés. Dans ce cas, les diodes doivent être calibrées au-dessous du niveau au lieu d'au-dessus.
- Gel : si le cylindre est en mauvais état, utiliser beaucoup de gel ultrasonique pour améliorer la réceptivité.

Utilisation (suite)

Relevés approx. attendus sur l'écran digital



Calcul du niveau - CO2

1. Mesurer la hauteur du cylindre avec un mètre ruban, de la base du cylindre à la base de la valve.
2. Diviser la hauteur du cylindre par 3 puis multiplier le résultat par 2.
3. Tracer un repère sur le cylindre sur le niveau calculé en (2) (par ex. avec de la craie) comme repère permanent.
4. Vérifier la température. Le niveau se situe normalement aux 2/3 de la hauteur pour une température de 5 à 10°C (40-50°F). Au-dessus de cette température, le niveau s'élèvera au-dessus du repère tracé sur le cylindre à raison de 50 mm (2 pouces) pour chaque élévation de 5°C (10°F).

Ces calculs ne sont pas nécessaires si les dimensions du cylindre sont répertoriées dans les tableaux page 7.

Utilisation (suite)

Accessoires

Capteur « humide »

Le capteur « humide optionnel » permet une utilisation sur des cylindres en mauvais état, lorsque des revêtements épais ou irréguliers ou des surfaces rouillées empêchent un contact satisfaisant entre le capteur sec et la paroi du cylindre. Ce capteur doit être positionné dans l'applicateur (fig. 2) puis utilisé de la même manière que le capteur « sec », mais avec du gel ou de l'eau entre le capteur et le cylindre afin de favoriser un contact complet. Le gel (ou l'eau) doit être appliqué sur chaque emplacement où le capteur sera apposé afin d'assurer des relevés pertinents.

Tige d'extension pour cylindres en série

Assembler la tige d'extension, en prenant soin de ne pas coincer le câble. Glisser le capteur dans la fente jusqu'à ce qu'il soit aligné avec le milieu des cylindres lorsque l'on tient la tige d'extension en position horizontale. Toujours utiliser du gel pour les cylindres en mauvais état et, en règle générale, pour faciliter la prise de relevés sur tous les récipients. Vérifier les niveaux de la même manière qu'avec un capteur sec standard, en passant la tige entre chaque rangée de cylindres puis en la positionnant horizontalement. Vérifier chaque cylindre un par un, en s'assurant que le capteur est appliqué bien droit et fermement contre le cylindre, formant un bon contact. Il est important de calibrer l'appareil pour chaque cylindre avant de prendre des relevés.

Entretien de l'appareil

1. Toujours enlever les piles (ou batteries) avant de ranger l'appareil.
2. Bien nettoyer la pointe du capteur, l'applicateur et le cylindre après les relevés afin d'éliminer toute trace de gel.
3. Pour remplacer l'embout du capteur sec, nettoyer la pointe du capteur avec un papier abrasif (grain très fin : 600) sur une surface plane puis coller le nouvel embout avec de la super glue, en faisant particulièrement attention à ce qu'il n'y ait pas d'air emprisonné entre l'embout et le capteur.