



Giatic RCON™ est un appareil de pointe permettant de mesurer la résistivité électrique du béton en utilisant la méthode uniaxiale. RCON™ utilise la technique de l'impédance AC pour des lectures précises et rapides qui peuvent être obtenues en continu grâce à son logiciel d'exploitation personnalisable pour divers types de béton.. La résistivité électrique du béton peut être simplement liée aux caractéristiques de son réseau de pores, telles que la taille des pores et leur connectivité, la teneur en humidité dans les pores et la composition chimique de la solution poreuse. Dans le béton, la résistivité électrique a toujours été en corrélation avec des paramètres de durabilité importants tels que la perméabilité et la diffusivité.

De plus, cet essai non destructif peut facilement être effectué sur des échantillons de béton frais ou durs à divers stades d'hydratation afin d'étudier l'ouvrabilité, la prise et les performances de durabilité du béton. La méthode de la résistivité électrique a également été appliquée pour étudier la corrosion des barres d'armature dans le béton, le fluage, la séparation des agrégats, le gel et le dégel du béton car ils affectent les propriétés du réseau de pores.



## Caractéristiques

- - Rapidité (<5 secondes)
- - Précision (±2%)
- - Mesure du courant alternatif (Galvanostatique)
- - Large gamme de fréquences de mesure (1 Hz à 30 kHz)
- - Détection de phase (0-180 degrés)
- - Fonctionnement autonome
- - Mesure en continu
- - Logiciel PC facile à utiliser
- - Porte-échantillons souples
- - Configuration personnalisable
- - Connexion USB à l'ordinateur

## Concept de mesure

Giatic RCON™ applique un petit courant alternatif aux fréquences visées sans provoquer de perturbation et mesure la tension entre les deux extrémités de l'échantillon de béton. L'impédance ( $Z [\Omega]$ ) peut ensuite être calculée à partir des valeurs de tension et de courant appliquées. Afin d'appliquer le courant, deux plaques conductrices sont utilisées comme indiqué dans la figure 1. La résistivité du béton est ensuite déterminée en utilisant la valeur de l'impédance de la manière suivante :

$$\rho = \frac{A}{L} Z \quad \text{Eq. 1}$$

où  $\rho$  [ $\Omega \cdot \text{cm}$ ] est la résistivité,  $A$  [ $\text{cm}^2$ ] est la surface de la plaque, et  $L$  [cm] est la longueur de l'échantillon, et  $Z$  [ $\Omega$ ] est l'impédance (résistance) mesurée par le dispositif.

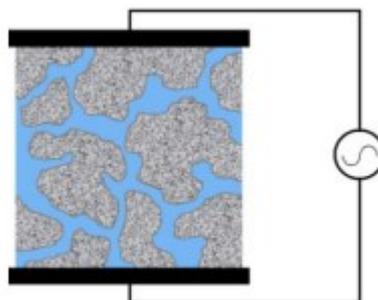


Figure 1: Concrete specimen placed between two plates



Le signal de courant généré par l'appareil est sinusoïdal. La tension mesurée aux bornes de l'échantillon est divisée par le courant imposé pour obtenir l'impédance (voir figure 2-a). En fonction de la valeur de l'impédance, l'échelle de courant peut varier de 10µA à 1 mA. La phase de l'impédance est calculée en déterminant la différence entre la phase de la tension et le courant (voir fig. 2-b).

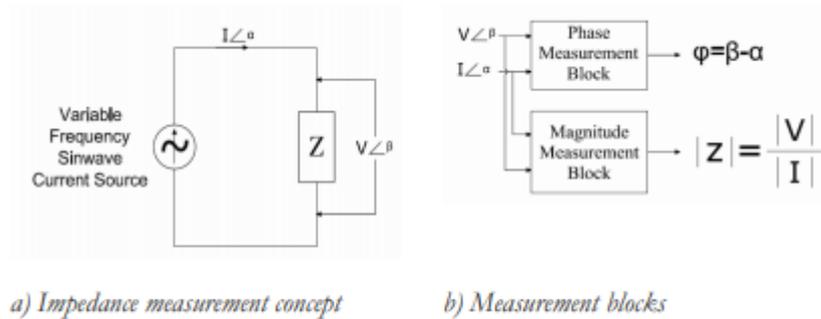


Figure 2: Impedance measurement concept

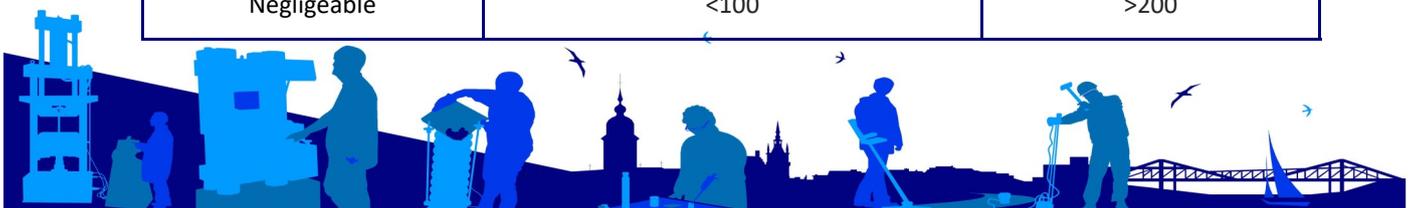
**Utilisation:**

RCON™ est un outil unique pour étudier les propriétés micro-structurales du béton, y compris :

**A) Contrôle de la qualité du béton basé sur la performance**

Les méthodes de mesure de la résistivité électrique du béton remplacent avantageusement les tests rapides de perméabilité aux chlorures du béton (selon la norme ASTM C1202 ou AASHTO 277), car il existe une bonne relation entre la résistivité électrique globale et la durabilité du béton (voir tableau 1). Par conséquent, cette technique peut être utilisée pour le contrôle de la qualité du béton basé sur les performances.

Tableau 1: Perméabilité rapide au chlorure et valeurs de la résistivité électrique globale		
Pénétration du chlorure	Charge de perméabilité rapide au chlorure de 56 jours selon la norme ASTM C1202 (Coulombs)	Résistivité électrique en continu du béton saturé sur 28 jours (kΩ.cm)
Haute	>4 000	<5
Modérée	2 000-4 000	5-10
Basse	1 000-2 000	10-20
Très basse	100-1 000	20-200
Négligeable	<100	>200



B) La diffusion du chlorure dans le béton.

Une relation presque linéaire entre le coefficient de diffusion du chlorure, déterminé par un test de pénétration, et la conductivité ( $1/\rho$ , où  $\rho$  a été mesuré par une technique uniaxiale avec un courant alternatif à une fréquence de 1 kHz) a été rapportée par Ghods et al. (voir Fig. 3)<sup>2</sup>. Des résultats similaires ont été présentés par Sengul et GjØrv<sup>3</sup>.

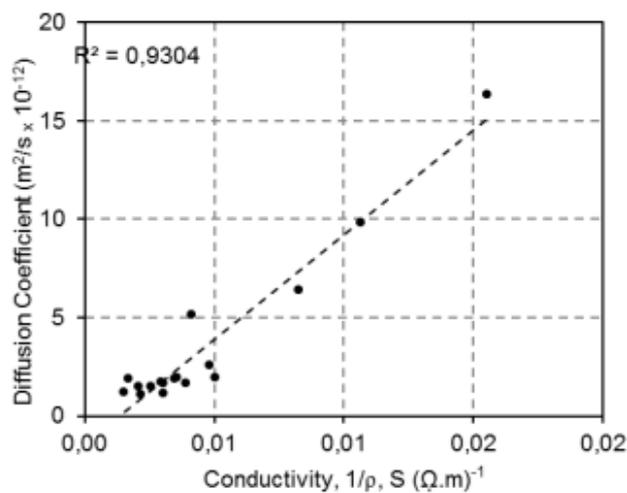


Figure 3- Relation between electrical conductivity and chloride diffusion coefficient of concrete for twenty mixture proportions<sup>2</sup>

C) Corrosion des barres d'armature dans le béton

Les enquêtes ont mis en évidence des corrélations entre la résistivité du béton, l'initiation de la corrosion et la période de propagation. Le taux de corrosion a souvent une corrélation opposée à la résistivité électrique. Hornbostel et al<sup>4</sup> ont réalisé une analyse documentaire complète sur la relation entre la vitesse de corrosion et la résistivité électrique et les facteurs qui y contribuent. En général, une résistivité électrique plus élevée du béton diminue le risque et la vitesse de corrosion (tableau 2).

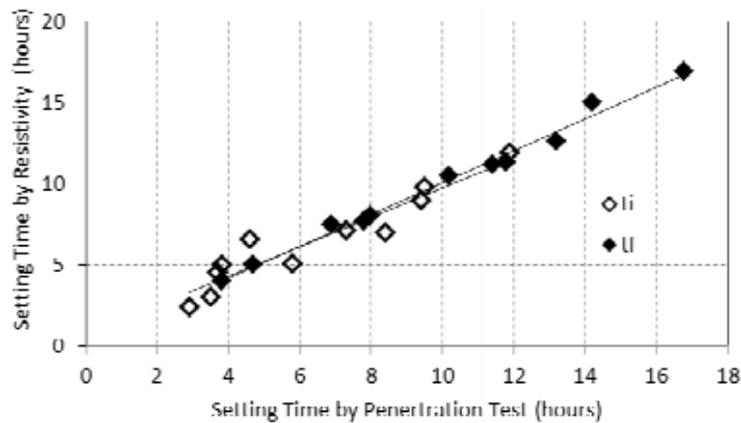
Résistivité (kΩ.cm)	Degré de corrosion
>20	Faible taux de corrosion
10-20	Taux de corrosion faible à modéré
5-10	Taux de corrosion élevé
<5	Un taux de corrosion très élevé

Tableau 2 : Relation entre la résistivité du béton et la gravité de la corrosion



#### D) Temps de prise du béton frais

Le concept de résistivité électrique a été utilisé pour développer des méthodes de test permettant de déterminer le temps de prise du ciment, des mortiers et du béton. Li et al<sup>6</sup> ont étudié le processus d'hydratation et les temps de prise du béton frais en utilisant la résistivité électrique (figure 4). Gu et al<sup>7</sup> ont également étudié les caractéristiques microstructurales du système d'hydratation des fumées de ciment et de silice en utilisant la spectroscopie d'impédance des courants alternatifs.



*Figure 4- Comparison between setting times of fresh concrete using ASTM C403 and electrical resistivity method<sup>6</sup>*

#### E) Transfert d'humidité dans le béton

Une application potentielle de la méthode de la résistivité électrique consiste à déterminer la teneur en humidité du béton. Plusieurs recherches ont montré que la résistivité électrique est significativement affectée par la teneur en humidité<sup>8,9</sup> ; cependant, l'application et la fiabilité de la méthode pour déterminer la teneur en humidité restent à étudier. Shekarchi et al. ont utilisé la technique de la résistivité électrique pour surveiller la teneur en eau du béton dans les grandes structures (figure 5)<sup>8</sup>.



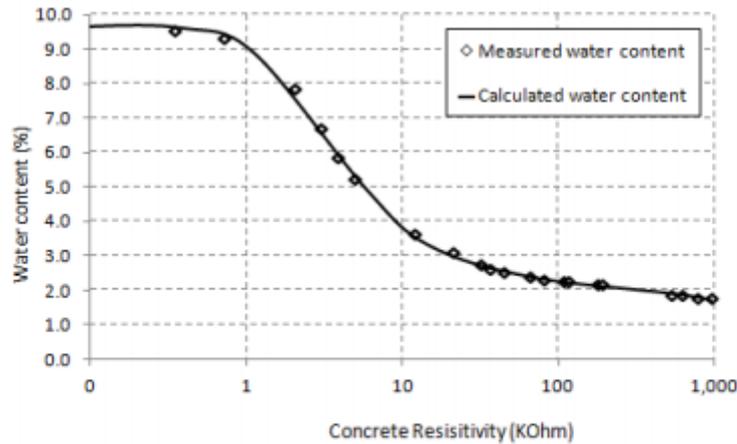


Figure 5- Comparison between water content of hardened concrete obtained directly by drying technique and indirectly by electrical resistivity technique<sup>8</sup>

### F) Développement de micro-fissures dans le béton

La méthode de résistivité électrique peut également être utilisée pour détecter les fissures dans le béton. Cependant, il est important de noter que plusieurs paramètres pourraient affecter les lectures dans ce cas. Salehi<sup>10</sup> a réalisé une étude numérique sur l'effet des fissures et de la présence de barres d'armature en acier sur la résistivité électrique du béton. Wiwattanachang<sup>11</sup> a également étudié le développement de fissures dans les poutres en béton de fibres en utilisant la méthode de résistivité électrique. Le rapport entre la modification de la résistivité électrique et le développement de microfissures dans le béton armé et non armé a récemment été étudié par un certain nombre de chercheurs<sup>12,13</sup> (figure 6).

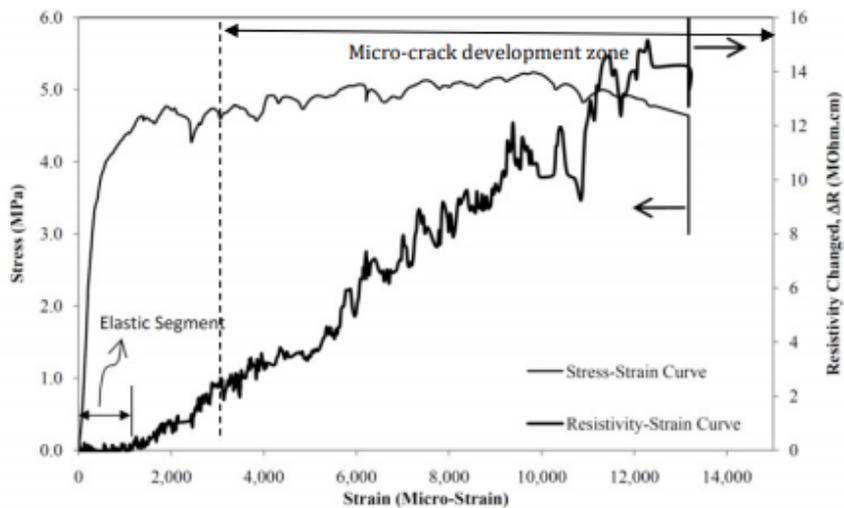


Figure 6- The change in electrical resistivity with the development of micro-cracks in concrete under tensile load<sup>13</sup>



## Caractéristiques techniques:

### Portée et précision de lecture :

Portée de lecture	Spectre de fréquences	Mesure de la phase	Précision de l'impédance	Précision de la phase
1 - 100 $\Omega$	1Hz - 30KHz	z 0-180 °	±2% ±2digit	5% ±3digit
0.1-1K $\Omega$				
1 - 10K $\Omega$				
10 - 100K $\Omega$				
0.1 - 1M $\Omega$	1Hz - 10KHz			

### Durée de mesure :

Fréquence	Durée de l'échantillonnage	Durée de lecture (minimum)
1Hz - 4Hz	5 secondes	10 secondes
5Hz - 30KHz	1 secondes	2 secondes

### Conditions d'utilisation :

Type	Valeurs
Température de fonctionnement	15°C - 45°C
Taux d'humidité de fonctionnement	30% - 80%
Température de stockage	0°C - 60°C
Taux d'humidité de stockage	5% - 90%
Tension/courant de fonctionnement	100 - 240 V, 50/60 Hz
Dimensions	200 x 230 x 70 mm
Logiciels d'acquisition de données (logiciels pour PC)	Oui
Note : Les caractéristiques peuvent être modifiées sans préavis.	



## References :

1. Shane, J.D., Aldea, C.M., Bouxsein, N.F., Mason, T.O., Jennings, H.M., Shaw, S.P. (1999), "Microstructural and pore solution changes induced by rapid chloride permeability test measured by impedance spectroscopy", Concrete Science and Engineering, Vol. 1, pp. 110-119.
2. Ghods, P.; Chini, M.; Hoseini, M., Alizadeh R. (2005), "Evaluating the chloride diffusion of concrete by measuring electrical resistivity", Intl. Cong. on Global Construction: Ultimate Concrete Opportunities, Proc. of the Intl Conf. on Young Researchers' Forum, Dundee, Scotland.
3. Sengul, O., Gjrv, O. E. (2008), "Electrical Resistivity Measurements for Quality Control during Concrete Construction". ACI Materials Journal, Vol. 105(6), pp. 541-547.
4. Hornbostel, K; Larsen, C. K., Geiker, M. R. (2013), "Relationship between concrete resistivity and corrosion rate – A literature review", J of Cement and Concrete Composites, Vol. 13, pp. 60-72.
5. ACI Committee 222R-01 (Reapproved 2010), "Protection of metals in concrete against corrosion", American Concrete Institute, Farmington Hills, Michigan.
6. Li, Z., Xiao, L., and Wei, X. (2007), "Determination of Concrete Setting Time Using Electrical Resistivity Measurement", Journal of Materials in Civil Engineering, Vol. 19, pp. 423-427.
7. Gu P., Xie, P., Beaudoin, J. J., and Brousseau, R. (1993), "A.C. Impedance Spectroscopy (II): Microstructural Characterization of Hydrating Cement-Silica Fume Systems". Cement and Concrete Research, Vol. 23(1), pp. 157–168.
8. Shekarchi, M., Debicki, G., Billard, Y., Briot, R. (2001), "Nondestructive Monitoring Technique Based on Electrical Resistivity for Moisture Condition in Containment Structures", SMiRT 16, Washington, DC USA, pp. 1409-1414.
9. Brameshuber, W., Raupach, M., (2003), "Non-destructive Determination of the Water Content in the Concrete Cover using the Multi-ring-Electrode, PART I: ASPECTS OF CONCRETE TECHNOLOGY", BB 85-CD International Symposium, Non-Destructive Testing in Civil Engineering (NDT-CE), Berlin, September 16-19.
10. Salehi, M. (2013) "Numerical investigation of the effects of cracking and embedded reinforcement on surface concrete resistivity measurements using Wenner Probe", M.Sc. Thesis, Carleton University.
11. Wiwattanachang, N., Giao, P. H., (2011), "Monitoring crack development in fiber concrete beam by using electrical resistivity imaging", Journal of Applied Geophysics, Vol. 75, pp. 294-304.
12. Pacheco, J., Šavija, B., Schlangen, E., Polder, R. B., (2012), "Relationship Between Cracking And Electrical Resistance In Reinforced And Unreinforced Concrete", 2nd Intl. Conf. on Microstructural-related Durability of Cementitious Composites, Amsterdam, Netherlands.
13. Lin, V. W. J., Li, M., Lynch, J. P., Li, V. C., (2011), "Mechanical and electrical characterization of self-sensing carbon black ECC", Proc. SPIE 7983, Nondestructive Characterization for Composite Materials, Aerospace Engineering, Civil Infrastructure, and Homeland Security 2011, 798316 (April 18, 2011)

BAG-MacBen BV  
Oostjachtpark 12,  
B-9100 Sint-Niklaas

T: +32 3 771 48 04 info@macben.eu  
www.macben.eu

BAG-MacBen  
Smederijstraat 2,  
NL-4814 DB Breda

T: +31 765 30 23 73 sales@macben.eu  
www.macben.eu



02/2021