

## Mode d'emploi Tests de durabilité du béton



## Sommaire

1	Sécurité et responsabilité. . . . .	3
2	Démarrer . . . . .	3
2.1	Éléments de base sur le Resipod. . . . .	3
2.2	Le principe de mesure du Resipod . . . . .	4
2.3	L'écran du Resipod . . . . .	5
3	Mesurer la résistivité avec le Resipod . . . . .	7
3.1	Effectuer une mesure. . . . .	7
3.2	Fonction mémoire . . . . .	8
4	Mesures de résistivité sur site . . . . .	10
4.1	Influences. . . . .	10
4.2	Applications . . . . .	11
5	Applications de contrôle qualité. . . . .	13
5.1	Resipod Bulk Resistivity. . . . .	13
5.2	Resipod Geometric . . . . .	16
6	Unités, pièces et accessoires . . . . .	17
7	Spécifications techniques . . . . .	17
8	Maintenance et support. . . . .	18
9	Logiciel ResipodLink . . . . .	20

# 1. Sécurité et responsabilité

## Sécurité et précautions d'usage

Ce mode d'emploi contient d'importantes informations sur la sécurité, l'utilisation et la maintenance du Resipod. Lire attentivement le mode d'emploi avant la première utilisation de l'appareil. Conserver le mode d'emploi dans un endroit sûr pour pouvoir le consulter ultérieurement.

## Responsabilité

Nos «Conditions générales de vente et de livraison» s'appliquent dans tous les cas. Les réclamations relatives à la garantie et à la fiabilité à la suite de dommages corporels et matériels ne sont pas prises en compte si elles sont imputables à une ou à plusieurs des causes suivantes :

- Utilisation de l'instrument non conforme à l'usage prévu décrit dans ce mode d'emploi.
- Contrôle de performance incorrect pour l'utilisation et la maintenance de l'appareil et de ses composants.
- Non-respect des instructions du mode d'emploi relatives au contrôle de performance, à l'utilisation et à la maintenance de l'appareil et de ses composants.
- Modifications de structure non autorisées de l'appareil et de ses composants.
- Dommages graves résultant des effets de corps étrangers, d'accidents, de vandalisme et de force majeure.

Toutes les informations contenues dans cette documentation sont présentées de bonne foi et tenues pour exactes. Proceq SA n'assume aucune garantie et exclut toute responsabilité quant à l'intégrité de la précision des informations.

## Consignes de sécurité

L'instrument ne doit pas être utilisé par des enfants ni par des personnes sous l'influence de l'alcool, de drogues ou de produits pharmaceutiques. Toute personne n'étant pas familiarisée avec ce mode d'emploi doit être supervisée lors de l'utilisation de l'instrument.

## 2. Démarrer



**Remarque :** lorsqu'ils sont expédiés, les blocs de batteries ne sont pas chargés. Avant usage, charger complètement la batterie. Afin d'éviter d'endommager la batterie, éviter de la décharger complètement ou de la stocker longtemps lorsqu'elle est déchargée. Entreposer l'instrument à la température ambiante et charger complètement la batterie au moins une fois par an.

### 2.1 Éléments de base sur le Resipod

#### Chargement du Resipod

Le symbole d'état de charge de la batterie s'affiche lorsqu'il est à 10% de sa capacité maximale. Dans ce cas il est encore possible d'effectuer un grand nombre de mesures mais il est recommandé de recharger la batterie en reliant l'instrument à un chargeur mural ou à un PC par la prise USB. Un cycle de chargement complet dure environ 6 heures. L'autonomie est > 50 heures.

#### Fonctionnement - Alimentation MARCHÉ / ARRÊT

Appuyez sur le bouton «Maintenir» situé sur le côté du Resipod pour le mettre en marche. Appuyez et maintenez le bouton appuyé pendant plus de 2 s pour éteindre le Resipod (arrêt automatique au bout de 10 min. de veille)

Maintenir



Enregistrer

### Contrôle fonctionnel

Effectuez un contrôle fonctionnel tel que décrit au chapitre 8.

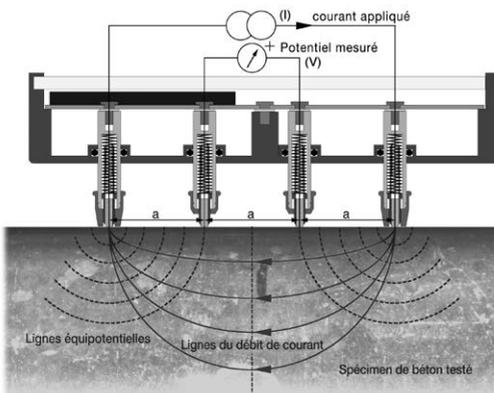
### Effectuer un reset



Un petit bouton de réinitialisation est situé sous le couvercle étanche de la prise USB. Si l'instrument s'est verrouillé ou ne répond pas, appuyer sur ce bouton avec un trombone permettra d'effectuer une réinitialisation.

## 2.2 Le principe de mesure du Resipod

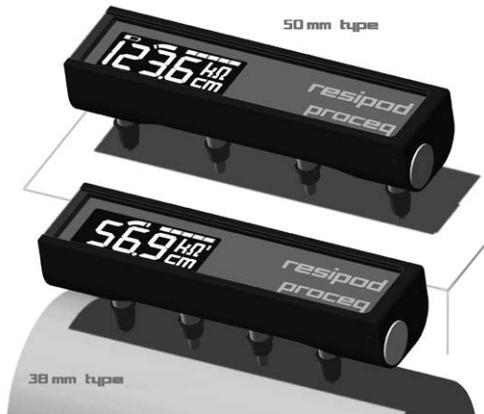
Le Resipod est une évolution du résistivimètre CNS Farnell RM MKII, standard dans l'industrie, fonctionnant sur le principe de la sonde Wenner.



Le Resipod est conçu pour mesurer la résistivité électrique du béton. Un courant est appliqué aux deux sondes externes et la différence de potentiel est mesurée entre les deux sondes internes. Le courant est transporté par des ions dans le liquide se trouvant dans les porosités. La résistivité calculée dépend de l'espacement des sondes.

$$\text{Résistivité } \rho = 2\pi aV/I \text{ [k}\Omega\text{cm]}$$

## Modèles de Resipod



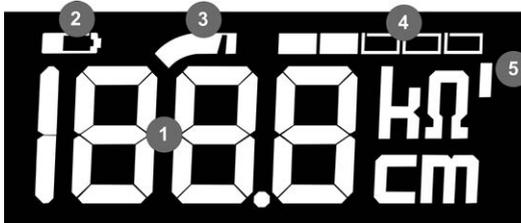
Deux versions de Resipod sont disponibles :

- Le modèle avec espacement de sondes de 50 mm conforme au standard industriel accepté.
- Le modèle avec espacement de sondes de 38 mm (1,5") conforme à la spécification de la méthode de test des résistivités de surface AASHTO T 358.

En raison de la nature non homogène du béton, un espacement de sondes plus important est préférable car il permet un débit plus homogène du courant de mesure. Cependant, elle doit généralement être décalée en raison de la nécessité d'éviter l'influence des armatures d'acier (voir chapitre 3). Un espacement de 50 mm est considéré comme un bon compromis.

Les deux unités fonctionnent avec un courant alternatif de 40 Hz généré numériquement à 38 V max.

### 2.3 L'écran du Resipod



1. La résistivité mesurée
2. État de charge de la batterie
3. Indication de la gamme
4. Indication du courant  
20%, 40%, 60%, 80%, 100%
5. Indication de mesure graduée

#### Résistivité mesurée

La résolution de l'écran dépend de la résistivité mesurée et de la circulation du courant. Voir caractéristiques techniques.

#### État de charge de la batterie

Le symbole d'état de charge de la batterie s'affiche lorsqu'il est à 10% de sa capacité maximale. Sinon il est masqué.

## Indication de la gamme

Resipod possède deux gammes de courant.



Indicateur de gamme du côté droit : gamme de 200  $\mu$ A

Si la résistance externe (la résistance de contact des deux sondes externes plus la résistance du spécimen) n'est pas trop élevée, le Resipod envoie le courant maximum (200  $\mu$ A) dans le spécimen.



Indicateur de gamme du côté gauche : gamme de 10 à 50  $\mu$ A

Si la résistance externe est trop élevée, le Resipod commute automatiquement avec un courant de 50  $\mu$ A.

Pour des résistances plus élevées, l'unité applique la tension maximale entre les électrodes externes et mesure le courant résultant dans le spécimen. Dans ce cas, la résistivité affichée est une valeur calculée (tension dans les sondes internes divisée par le courant mesuré dans les sondes externes) et la mesure est arrondie à la valeur  $k\Omega$ cm la plus proche. Ce mode fonctionne jusqu'à un courant de 10  $\mu$ A (1 segment lit). En dessous de cette gamme «OL» est indiqué. (Voir «Indication de connexion faible» ci-dessous).

## Indication du courant



Les cinq segments lit indiquent que les 200  $\mu$ A ou 50  $\mu$ A sont envoyés dans l'objet à tester. Si c'est possible, (voir ci-dessus), l'écran indique ce courant sous la forme de la valeur multiple de 10  $\mu$ A la plus proche.

## Indication de mesure graduée

Le logiciel ResipodLink permet à l'utilisateur d'introduire une correction de la valeur affichée. Il est typiquement utilisé avec un espacement de sondes non standard auquel cas la valeur d'espacement de sondes utilisée pour calculer la résistivité doit être modifiée. Il peut également être utilisé pour introduire une correction basée sur un facteur de forme si c'est souhaité.



Lorsque l'apostrophe à droite du symbole  $k\Omega$  s'affiche, cela indique qu'un facteur de correction a été appliqué.

## 3 Mesurer la résistivité avec le Resipod

### Préparer la surface du béton

La surface du béton ne doit pas être revêtue d'un revêtement électriquement isolant et elle doit être propre. La grille d'armature située sous la surface doit être repérée au moyen d'un détecteur d'armatures (le profoscope p. ex.). Si le béton est totalement sec, il sera impossible de prendre une mesure car le courant est transporté par des ions dans le liquide se trouvant dans les porosités (voir 2.2). Il peut donc s'avérer nécessaire d'humidifier la surface.

### 3.1 Effectuer une mesure



Une bonne connexion entre l'instrument et la surface du béton est le facteur le plus important pour obtenir une mesure fiable. Plonger les contacts dans l'eau plusieurs fois avant d'effectuer une mesure – utiliser un récipient peu profond de telle façon que vous puissiez les appuyer au fond – vous remplirez ainsi les réservoirs. Appuyer le Resipod fermement vers le bas jusqu'à ce que les deux capuchons de caoutchouc reposent sur la surface à mesurer.

#### Indication d'une connexion faible

En cas de connexion faible, le Resipod affiche l'une des deux alarmes suivantes.



#### Indication «Ligne ouverte».

Mauvaise connexion des deux sondes externes sur la surface du béton. Aucune mesure n'est possible.



#### Les deux sondes internes ne font pas contact.

(contrôler la présence de trous ou de zones sèches sur le spécimen)

#### Ou résistivité de l'échantillon <1 kΩcm

La résistivité du matériau est extrêmement faible.



#### Dépassement

La résistivité mesurée est en dehors de l'intervalle de tolérance. Cette limite dépend de l'espacement mais est généralement supérieure à 1000 kΩcm.

### Sélection du contact

Les pointes de la sonde en acier sont robustes et peuvent être utilisées pour percer une fine couche à la surface dans le but d'améliorer la connexion. La taille du contact peut cependant faire qu'il n'est pas toujours possible d'envoyer les 200  $\mu$ A dans le béton pour obtenir la résolution de mesure maximale.

C'est la raison pour laquelle le Resipod est fourni avec d'importants tampons de contact en mousse. Retirez simplement les contacts en acier et remplacez-les par les tampons en mousse. Ils doivent être mouillés avant d'effectuer les mesures.

### Fonction Maintenir et Enregistrer

Une fois qu'une mesure stable est obtenue, cliquez sur le bouton Maintenir situé sur le côté du Resipod pour geler la mesure actuelle sur l'écran.

#### Maintenir



- L'écran clignote pour indiquer le statut «maintenir».
- Cliquer sur le bouton Maintenir une nouvelle fois pour revenir au mode actif ou :



#### Enregistrer

- Cliquer sur le bouton Enregistrer pour enregistrer la mesure. Un «m» apparaît pour indiquer qu'une nouvelle mesure a été enregistrée dans cet emplacement de mémoire. (Dans cet exemple, la mesure est la première mesure enregistrée dans l'objet de mémoire 2.)

### 3.2 Fonction mémoire

Le Resipod peut enregistrer jusqu'à 512 mesures. La mémoire est organisée de telle façon que les mesures soient enregistrées dans des objets de 1 à 19. Chaque objet peut contenir jusqu'à 99 mesures.



Objet 1 - Mesure 1



Objet 19 - Mesure 99

Vous pouvez contrôler le dernier «Objet – Mesure» entré en appuyant simplement sur le bouton «Enregistrer» lorsque l'instrument n'est pas en mode attente.

## Aller sur l'objet suivant

Pour aller sur l'objet suivant, arrêtez simplement le Resipod et redémarrez-le ensuite.



**Remarque :** le Resipod passe toujours à l'objet suivant quand vous l'arrêtez et le remettez en marche. Si vous souhaitez effectuer des mesures dans l'objet précédent, supprimez simplement la mesure en cours comme décrit ci-dessous et vous reviendrez sur l'objet précédent.

## Supprimer une mesure



La dernière mesure a été enregistrée dans l'objet 4 – mesure 3.

Pour supprimer cette mesure, appuyez sur le bouton attente pour obtenir un écran clignotant.



(Si le Resipod est maintenu dans l'air pour cela, l'écran «ligne ouverte» s'affiche et clignote.)

Appuyez sur le bouton «Enregistrer» pendant 2 secondes pour supprimer la mesure.



L'Objet 4 – Mesure 3 a été supprimée. L'écran affiche un petit «c» pour indiquer que la dernière mesure a été supprimée.

Les mesures souhaitées peuvent être supprimées de cette façon mais seulement séquentiellement. Il n'est pas possible de revenir en arrière et de supprimer une mesure antérieure.

## Indications de l'état de la mémoire

Des écrans spéciaux fournissent des informations sur l'état de la mémoire.



Le numéro de l'objet est >19.

Les 19 objets ont été utilisés. Il est nécessaire de supprimer les mesures avant de continuer à utiliser la mémoire (voir ci-dessus).



Le numéro de la mesure est >99

L'objet en cours est plein. Allez sur l'objet suivant pour enregistrer plus de mesures (voir ci-dessus).



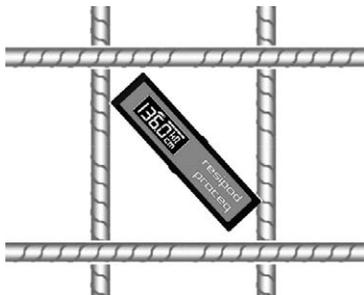
La mémoire est vide.

## 4 Mesures de résistivité sur site

### 4.1 Influences

#### Influence des armatures métalliques sur les mesures de résistivité électrique

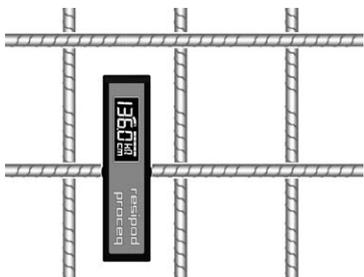
La présence d'armatures métalliques perturbe les mesures de résistivité électrique car elles conduisent le courant bien mieux que le béton environnant. C'est particulièrement le cas lorsque la profondeur de couverture est inférieure à 30 mm. Les barres d'armatures ne doivent pas se trouver directement à proximité de la sonde et ne doivent pas être parallèles à la sonde, dans la mesure du possible. L'orientation de mesure recommandée est déterminée par l'espacement des barres d'armatures par rapport à l'espacement de sondes.



L'orientation optimale est obtenue en mesurant diagonalement par rapport aux barres d'armatures comme indiqué. Cela est possible si l'espacement de sondes est inférieur à la maille du treillis d'armature.

Pour le Resipod 38 mm, l'espacement de sondes est de  $38 \times 3 = 114$  mm (4,5")

Pour le Resipod 50 mm, l'espacement de sondes est de  $50 \times 3 = 150$  mm (5,9")



Si l'espacement des armatures est si petit que l'influence de l'acier ne peut pas être évitée, il peut être minimisé en mesurant perpendiculairement aux barres d'armatures comme indiqué.

RILEM TC154-EMC : LES TECHNIQUES ÉLECTROCHIMIQUES DE MESURE DE LA CORROSION MÉTALLIQUE recommandent d'effectuer 5 mesures au même endroit en déplaçant la sonde de quelques mm entre chaque mesure et de prendre la moyenne des 5 valeurs.

#### Influence de la taille des granulats

Comme expliqué au 2.2, le courant circule dans la partie liquide se trouvant dans les porosités du béton. Dans l'idéal, l'espacement de sondes doit être supérieur à la taille maximale des granulats car ceux-ci ne sont généralement pas conducteurs. La sonde à espacement variable fournie avec le Resipod Geometric doit être utilisée pour des tailles globales supérieures à l'espacement de sondes standard.

#### Influence de la température

La température du béton doit être mesurée et enregistrée avec les mesures de résistivité. La résistivité diminue lorsque la température augmente. Les valeurs de référence des mesures de résistivité sont données pour 20°C (68°F). Des études empiriques ont démontré qu'une augmentation d'un degré de la température peut réduire la résistivité de 3% pour le béton saturé et de 5% pour le béton sec.

#### Influence de la teneur en humidité

Plus la teneur en humidité est importante, plus la résistivité est faible. Ceci peut être lié à la saturation ou à une modification du rapport eau/ciment.

## **Influence de la carbonatation**

Le béton carbonaté a une résistivité plus élevée que celle du béton non carbonaté, cependant, compte tenu du fait que la profondeur de la couche carbonatée est significativement inférieure à l'espacement de sondes, l'effet de cette couche est faible. En conséquence, si la couche carbonatée est épaisse, il peut s'avérer nécessaire d'augmenter l'espacement de sondes pour obtenir de bons résultats.

## **4.2 Applications**

Des tests empiriques et la théorie révèlent que la résistivité est directement liée à la probabilité d'existence de la corrosion liée à la diffusion des chlorures et au taux de corrosion une fois que la dépassivation de l'acier a été mise en place.

### **Estimation de la probabilité d'existence de la corrosion**

Les mesures de résistivité peuvent être utilisées pour estimer la probabilité de la corrosion. Si la résistivité électrique ( $\rho$ ) du béton est faible, la probabilité de la corrosion augmente. Si la résistivité électrique est élevée (p. ex. en cas de béton sec ou carbonaté), la probabilité de la corrosion diminue. Des tests empiriques ont abouti aux valeurs types suivantes de la résistivité mesurée pouvant être utilisées pour déterminer la probabilité de la corrosion. Ces chiffres concernent le ciment Portland ordinaire à 20°C.

Lorsque $\geq 100$ k $\Omega$ cm	Risque négligeable de corrosion
Lorsque = 50 à 100 k $\Omega$ cm	Faible risque de corrosion
Lorsque = 10 à 50 k $\Omega$ cm	Risque modéré de corrosion
Lorsque $\leq 10$ k $\Omega$ cm	Risque élevé de corrosion

### **Indication du taux de corrosion**

L'interprétation suivante des mesures de résistivité du système à quatre sondes de Wenner a été citée pour la référence à l'acier dépassivé (Langford et Broomfield, 1987).

$> 20$ k $\Omega$ cm	Taux de corrosion faible
10-20 k $\Omega$ cm	Taux de corrosion faible à modéré
5-10 k $\Omega$ cm	Taux de corrosion élevé
$< 5$ k $\Omega$ cm	Taux de corrosion très élevé

### **Valeurs de référence empiriques**

Une grande quantité de données de résistivité a été collectée grâce à de nombreuses études sur plusieurs années. Les données présentées ici sont tirées des «Méthodes de test pour mesurer sur site la résistivité du béton – une recommandation technique RILEM TC-154» de Rob B. Polder. Les valeurs ont été converties en k $\Omega$ cm pour rentrer dans l'écran du Resipod. On peut trouver plus de détails sur l'interprétation des résultats dans ce document.

## Valeurs de référence globales à 20°C de la résistivité électrique des bétons de structures matures (âge > 10 ans).

Environnement	Résistivité du béton $\rho$ k $\Omega$ cm	
	Ciment Portland ordinaire (CEM I)	Ciment au laitier (> 65% de laitier) ou cendres volantes (> 25%) ou fumée de silice (5%)
Très humide, immergé, flaques, brouillard	5-20	30-100
Extérieur, exposé	10-40	50-200
Extérieur, abrité, revêtu, hydrophobisé (non carbonaté) (20°C / 80% HR)	20-50	100-400
Extérieur abrité comme ci-dessus (carbonaté)	100 et plus	200-600 et plus
Climat intérieur (carbonaté) 20°C / 50% HR	300 et plus	400-1000 et plus

### Cartographie de la résistivité

Cartographier la résistivité d'une structure permet d'effectuer des interprétations utiles par comparaison des valeurs avec celles du tableau ci-dessus. Remarque que la correction de température décrite précédemment doit être prise en compte. Si les conditions d'exposition sont les mêmes, la variation des valeurs de résistivité peut indiquer des variations locales du rapport eau/ciment. S'il est connu que le béton est homogène dans sa structure, alors les mesures de résistivité peuvent être utilisées pour déterminer si le béton est sec ou humide et le quantifier.

### Corrélation avec la perméabilité

Des études ont montré que la résistivité peut directement être corrélée au taux de diffusion des chlorures. La cartographie sur site de la résistivité d'une structure en béton permet d'identifier les zones les plus perméables. La probabilité que ces zones soient plus sensibles à la pénétration des chlorures est plus élevée. Le modèle de Resipod avec un espacement de 38 mm est conforme à la méthode de test de résistivité de surface AASHTO qui utilise la résistivité de surface comme une indication de la perméabilité du béton. Les détails du test peuvent être trouvés sur le site internet officiel d'AASHTO <http://aii.transportation.org/Pages/SurfaceResistivityTest.aspx>.

### Évaluation sur site de l'efficacité du durcissement

Les mesures de résistivité peuvent être utilisées sur site pour déterminer le séchage prématuré du béton. Il s'agit d'une application particulièrement importante dans les pays chauds où le séchage prématuré peut entraîner des faiblesses des structures en raison d'une réaction d'hydratation incomplète. La méthode utilise la forte dépendance de la résistivité de l'humidité du béton. Les mesures sur site sont comparées aux mesures effectuées sur un cylindre de référence saturé pour définir une résistivité relative pouvant être utilisée pour isoler les effets de l'humidité et ainsi déterminer les séchages prématurés. Consultez l'ouvrage «La résistivité électrique comme outil d'évaluation sur site de l'efficacité du durcissement – de L. Fernandez Luco, C. Andrade et M.A. Climent (juin 2009)».

### Mesures de résistivité et systèmes de protection cathodique

L'efficacité d'un système de protection cathodique dépend beaucoup de la résistivité du béton. Cartographier la résistivité avant l'installation permet de diviser la structure en différentes zones avec des débits de courant différents.

## 5 Applications de contrôle qualité

Le modèle Resipod avec un espacement de 38 mm est conforme à la méthode de test de résistivité de surface AASHTO T 358 qui utilise la résistivité de surface comme une indication de la perméabilité du béton. Les détails du test peuvent être trouvés sur le site internet officiel d'AASHTO : <http://aii.transportation.org/Pages/SurfaceResistivityTest.aspx>.

La gamme Resipod est complétée par deux autres instruments différenciés selon l'application comme le montre le tableau :

Application	Resipod	Resipod Geometric	Resipod Bulk Resistivity
Test de résistivité de surface sur cylindres standards (4" x 8", 100 x 200 mm) ou (6" x 12", 150 x 300 mm) avec une taille globale maximale (1,5", 38 mm). Espacement de sonde fixe (1,5", 38 mm)	●	●	●
Test de résistivité volumique sur cylindres jusqu'à 100 mm (4") de diamètre			●
Test de résistivité de surface sur cylindres non standard avec tailles globales pouvant dépasser 1,5", 38 mm		●	
Facteur de correction pour l'espacement de sondes	●	●	●
Facteur de correction pour la géométrie d'échantillon		●	
Facteur de correction pouvant être défini par l'utilisateur		●	
Espacement de sondes variables		●	
Cartographie de la résistivité de surface sur site pour : estimation de la probabilité de corrosion et du taux de corrosion, et implémentation de systèmes de protection cathodique	●	●	

### 5.1 Resipod Bulk Resistivity

L'accessoire comprend un support permettant un montage plus pratique, des câbles simples à insérer dans les connecteurs arrière et des plaques de mesure avec des inserts en mousse conducteurs adaptés à des cylindres de 4"x8".



Le support est compatible avec les deux versions Resipod (38 mm et 50 mm).



Resipod 38 mm dans support



Resipod 50 mm dans support

### Raccordement des câbles



Les câbles sont simplement raccordés comme indiqué ici.

### Mesurer le décalage

Les inserts en mousse créent un contact électrique avec le cylindre, mais ils ont également une résistance qui doit être mesurée et compensée pour déterminer la résistivité volumique réelle du cylindre testé.

La résistance des inserts en mousse varie selon la pression appliquée.

Les résistances des inserts supérieur et inférieur peuvent être mesurées comme suit :

Configuration du test pour mesurer la résistance de l'insert en mousse supérieur ( $R_{\text{inférieur}}$ ) :



Plaque supérieure

Insert en mousse supérieur

Plaque inférieure

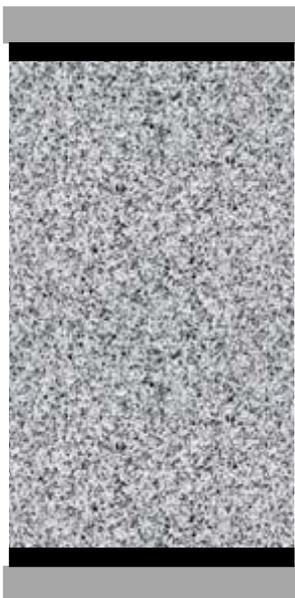
Configuration du test pour mesurer la résistance de l'insert en mousse inférieur ( $R_{\text{inférieur}}$ ) :



Cylindre testé

Plaques supérieure  
Insert en mousse inférieur  
Plaques inférieure

Configuration du test pour mesurer la résistivité volumique du cylindre ( $R_{\text{mesuré}}$ ) :



Plaques supérieure  
Insert en mousse supérieur

Cylindre testé

Insert en mousse inférieur  
Plaques inférieure

La résistance mesurée est la somme de la résistance du cylindre et des deux inserts, par conséquent :

$$R_{\text{cylindre}} = R_{\text{mesuré}} - R_{\text{supérieur}} - R_{\text{inférieur}}$$

## Calcul de la résistivité volumique

Resipod affiche un nombre en  $k\Omega\text{cm}$ . Le chiffre obtenu sur l'écran Resipod doit être divisé par  $2 \pi a$  (où «a» est l'espacement de sondes, à savoir 3,8 cm ou 5,0 cm). Pour un Resipod avec un espacement de sondes de 38 mm :

Taille du cylindre	$2 \pi a$	A (cm <sup>2</sup> )	L (cm)	A/L (cm)
4x8	23,88	81,07	20,32	3,99

La résistivité volumique  $\rho = K \times R_{\text{cylindre}}$ , où  $K = A/L$

### Exemple

$$R_{\text{cylindre}} = 52 \text{ k}\Omega\text{cm}$$

$$R_{\text{cylindre}} (\text{corrigé}) = 52 / 23,88 = 2,18 \text{ k}\Omega$$

$$\text{Résistivité volumique } \rho = K \times R_{\text{cylindre}} = 2,18 \times 3,99 = 8,69 \text{ k}\Omega\text{cm}$$

## Résistivité volumique dans ResipodLink

ResipodLink offre la possibilité de calculer automatiquement K et de télécharger sur l'instrument Resipod de sorte que l'écran affiche directement la valeur corrigée en  $k\Omega\text{cm}$ . Voir chapitre 9.

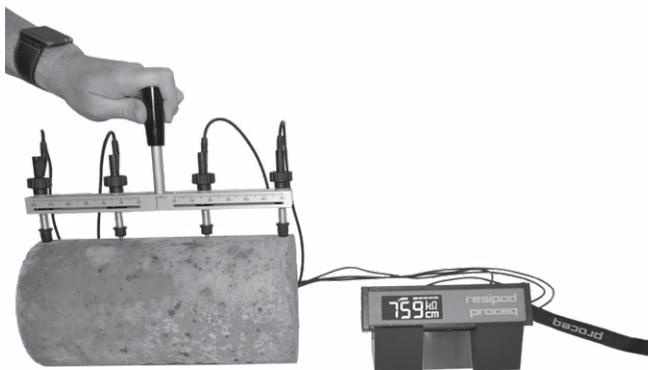
## 5.2 Resipod Geometric

Resipod Geometric est équipé d'un support de montage et d'une sonde d'espacement qui varie entre 40 mm et 70 mm. Elle peut ainsi prendre en charge des tailles globales plus grandes.

Le logiciel ResipodLink (chapitre 9) permet à l'utilisateur d'entrer l'espacement de sondes correct et également un facteur de correction géométrique pour donner la mesure de résistivité correcte directement sur l'instrument.

Le facteur de correction géométrique pour cylindres a été développé afin de répondre aux dernières recherches de l'actuelle méthode AASHTO de résistance de surface à d'autres géométries d'échantillons.

L'utilisateur peut également entrer un facteur de correction autodéterminé.



## 6 Unités, pièces et accessoires

Code article	Description
381 10 000	Resipod, espacement de sondes de 50 mm, bande de test, tampons de contact en mousse, chargeur avec câble USB, logiciel, bretelle de transport, documentation et mallette
381 20 000	Resipod, espacement de sondes de 38 mm (1,5), bande de test, tampons de contact en mousse, chargeur avec câble USB, logiciel, bretelle de transport, documentation et mallette
381 30 000	Resipod Bulk Resistivity, espacement de sondes de 50 mm, bande de test, tampons de contact en mousse, chargeur avec câble USB, logiciel, bretelle de transport, documentation et mallette, kit de résistivité volumique.
381 40 000	Resipod Bulk Resistivity, espacement de sondes de 38 mm (1,5"), bande de test, tampons de contact en mousse, chargeur avec câble USB, logiciel, bretelle de transport, documentation et mallette, kit de résistivité volumique.
381 50 000	Resipod Geometric, espacement de sondes de 50 mm, bande de test, tampons de contact en mousse, chargeur avec câble USB, logiciel, bretelle de transport, documentation et mallette, accessoire Resipod Geometric.
381 60 000	Resipod Geometric, espacement de sondes de 38 mm, bande de test, tampons de contact en mousse, chargeur avec câble USB, logiciel, bretelle de transport, documentation et mallette, accessoire Resipod Geometric.

Pièces et accessoires	Description
381 01 088	Accessoire de Bulk Resistivity
381 01 098	Accessoire Resipod Geometric
381 01 094	Accessoire de sondes espacées variables
381 01 089	Support Resipod
381 01 043S	Jeu de tampons de contact en mousse de remplacement (20 pièces)
381 01 092S	Tampon de contact Bulk Resistivity (10 pièces)
381 01 038	Bande de test
381 01 031	Capuchon de contact interne (voir note ci-dessous)
381 01 041	Capuchon de contact externe (voir note ci-dessous)
381 01 033	Contact complet (voir note ci-dessous)
381 01 036	Ressort de contact
381 01 014	Capuchon pour prise USB
381 01 070	Clé pour port USB
391 80 110	Bretelle

Pour remplacer un des contacts internes, les pièces 381 01 031, 381 01 033 et 381 01 036 sont nécessaires.

Pour remplacer un des contacts externes, les pièces 381 01 041, 381 01 033 et 381 01 036 sont nécessaires.

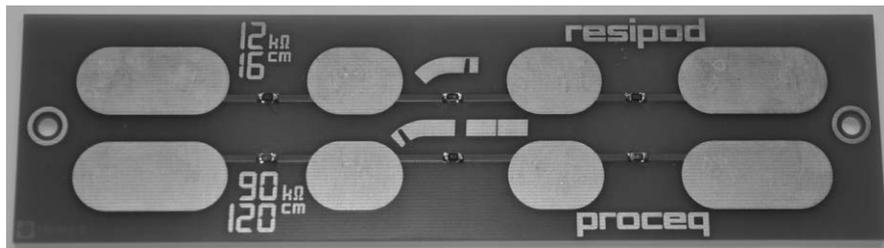
## 7 Spécifications techniques

Plage de mesure :	1 k $\Omega$ cm - env. 1000 k $\Omega$ cm (selon l'espacement de sondes)
Résolution (courant nominal 200 $\mu$ A)	$\pm$ 0,2 k $\Omega$ cm ou $\pm$ 1 % (valeur la plus grande)
Résolution (courant nominal 50 $\mu$ A)	$\pm$ 0,3 k $\Omega$ cm ou $\pm$ 2 % (valeur la plus grande)
Résolution (courant nominal <50 $\mu$ A)	$\pm$ 2 k $\Omega$ cm ou $\pm$ 5 % (valeur la plus grande)
Fréquence	40 Hz
Mémoire	Non volatile, env. 500 valeurs mesurées
Autonomie électrique	> 50 heures d'autonomie
Connexion du chargeur	USB type B, (5 V, 100 mA)
Dimensions	197 x 53 x 69,7 mm (7,8 x 2,1 x 2,7 pouces)
Poids	318 g (11,2 onces)
Température de service	De 0° à 50°C (de 32° à 122°F)
Température de stockage	De -10° à 70°C (de 14° à 158°F)

## 8 Maintenance et support

### Contrôle fonctionnel

Le bon fonctionnement du Resipod peut être contrôlé au moyen de la bande de test fournie. La bande de test peut être utilisée par les deux modèles de Resipod (espacement de 38 mm, 1,5" et 50 mm, 2,0").



La ligne supérieure permet le contrôle du fonctionnement en utilisant la gamme complète de 200  $\mu$ A. La ligne inférieure permet le contrôle du fonctionnement en utilisant la gamme réduite de 50  $\mu$ A. Les résistances de tampons externes limitent le courant maximum à env. 20  $\mu$ A, (seulement deux segments dans la bande indicatrice du courant sont actifs).

Les résultats de test attendus sont résumés dans le tableau ci-dessous :

Gamme de courant	Résultat de test attendu Espacement de 38 mm (1,5")	Résultat de test attendu Espacement de 50 mm, 2,0"
200 $\mu$ A (ligne supérieure)	12 ( $\pm$ 0,2) $k\Omega$ cm	16 ( $\pm$ 0,2) $k\Omega$ cm
50 $\mu$ A (ligne inférieure)	90 ( $\pm$ 1,8) $k\Omega$ cm	120 ( $\pm$ 2,4) $k\Omega$ cm

## Nettoyage des sondes et du corps

Les sondes peuvent être retirées pour le nettoyage, le remplacement ou pour adapter des accessoires de test comme la sonde à espacement variable. Il y a des systèmes d'emboîtement-pression pour les extraire facilement. Attention à ne pas perdre le ressort.

Après le nettoyage, remplacer les sondes en les insérant dans les arbres et en les clipsant fermement dans leur position. Assurez-vous de leur bonne mise en place en appuyant sur le capuchon en caoutchouc comme présenté sur la figure. Des capuchons longs s'adaptent sur les sondes externes.

Les sondes n'ont pas besoin d'être maintenues humides lorsque l'unité n'est pas utilisée.

L'unité peut être rincée avec de l'eau (assurez-vous que le capuchon USB soit en place). Comme l'instrument possède une impédance d'entrée extrêmement élevée, contrôlez que la face inférieure de la mallette soit propre (les dépôts de saletés ou de sel peuvent créer des courants de fuite et entraîner des mesures erronées).

Remarque ! Les ressorts sont intentionnellement longs pour assurer une pression constante sur les quatre sondes tout en autorisant un déplacement de  $\pm 4$  mm au niveau des pointes internes pour l'adaptation aux surfaces courbes ou non planes.



## Assistance

Proceq s'engage à fournir des services d'assistance complets pour cet appareil au moyen de notre service après-vente global et de nos infrastructures de support. Nous recommandons à l'utilisateur d'enregistrer ce produit en ligne sur le site [www.proceq.com](http://www.proceq.com) afin d'obtenir les dernières mises à jour et d'autres informations utiles.

## Garantie standard et extension de garantie

La garantie standard couvre la partie électronique de l'appareil pendant 24 mois et la partie mécanique de l'appareil pendant 6 mois. Il est possible d'acquiescer une extension de garantie pour un, deux ou trois ans de plus pour la partie électronique de l'appareil jusqu'à 90 jours après la date d'achat.

## 9 Software ResipodLink

### Installer le ResipodLink



Localisez le fichier «ResipodLink Setup.exe» sur votre ordinateur ou sur le CD et cliquez dessus. Suivez les instructions que vous voyez sur l'écran. Assurez-vous que la case «Lancer installation pilote USB» est cochée.

### Démarrez ResipodLink et visualisez les données enregistrées dans le Resipod



ResipodLink

Double-cliquez sur l'icône ResipodLink situé sur votre bureau ou démarrez le ResipodLink via le menu de démarrage. Le Resipodlink démarre par une liste vierge.

### Paramètres de l'application

Le point de menu «Fichier – Paramètres application» permet à l'utilisateur de sélectionner la langue et le format de l'heure et de la date à utiliser.



Connectez le Resipod sur une prise USB, cliquez ensuite sur l'icône pour télécharger toutes les données du Resipod.

ID	Name	Date & Time	Mean Value	Total	Std. Deviation
1		01/06/2011 11:3...	454.7 kOhms	15	29.32
2		01/06/2011 11:3...	475.9 kOhms	10	14.95
3		01/06/2011 11:3...	20.2 kOhms	5	4.20
4		01/06/2011 11:3...	30.1 kOhms	10	0.52
5		01/06/2011 11:3...	25.6 kOhms	10	0.99
6		01/06/2011 11:3...	0.0 kOhms	1	-
7		01/06/2011 11:3...	25.6 kOhms	10	0.50

Un numéro d'Id identifie l'objet de mesure.

La colonne «Nom» permet à l'utilisateur d'affecter un nom à l'objet de mesure.

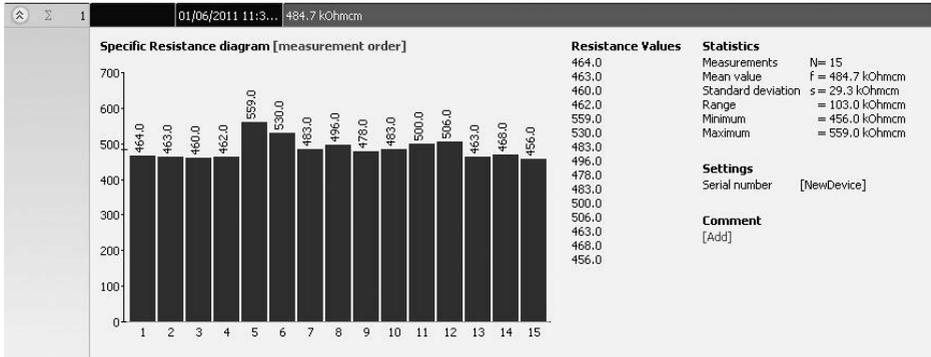
La «Date et heure» si les données sont chargées dans un PC.

La «Valeur moyenne».

Le nombre «Total» de mesures de cette série.

L'«Écart type» des mesures dans cette série.

Cliquer sur l'icône de double flèche dans la colonne «Id» pour obtenir plus de détails :



**Remarque :** cliquez sur «Ajouter» pour attacher un commentaire à l'objet.

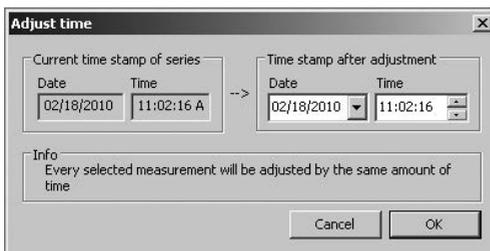
## Fenêtre Sommaire

En complément de la vue «Série» décrite ci-dessus, ResipodLink fournit également à l'utilisateur une fenêtre «Sommaire». Cela est utile pour le test d'uniformité afin d'identifier rapidement les zones ou objets de qualité inférieure. Cliquez sur l'onglet respectif pour commuter entre les vues.



Pour inclure ou exclure une série d'un sommaire, cliquez sur le Symbole Sommaire dans la colonne ID. Ce symbole est soit «noir» soit «grisé» ce qui indique si la série est incluse ou non dans le sommaire.

## Ajuster la date et l'heure



Cliquez droit dans la colonne «Date & heure».

L'heure n'est ajustée que pour la série sélectionnée.

Remarquez que le Resipod ne possède pas d'horloge interne, la date et l'heure des données téléchargées qui s'affiche est l'heure à laquelle les données sont téléchargées.

## Exporter des données

ResipodLink permet d'exporter les objets sélectionnés ou l'ensemble du projet pour utilisation dans d'autres programmes. Cliquez sur le(s) objet(s) de mesure que vous souhaitez exporter.



Cliquez sur l'icône «Exporter fichier(s) CSV». Les données de cet (ces) objet(s) de mesure sont exportées sous forme de fichier(s) Microsoft Office Excel séparé(s) par une virgule. Les options d'exportation peuvent être choisies dans la fenêtre suivante.



Cliquez sur l'icône «Exporter comme graphique» pour ouvrir la fenêtre permettant de choisir les différentes options d'exportation.

Dans les deux cas, une fenêtre de prévisualisation montre les effets de la sélection de sortie courante.

Terminez en cliquant sur Exporter pour sélectionner la localisation du fichier, le nom du fichier et, en cas d'une sortie graphique, pour régler le format de la sortie graphique : .png, .bmp or .jpg

### Supprimer et restaurer des données

Le point de menu «Editer – Supprimer» vous permet de supprimer un ou plusieurs série(s) sélectionnées dans les données téléchargées.



**Remarque :** cela ne supprime pas les données du Resipod, seulement les données du projet en cours.

### Restaurer les données téléchargées d'origine

Sélectionner le point de menu «Fichier – Restaurer toutes les données d'origine» pour restaurer les données au format original tel qu'il était lors du téléchargement. Il s'agit d'une caractéristique utile si vous avez manipulé les données et si vous souhaitez revenir aux données brutes. Un message d'avertissement vous informe que les données d'origine sont sur le point d'être restaurées. Confirmez la restauration.



**Remarque :** tous les noms et commentaires ajoutés aux séries seront perdus.

### Supprimer des données enregistrées dans le Resipod

Sélectionner le point de menu «Appareil – Supprimer tous les objets de mesure du Resipod» pour supprimer toutes les données enregistrées dans le Resipod. Un message d'avertissement vous informe que toutes les données sont sur le point d'être supprimées. Confirmez la suppression. Il est impossible de supprimer des séries individuellement.

### Autres fonctions

Les points de menu suivants sont disponibles via les icônes situés au sommet de l'écran :



icône «PQUppgrade» - Il vous permet de mettre à jour votre micrologiciel via internet ou des fichiers locaux.



icône «Ouvrir projet» – Il vous permet d'ouvrir un projet .pqr enregistré antérieurement.



Icône «Enregistrer projet» – Il vous permet d'enregistrer le projet en cours.



Icône «Imprimer» – Il vous permet d'imprimer le projet. Dans la fenêtre de dialogue de l'imprimante, vous pouvez définir l'impression de toutes les données ou des mesures sélectionnées seulement.

### Régler un facteur de correction

Voir chapitre 2.2. La mesure standard sur l'écran Resipod indique :

Résistivité  $\rho = 2 \pi aV/I$  [ $k\Omega cm$ ], où «a» est l'espacement de sondes par défaut de l'instrument, (soit 38 mm, soit 50 mm).

L'élément de menu «Dispositif - Régler paramètres de mesure» permet de télécharger un facteur de correction sur l'instrument, de sorte à avoir une mesure directe de la résistivité en cas d'utilisation avec :

- La sonde à espacement variable (381 01 094)
- L'accessoire Bulk Resistivity (381 01 088)
- Une géométrie de sonde différente



**Remarque :** lorsque l'on utilise la version 38 mm du Resipod avec la norme AASHTO TP95-11, aucune correction n'est nécessaire car la norme en tient déjà compte dans les chiffres.



**Remarque :** lorsqu'un espacement de contact non standard ou un facteur de correction géométrique est réglé, toutes les mesures sont alors supprimées sur le Resipod. Il est donc important d'enregistrer les mesures sauvegardées sur le Resipod avant de commencer.

Resistivity measurement settings

Measurement Mode

Surface Measurement

Bulk Measurement

Contact Spacing

Default Spacing

Custom Spacing

Contact Spacing: 40.0 mm

Correction

Geometric Correction Factor

Shape: Cylinder

Length: 200.0 mm

Diameter: 100.0 mm

Depth: 0.0 mm

Custom Correction Factor

---

Total Correction Factor (k): 3.051

Cancel OK

## Mode de mesure

- Mesure de surface pour la mesure de sonde Wenner à 4 points.
- Mesure volumique pour utiliser l'accessoire Bulk resistivity.

## Espacement de contact

- Espacement par défaut – soit 38 mm, soit 50 mm selon le modèle de Resipod.
- Espacement personnalisé – avec l'accessoire de sondes espacées variables, il peut se situer entre 40 mm et 70 mm. Il est également possible de régler un espacement au-delà de cette plage, en cas d'utilisation avec des câbles de prolongement sur mesure.

## Facteur de correction géométrique

- Plat – Réglage par défaut, utilisé pour la mesure sur site et également avec la norme AASHTO T 358.
- Cylindre – Réglage de la longueur et du diamètre du cylindre testé.  
Le facteur de correction de la mesure de surface (k) est calculé selon les dernières recherches de résistivité de surface des cylindres durs.

$$k \cong \frac{2\pi}{1.09 - \frac{0.527}{d/a} + \frac{7.34}{(d/a)^2}}$$

d = diamètre du cylindre (mm), a = espacement de sondes (mm), L = longueur du cylindre (mm)

Formule valide pour :  $d/a \leq 4$  et  $L/a \geq 5$  (par ex. pour un cylindre de 200 mm, l'espacement de sondes maximal autorisé est de 40 mm)

Le facteur de correction de la mesure volumique est calculé selon la méthode décrite au chapitre 5.1 :

e.g.  $k = A/L = (\pi \times 5^2) / 20 = 3,927$

- Prisme – Utilisé pour les cubes et les prismes. Aucun facteur de correction n'est implémenté à ce jour pour la mesure de surface. La mesure volumique est calculée selon la méthode décrite au chapitre 5.1.
- Facteur de correction personnalisé – Pour les facteurs de correction définis par l'utilisateur, sélectionnez cette option et entrez directement la valeur de correction.  
Si elle n'est pas sélectionnée, la valeur mentionnée ici indique le facteur de correction (k) calculé selon les options sélectionnées ci-dessus.

## Télécharger le facteur de correction sur le Resipod

- Exécutez cette opération en appuyant sur OK. Un message d'avertissement s'affiche pour indiquer que toutes les mesures actuellement enregistrées sur le Resipod seront supprimées.



Une apostrophe apparaît à droite du symbole kΩ pour indiquer qu'un facteur de correction a été réglé.

Correction appliquée =  $2 \pi a/k$  («a» en cm).

### Affichage des valeurs de résistivité corrigées dans ResipodLink

Les réglages de correction sont enregistrés avec les données de mesure et affichés dans ResipodLink comme l'indique cet exemple de mesure de résistivité volumique.

ID	Name	Date & Time	Mean Value
1		12/05/2012 ...	150.5 kΩcm

Specific Resistance diagram	Resistance Values	Statistics
<p>Y-axis: kΩcm (0 to 200) X-axis: 1 Value: 150.5</p>	150.5 kΩcm	<b>Measurements</b> N = 1 Mean value f = 150.5 kΩcm Standard deviation s = -- kΩcm Range = -- kΩcm Minimum = 150.5 kΩcm Maximum = 150.5 kΩcm
		<b>Settings</b> Serial number RP01-002-0122 Measurement Mode Bulk Specimen Shape Cylinder Length 200.0 mm Diameter 100.0 mm Custom Correction 3.927
		<b>Comment</b> [Add]





**Proceq Europe**

Ringstrasse 2  
CH-8603 Schwerzenbach  
Tél. +41-43-355 38 00  
Fax +41-43-355 38 12  
info-europe@proceq.com

**Proceq UK Ltd.**

Bedford i-lab, Priory Business Park  
Stannard Way  
Bedford MK44 3RZ  
Royaume-Uni  
Tél. +44-12-3483-4515  
info-uk@proceq.com

**Proceq USA, Inc.**

117 Corporation Drive  
Aliquippa, PA 15001  
Tél. +1-724-512-0330  
Fax +1-724-512-0331  
info-usa@proceq.com

**Proceq Asia Pte Ltd**

12 New Industrial Road  
#02-02A Morningstar Centre  
Singapour 536202  
Tél. +65-6382-3966  
Fax +65-6382-3307  
info-asia@proceq.com

**Proceq Rus LLC**

Ul.Optikov 4  
korp. 2, lit. A, Office 410  
197374 St. Petersburg  
Russie  
Tél./fax + 7 812 448 35 00  
info-russia@proceq.com

**Proceq Moyen Orient**

P. O. Box 8365, SAIF Zone,  
Sharjah, Émirats Arabes Unis  
Tél. +971-6-557-8505  
Fax+971-6-557-8606  
info-middleeast@proceq.com

**Proceq SAO Ltd.**

South American Operations  
Alameda Jaú, 1905, cj 54  
Jardim Paulista, São Paulo  
Brésil Cep. 01420-007  
Tél. +55 11 3083 38 89  
info-southamerica@proceq.com

**Proceq China**

Unit B, 19th Floor  
Five Continent International Mansion, No. 807  
Zhao Jia Bang Road  
Shanghai 200032  
Tél. +86 21-63177479  
Fax +86 21 63175015  
info-china@proceq.com

**www.proceq.com**

Sujet à modification sans préavis.

Copyright © 2017 by Proceq SA, Schwerzenbach  
Code article : 82038104F

The Proceq logo consists of the word "proceq" in a bold, lowercase, sans-serif font. The letters are a vibrant teal color. The 'p' and 'q' have a distinctive shape, with the 'q' having a small tail that curves upwards.