TORRENT
Permeability Tester

Sous réserve de modifications

97 09 337 F

Proceq SA
Ringstrasse 2
CH-8603 Schwerzenbach

Tel.: +41 (0)43 355 38 00
Fax: +41 (0)43 355 38 12

E-Mail: info@proceq.com
Internet: www.proceq.com

A. Introduction

Le TORRENT Permeability Tester est un appareil de mesure servant à déterminer de façon non destructive la perméabilité à l'air du béton de couverture.

Il fonctionne sous vide et est destiné tant à l'utilisation sur chantier qu'en laboratoire.
Les caractéristiques essentielles de la méthode de mesure TORRENT sont constituées par la présence d'une cellule à vide à deux chambres et d'un pressostat qui permettent d'obtenir un courant d'air perpendiculaire à la surface vers la chambre interne. Il est ainsi possible de calculer le coefficient de perméabilité kT sur la base d'un modèle théorique. Si le béton est sec, les résultats coïncident dans une large mesure avec les méthodes utilisées en laboratoire en ce qui concerne la perméabilité à l'oxygène, la capillarité, la perméabilité au chlorure, etc. On détermine en kT la classe de qualité du béton de couverture dans une table.
L'humidité, représentant une influence primordiale sur la perméabilité, sera compensée en mesurant en plus la résistance électrique du béton ρ. A l'appui de kT et ρ on obtient la classe de qualité à l'aide d'un nomogramme.

Représentation schématique du système de mesure:

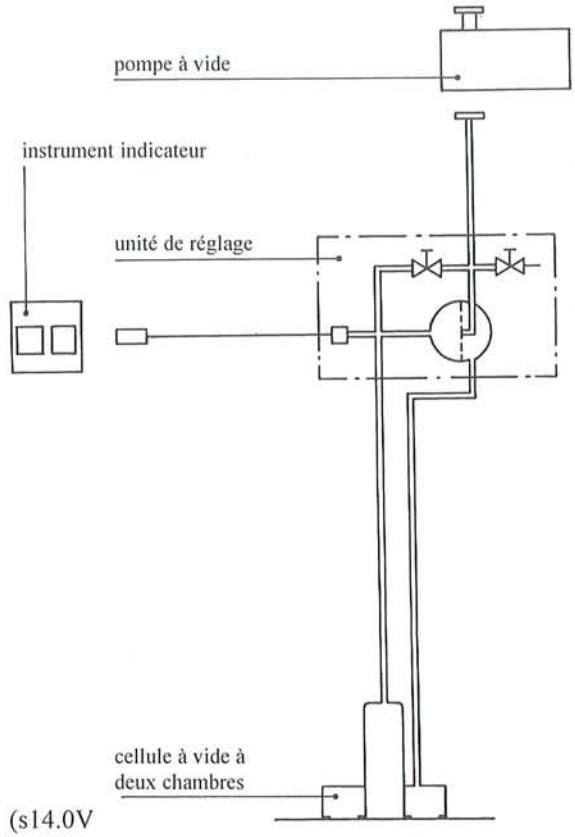
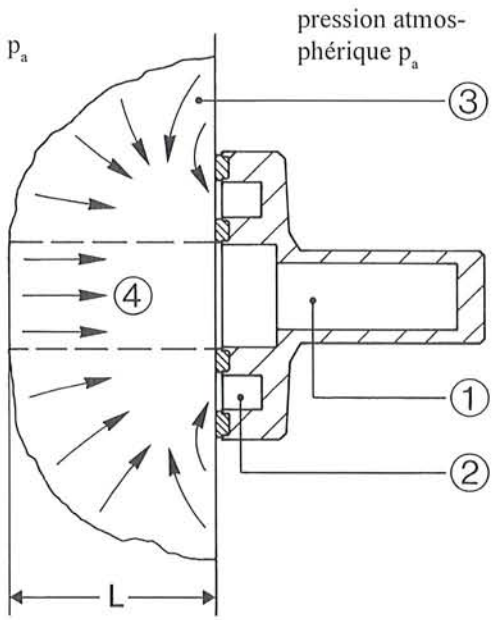


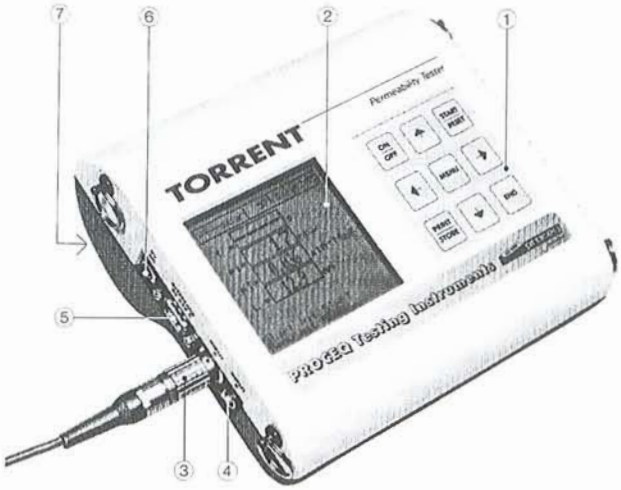
Fig. 1

Cellule à vide à deux chambres:



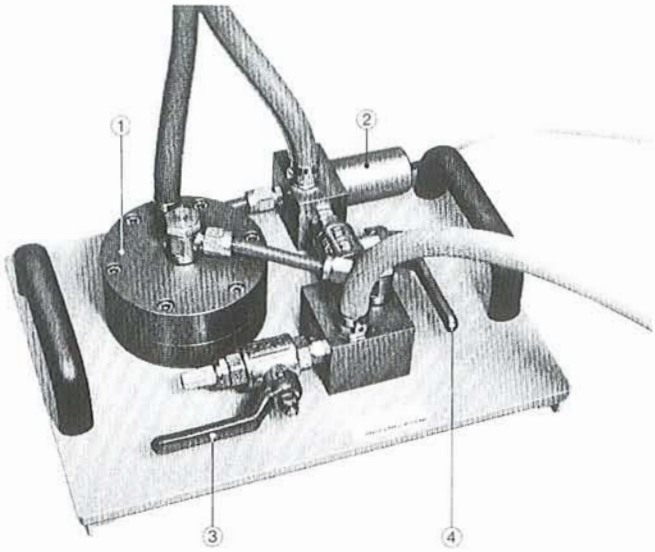
① Chambre interne; pression p_i
② Chambre externe; pression p_o
$p_o = p_i$
③ Courant d'air vers chambre externe
④ Courant d'air vers chambre interne
L = Profondeur de pénétration du vide

Instrument indicateur électronique:



① Panneau de commande
② Affichage à cristaux liquides (LCD)
③ Input A
④ Input B
⑤ Sortie interface RS 232 C
⑥ Raccordement pile ext. 9V CC
⑦ Compartiment pile

Unité de réglage:



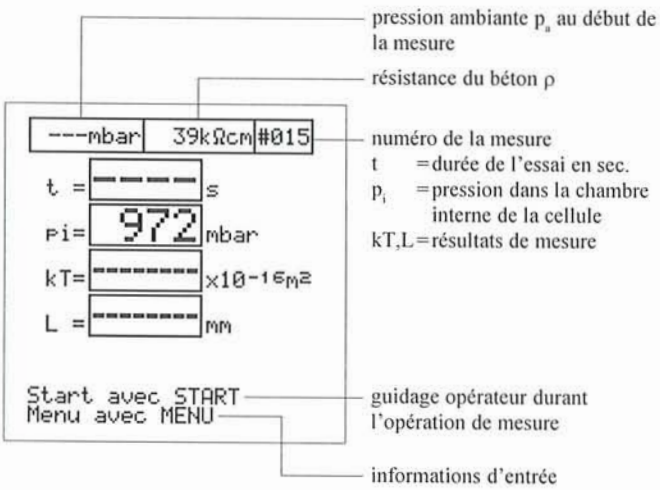
① Pressostat
② Capteur de pression
③ Robinet rouge
④ Robinet bleu

B. Commande de l'appareil

1. Instrument indicateur

Appuyer sur la touche "ON". Brièvement seront affichés le n° de série de l'appareil, la version du logiciel installé, si l'autodiagnostic est ok et la durée de vie de la pile. Si rien ne s'affiche, les piles sont usées.

L'écran de mesure s'affiche ensuite:



2. Mesure de la perméabilité

Disposition de mesure selon Fig. 1

Unité de réglage:
- les deux robinets ouverts (position horizontale).
- raccorder la petite bride à la pompe à vide.
- raccorder la fiche du capteur de pression à l'instrument indicateur (Input A).

Pour atteindre l'état de fonctionnement il faut mettre l'appareil sous vide pendant 10 min.: soit: faire marcher la pompe, robinet rouge fermé, cellule sur specimen de béton. Enlever la cellule: fermer le robinet bleu, ensuite ouvrir les robinets rouge et bleu.

Une mesure est toujours effectuée suivant le même schéma. Il suffit de suivre les instructions à l'écran.

Lancer la pompe à vide.

Action:	Fonctions / explication:
Brancher l'instrument indicateur. Appuyer sur la touche START.	La pression ambiante p_a est affichée en p_i du fait de l'ouverture de la cellule à vide. Le n° de mesure s'élève de 1, si des valeurs mesurées sont déjà affichées lors du branche-ment. La pression ambiante p_a s'affiche dans le champ en haut à gauche. L'appareil de-mande "Fermer le robinet rouge".

Action:	Fonctions / explication:
Placer la cellule à vide sur la surface à mesurer. Fermer le robinet rouge.	p_i commence à diminuer. t commence à courir. Après t = 30 s l'appareil demande: "Fermer le robinet bleu"; 5 sec. après: "Ouvrir le robinet bleu".
Fermeture et ouverture du robinet bleu.	Ceci conduit à activer le pressostat.
	À t = 55 sec. retentit un bip pour se préparer à fermer le robinet bleu à t = 60 sec.
Fermeture du robinet bleu.	À partir de ce moment là, Δp_i = montée en pression mesurée sera affiché en mbar.
	La **mesure est automatiquement achevée** et kT et L sont calculés si: montée en pression effective = montée en pression mesurée – perte de pression calibrée ≥ 20 mbar, ou t = 720 sec.
L'activation de la touche END interrompe la mesure.	Aucune valeur ne sera sauvegardée et rien ne sera calculé.
Pour ôter la cellule à vide de la surface en béton, ouvrir tout d'abord le robinet **rouge**, puis le **bleu**.	Ceci fait que les deux chambres sont ventilées.
Débrancher maintenant la pompe, après que les robinets ont été ouverts!	Ceci permet d'éviter le refoulement de l'huile pompée dans la conduite d'aspiration.

3. Options menu

```
■ Sortie des données
□ Essai No.
□ Résistance électr.
□ Etalonnage
□ Constantes instrum.
□ Langue/Language

Choisir avec ↑↓
Start avec START
Fin avec END
```

En appuyant sur la touche MENU, la liste ci-contre s'affiche. Le choix se fait avec les tou-ches ⇧⇩ et START. En appuyant sur la touche END, l'écran me-sure s'affiche.

4. N° de l'essai

Réglage selon les informations au pied de l'écran. Le numéro s'élèvera automatiquement de 1 pour la prochaine mesure.

5. Résistance électrique ρ

```
Résistance électr.
□ Entrée manuelle
  ρ= 047 kΩcm
□ Mesure Wenner
□ Eff. valeur moyenne
  ρ= 27 kΩcm 100%
  ρ̄= 32 kΩcm
     3 essais

Mémoriser avec STORE
Fin avec END
```

La résistance électrique du béton est exprimée en kΩcm suivant la méthode de Wenner.

5.1 Si la résistance électrique est mesurée séparément avec un autre appareil, ρ peut être entrée manuellement: placer le curseur sur "Entrée manuelle" et appuyer sur la touche START. Entrer la valeur et achever en appuyant la touche END.

5.2 Mesure avec la sonde de résistance WENNER-PROCEQ:
- Pour effacer une valeur moyenne affichée, placer le curseur sur "Effacer valeur moyenne" et appuyer sur la touche START.
- Raccorder la sonde à l'Input B de l'instrument indicateur. Humidifier les quatre mousses afin de permettre le contact électrique avec le béton. Choisir "Mesure Wenner" et appuyer sur la touche START. Placer les points de contact de la sonde sur le béton. L'instument mesure la résistance et l'affiche à ρ. A côté il montre le pourcentage de courante nominale qui coule attravers le béton aux conditions données.
  Si la valeur mesurée est stable, elle sera enregistrée en appuyant sur STORE et affichée comme nouvelle valeur moyenne $\bar{\rho}$ ou ajoutée aux valeurs déjà enregistrées d'un point de mesure et affichée $\bar{\rho}$. Nombre de résistances maximum = 24.

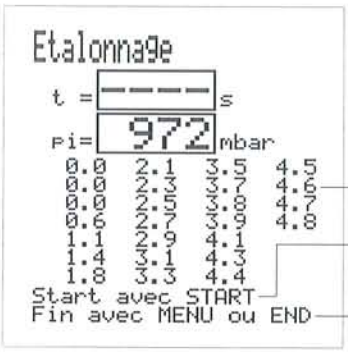
  La saisie des valeurs de résistance sera également achevée en appuyant sur la touche END.

  Si le message "Mesure imprécise" s'affiche, ceci veut dire que l'humidification des quatre points de contact de la sonde est insuffisante ou que le béton est très sec et par conséquent que ρ est très élevée.

5.3 La résistance ρ, entrée manuellement ou mesurée avec la sonde Proceq, s'affiche à l'écran mesure et dans les données enregistrées d'un point de mesure, en fonction de l'emplacement où se trouve le curseur lorsqu'on quitte la fonction de mesure de résistance.

Remarque :
La sonde de résistance raccordée consomme de l'électricité, même si on ne procède pas à des mesures. Retirer la fiche de l'instrument indicateur lorsque la sonde n'est pas utilisée.

6. Etalonnage



t = durée de l'essai en sec.
P_i = pression dans la chambre interne

valeurs étalonnées

guidage opérateur durant l'opération de mesure

informations d'entrée

Lors de l'étalonnage la perte de pression de l'appareil sera mesurée. La cellule à vide sera pour cela posée sur la plaque d'acier polie collée dans la grande mallette. L'opération d'étalonnage se fait comme pour la mesure (voir B. 2).
La montée en pression sera mesurée toutes les 30 sec. et sauvegardée. La perte de pression sera soustraite automatiquement à chaque mesure.

Opération d'étalonnage:

Raccorder l'appareil	p_i est affichée
Appuyer sur la touche START	Les valeurs d'étalonnage affichées au pied disparaissent
La suite de l'opération d'étalonnage est comme pour la mesure	Les valeurs calibrées sont effacées de la mémoire dès que t commence à courir. Durée de l'étalonnage t = 720 sec.

7. Constantes instrument

La liste comporte les valeurs des constantes qui sont utilisées dans le calcul de kT et L. Elles sont invariables.
Au dessus se trouve le code de la sonde de résistance WENNER-PROCEQ qui doit être identique au code de la sonde. Réglage selon les infor-mations au pied de l'ecran.

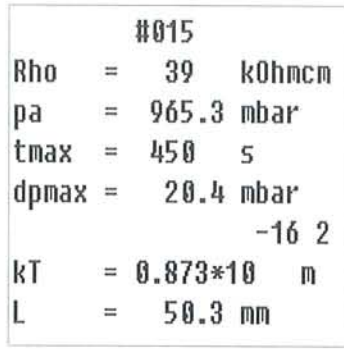
8. Sortie des données

8.1 Afficher les données:
Les données principales d'une mesure sont affichées d'un côté. Il est possible de passer à la mesure précédente ou à la mesure suivante à l'aide des touches ⇧⇩.
Les données auxiliaires y afférentes se trouvent du côté droit et s'affichent en appuyant sur la touche ⇨. Ce sont les temps de mesure et la montée en pression effective qui s'affichent toutes les 60 sec.

8.2 Impression des données:
L'impression se fait avec n'importe quelle imprimante courante pourvue d'une interface série.
Câble d'imprimante: N° art. 330 00 460

Préparer l'imprimante suivant le mode d'emploi respectif et la raccorder à l'instrument indicateur. En appuyant sur la touche START lors du message "Impression des données", tous les objets seront transférés et imprimés les uns à la suite des autres.

Impression d'un objet:



Format des données: 9600 baud
8 bits de données
1 bit d'arrêt
pas de parité

8.3 Données au PC:

Transfert des données de l'instrument indicateur TORRENT au PC sous WINDOWS 3.1 (WIN 95 voir page suivante)

- Préparation de l'instrument indicateur:
  Connecter le port série (COM 1) du PC à l'interface série de l'instrument indicateur avec le câble de transfert n° art. 330 00 269. Brancher l'instrument indicateur et sélectionner l'option menu "Sortie des données".

- Préparation du PC:
  - Lancer WINDOWS 3.1.
  - Passer dans le répertoire C:\TORRENT.
  - Lancer le groupe "Accessoires".
  - Lancer le programme auxiliaire "Terminal".
  - Sélectionner l'option menu "Réglages".
  - Sélectionner "Transfert des données".
  - Régler les paramètres suivants dans la fenêtre de transfert des données :

Connexion	: COM1
Débit en baud	: 9600
Bits de données	: 8
Bit d'arrêt	: 1
Parité	: aucune
Protocole	: Xon/Xoff

    Confirmer et quitter les réglages avec "OK".
  - Sélectionner "Transfert" dans la liste du menu
  - Sélectionner "Réception de fichier texte"
  - Saper les informations suivantes dans la fenêtre "Réception de fichier texte".

Sélectionner répertoire	: C:\TORRENT
Entrer nom du fichier	: p. ex. TORR1.TXT

    Confirmer l'entrée avec "OK".

  En confirmant avec la touche "OK" le PC se met aussitôt en mode réception. Le message "Byte = 0" et "Reçu: TORR1.TXT" s'affiche au pied de la fenêtre aux fins de contrôle.

- Lancer le transfert:
  A l'instrument indicateur, placer le curseur dans le menu "Sortie des données" sur l'option "Données au PC". Le transfert des données est lancé avec la touche START, l'ensemble de la mémoire étant alors transféré. Les caractères reçus s'affichent à l'écran.

- Quand le transfer est terminé:
  - Dans la liste du menu selectionner "Transfert" et l'option "Rompre".
  - Dans la liste du menu selectionner "Fichier" et l'op-tion "Quitter".
  - Confirmer la question "Enregistrer les réglages?" avec "Non".

  Les données seront alors enregistrées dans le fichier TORR1.TXT et peuvent être traitées sous forme d'un fichier texte.

- Afficher les données:
  Les données transférées peuvent être affichées avec chaque éditeur ou traitement de texte.

Transfert des données de l'insturment indicateur TORRENT au PC sous WINDOWS 95

- Préparation de l'instrument indicateur:
  Connecter le port série (COM 1) du PC à l'interface série de l'instrument indicateur avec le câble de transfert n° art. 330 00 269. Brancher l'instrument indicateur et sélectionner l'option menu "Sortie des données".

- Préparation du PC:
  - Lancer WINDOWS 95.
  - La première fois:

    Passer dans le répertoire C:\TORRENT.
    Ouvrir de "Programme" → "Accessoires" → "HyperTerminal".
    Lancer "Hypertrm".
    N'installer pas un auto-commutateur.
    Entrer nom "TORRENT" et sélectionner un "icon".
    Confirmer avec "OK".
    Sélectionner "Connexion direct à Com1".
    Confirmer avec "OK".

Débit en baud	: 9600
Bits de données	: 8
Parité	: aucune
Bit d'arrêt	: 1
Protocole	: Xon/Xoff

    Confirmer avec "OK".
  - Dans la liste du menu sélectionner "Transfert" et l'option "Enregistrer texte".
  - Saper les informations suivantes dans la fenêtre "Enregistrer fichier": par ex. C:\TORRENT\TORR1.TXT
  - Confirmer avec "Start".

  Maintenant votre PC est prêt de recevoir les données.

- Lancer le transfert:
  A l'instrument indicateur, placer le curseur dans le menu "Sortie des données" sur l'option "Données au PC". Le transfert des données est lancé avec la touche START, l'ensemble de la mémoire étant alors transféré. Les caractères reçus s'affichent à l'écran.

- Après que le transfert est terminé:
  - Dans la liste du menu sélectionner "Transfert" "Enregistrer texte" et "Quitter".

  Les données seront alors enregistrées dans le fichier TORR1.TXT et peuvent être traitées sous forme d'un fichier texte.

- Enregistrer les réglages dans le programme du terminal:
  - Dans la liste du menu sélectionner "Fichier" et "Quitter".
  - Confirmer la question "Quitter la connexion" avec "Oui".
  - La première fois:

    Confirmer la question "Enregistrer TORRENT?" avec "Oui".
    Controllez: Le nouveau "icon" avec vos réglages est affiché à l'écran.

Pour lancer le programme TORRENT la prochaine fois vous pouvez toucher le nouveau "icon" deux fois.

8.4 Effacer la mémoire:
Les objets ne peuvent pas être effacés séparément.

Version de logiciel

N° de mesure
n° d'appareil
t
ρ
p_i
Δp_i
Représentation
p_a
t_{max}
Δp_{max}
kT
L

	A	B	C	D	E	F	G
1	TORRENT Permeability Tester	1.43	11.014				
2	15	39	965.3	450	20.4	0.873	50.3
3	0	965.3					
4	30	5.3					
5	60	5.3					
6	90	2					
7	120	4					
8	150	5.8					
9	180	7.5					
10	210	9.1					
11	240	10.6					
12	270	12.1					
13	300	13.6					
14	330	15					
15	360	16.4					
16	390	17.8					
17	420	19.1					
18	450	20.4					

des données d'un objet mesuré dans un fichier Windows

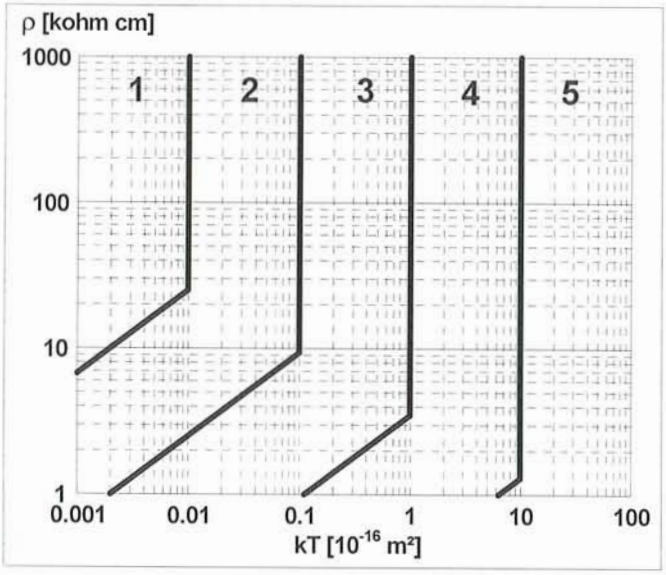
C. Réalisation pratique des mesures

1. Propriété de la surface à mesurer:
   - Situation quelconque, surface non mouillée.
   - Planéité de façon que les bagues d'étanchéité puissent étancher les deux chambres.
   - Le béton ne doit présenter aucune fissure.
   - L'écart entre le bord extérieur et l'élément de construction et le diamètre extérieur de la cellule doit s'élever à 20 mm minimum.
   - La chambre interne ne devrait pas reposer sur une armature.
2. Exécuter de temps en temps un étalonnage de la perte de pression, au plus tard après un changement important de température et de pression atmosphérique.
3. Exécuter trois à six mesures de la résistance électrique du béton ρ et établir la valeur moyenne.
4. Mesure de kT.
5. Détermination de la classe de qualité de la couverture béton: pour le béton sec avec kT de la table 1, pour le béton humide avec kT et ρ du nomogramme fig. 2.

Table 1: Classes de qualité pour le béton de couverture

Qualité du béton de couverture	Index	kT (10^{-16} m^2)
très mauvaise	5	> 10
mauvaise	4	1.0 - 10
moyenne	3	0.1 - 1.0
bonne	2	0.01 - 0.1
très bonne	1	< 0.01

Fig. 2: Nomogramme pour déterminer la classe de qualité du béton de couverture



6. L'épaisseur de l'élément en béton doit être plus grande que la profondeur de pénétration L du vide. Ceci est une condition préalable pour la formule de calcul de kT.

D. Remarques sur la fonction, le contrôle et la maintenance de l'appareil

Reproductibilité de la mesure de perméabilité:
La reproductibilité d'une mesure au même emplacement est très bonne. Il convient pourtant d'attendre environ ½ heure jusqu'à ce que la pression ambiante p_a règne à nouveau à l'intérieur du béton.

Etalonnage de la perte de pression:
La perte de pression de l'appareil s'élève normalement à quelques mbar en 720 sec. Si l'étalonnage est exécuté à plusieurs reprises à intervalles fréquents, les valeurs de perte sont quelque peu inférieures.

Si la chambre interne ou le tuyau contient de l'humidité, la perte de pression mesurée est beaucoup plus grande qu'à l'accoutumée. On peut éliminer l'humidité en pompant du-rant environ ½ heure avec le robinet rouge fermé.

Une fuite dans le système sera affiché par l'appareil 120 sec. après le lancement de l'étalonnage, ce qui aura pour effet d'interrompre l'opération.

Si le béton est très dense, il est possible que durant un certain temps l'accroissement effectif de la pression soit négatif; c'est à dire la perte de pression constatée à l'étalonnage est plus grande que l'accroissement de pression mesuré. Le message "Δp_i eff. négatif" est affiché à l'écran. Pour le cas que Δp_i n'est pas plus négatif que −1mbar ça ne provogue pratiquement aucun écart pour le calcul de kT. Il n'est donc pas nécessaire de réetalonner l'instrument.

Unité de réglage et cellule à vide:
Les éléments ne nécessitent pas une maintenance particulière. Il faut veiller à ce que les bagues d'étanchéité ne soient pas endommagées. N'utiliser que de l'eau savonneuse pour le nettoyage.

E. Caractéristiques techniques

Instrument indicateur:
- Mémoire non volatile jusqu'à 200 objets de mesure.
- Affichage à cristaux liquides 128 x 128 (LCD).
- Interface RS 232 C.
- Logiciel intégré pour impression des objets mesurés et transfert sur PC.
- Fonctionnement avec 6 piles LR6 1,5 V pour environ 60 heures ou bloc d'alimentation 9V CC/0,2 A.
- Plage de température -10 à +60 °C.
- Mallette portable 320/285/105 mm, poids total 2,1 kg.

Unité de réglage et cellule à vide:
- Le volume de la chambre interne et du tuyau ainsi que la superficie de la section de la chambre interne sont contenus dans la formule de calcul de kT et L. Ils ne doivent pas être modifiés.
- Raccordement sous vide : petite bride 16 KF.
- Mallette portable 520/370/125 mm, poids total 6,3 kg.

Sonde de résistance WENNER-PROCEQ:
Distances entre les électrodes 50 mm

Pompe à vide :
L'appareil de mesure fonctionnera avec une pompe à vide courante.
Caractéristiques techniques selon DIN 28 400:

Capacité de pompage	1,5 m^3/h
Pression totale finale	env. 10 mbar
Raccordement côté aspiration	petite bride 10 KF/16 KF

Compatibilité élevée à la vapeur d'eau

Veiller aux instructions pour le fonctionnement et la maintenance de la pompe.

F. Informations sur l'application et l'interprétation

Cf. annexe: "Sur la perméabilité du béton de couverture" de R.J. Torrent et G. Frenzer, Holderbank, Suisse.

Sur la perméabilité du béton de couverture

R.J. Torrent et G. Frenzer, Holderbank Management & Beratung, Suisse

1. Principe et signification du béton de couverture

Alors que la capacité porteuse d'un élément structurel d'une construction en béton repose sur les propriétés mécaniques de l'ensemble, sa stabilité par rapport aux influences agressives de l'environnement dépend pour l'essentiel de la qualité d'une couche superficielle relativement mince (20 à 50 mm). Cette couche doit protéger l'armature contre la corrosion qui peut survenir à la suite d'une carbonatation du béton du fait du chlorure ou d'autres actions chimiques. Les influences stipulées seront renforcées par les détériorations dues au gel/dégel ou gel/dégel/sel.

L'importance fondamentale de cette couche (appelée "béton de couverture") pour la stabilité d'ouvrages en béton se voit accorder de plus en plus d'attention de la part des chercheurs et des ingénieurs, et ce depuis qu'on a reconnu, en raison du faible écart entre le coffrage et l'armature, que la composition et les propriétés de ce "béton de couverture" pouvaient varier considérablement de celles du béton de semelle du fait de processus tels que la ségrégation et le ressuage, du fait du lissage et du traitement ultérieur, du fait de la formation de micro-fissuration, etc (fig. 1). Par ailleurs, les échantillons de béton utilisés pour les contrôles de qualité ne pourront jamais restituer la qualité et les propriétés de la couverture en béton, car ils sont fabriqués et stockés selon une méthode totalement différente ("béton de laboratoire").

On est maintenant d'avis qu'on pourrait obtenir une amélioration des propriétés insuffisantes de la stabilité de structures en béton armé non tendue et précontraint, si on réussissait à spécifier la qualité du béton de couverture au regard des conditions d'exposition respectives et à la vérifier à la structure une fois en place (de préférence avec des techniques de contrôle non destructives).

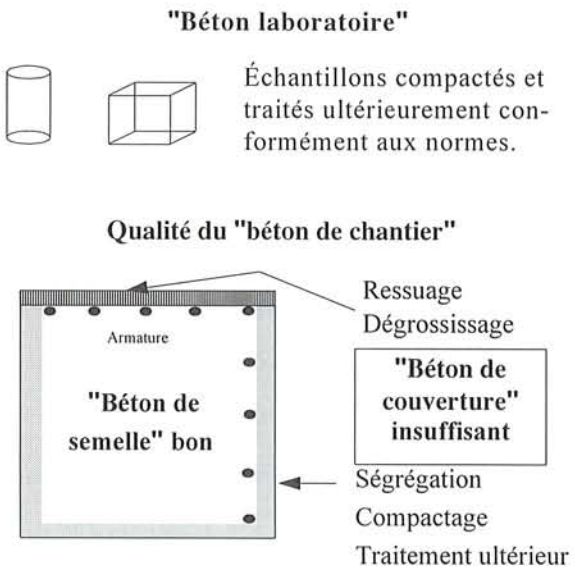


Fig. 1: Concept du "béton de couverture"

Les processus de détérioration sur les structures en béton sont tellement multiples et comprennent des mécanismes tellement différents et fréquemment imbriqués les uns les autres (physique, chimique, physico-chimique, électrochimique, mécanique), qu'il est impossible de s'attendre à ce qu'un seul, voire deux paramètres relatifs à la qualité du béton de couverture suffisent pour prévoir la stabilité à long terme. Nonobstant ce qui précède, il y a unanimité pour dire que la perméabilité du béton de couverture constitue la propriété la plus importante pour mesurer la stabilité potentielle de chaque béton. Ceci est clairement explicité dans les paragraphes suivants (traduits du chapitre d.5.3 "Classification by Durability", Final Draft CEB-FIP Model Code 1990) [1] :

"Il n'existe encore aucun procédé de portée générale permettant de caractériser la structure poreuse du béton et qui fasse le rapport avec sa stabilité. De nombreux travaux expérimentaux ont cependant montré que la perméabilité du béton en ce qui concerne l'air et l'eau constitue un critère remarquable pour décrire la résistance à la pénétration par rapport aux agents agressifs, qu'ils soient sous forme gazeuse ou liquide, et par conséquent un critère pour mesurer la stabilité potentielle de chaque béton."

"A l'heure actuelle, nous ne disposons d'aucun procédé de portée générale qui permettrait de déterminer rapidement la perméabilité du béton et de fixer les valeurs seuil de perméabilité pour des bétons soumis à diverses conditions environnementales. Il semble néanmoins vraisemblable qu'on disposera à l'avenir de tels procédés permettant de classifier un béton sur la base de sa perméabilité. On peut par conséquent postuler les spécifications pour la perméabilité du béton : celles-ci seraient définies en fonction des conditions influentes de l'environnement."

"Même si un béton ayant une résistance élevée est la plupart du temps plus stable qu'un béton présentant une moindre résistance, on ne peut pas considérer la résistance à l'écrasement en soi-même comme un critère exhaustif pour la stabilité du béton, car celle-ci dépend en premier lieu des propriétés des couches super-ficielles d'un élément en béton, qui n'exercent qu'une influence limitée sur la stabilité du béton."

Le Torrent Permeability Tester permet de mesurer rapidement et sans destruction la qualité du béton de couverture en rapport avec sa stabilité.

2. Evaluation des valeurs mesurées

Basées sur les résultats de divers examens portant sur la stabilité du béton de couverture [2], on a défini les méthodes suivantes pour évaluer la qualité du béton de couverture en rapport avec sa stabilité :

2.1 Pour les bétons dits "secs"

Si les mesures sont effectuées avec un béton sec (autrement dit la surface du béton n'était pas en contact avec l'eau durant environ 2 semaines), la qualité du béton de couverture peut être déterminée directement à l'aide des valeurs kT mesurées et de la table 1.

Table 1: Classes de qualité pour le béton de couverture

Qualité du béton de couverture	Index	kT (10^{-16} m^2)
très mauvaise	5	> 10
mauvaise	4	1.0 - 10
moyenne	3	0.1 - 1.0
bonne	2	0.01 - 0.1
très bonne	1	< 0.01

On a défini ces classes de qualité de béton de couverture en ce qui concerne la perméabilité kT sur la base des examens de stabilité (carbonatation, pénétration de chlorure et comportement au gel/dégel au sel) ainsi qu'en tenant compte des informations bibliographiques.

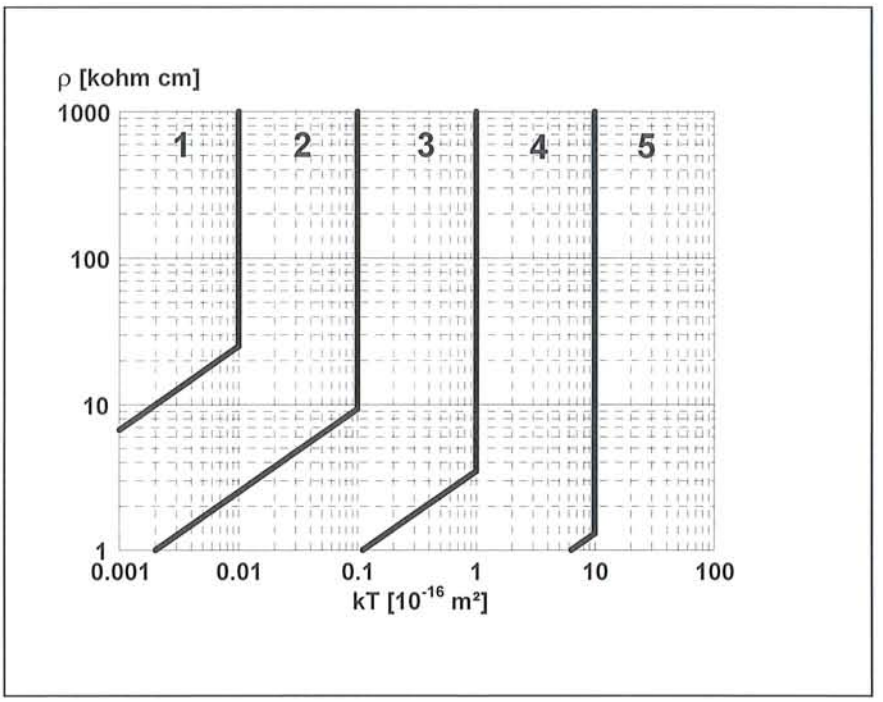
2.2 Pour bétons dits "humides"

Si la condition préalable de la siccité définie au point 2.1 **n'est pas** satisfaite, il faut procéder en plus à la mesure de la résistance électrique ρ:

Correction à l'aide de ρ

On détermine les classes de qualité du béton de couverture avec les résultats de mesure kT et ρ à l'aide du nomogramme (fig. 2).

Fig. 2: Nomogramme pour déterminer les classes de qualité du béton de couverture



Procédure pour bétons dits "humides":

- Mesure de kT (1 fois par emplacement de mesure)
- Mesure de ρ (3 à 6 fois par emplacement de mesure et calculer la valeur moyenne)
- Extraire la classe de qualité du béton de couverture à l'aide des valeurs kT et ρ

Remarques

- ❒ La détermination de kT et ρ ne devrait pas être réalisée sur des surfaces mouillées (l'humidité pénétrant dans l'appareil pourrait détériorer la membrane dans le régulateur de pression).
- ❒ Les valeurs exactes sont obtenues pour un béton sec (mesure ρ superflue).
- ❒ Afin d'obtenir une image précise de la qualité du béton de couverture d'une construction ou d'un élément préfabriqué, il faut toujours procéder à plusieurs mesures.
- ❒ La répartition des classes de qualité du béton de couverture (table 1) et le nomogramme (fig. 2) se rapportent à un béton "jeune", d'un âge de 1 à 3 mois. Quelques mesures dans un béton plus âgé de quelques années ont montré que la répartition de la table 1 et le nomogramme ne sont pas forcément applicables.

- La teneur en humidité dans le béton a une grande influence sur la perméabilité au gaz. La correction de ce facteur d'influence par la mesure de la résistance électrique permet en général d'obtenir de bons résultats pour un béton "jeune". Pour des bétons plus âgés, il convient d'effectuer d'autres examens.

- Les examens seront exécutés à l'aide d'une pompe à vide ayant une capacité de pompage de 1,5 m^3/h et une puissance de 0,13 kW. Cette pompe permet d'obtenir un vide de quelques mbar. Les pompes moins puissantes n'obtiennent pas le même vide et il est par conséquent recommandé d'utiliser des pompes ayant des puissances équivalentes.

- Trois autres raisons peuvent faire que le vide souhaité (10 à 50 mbar) ne puisse être obtenu :

  - La couverture de béton présente une perméabilité trop élevée (fonctionnement normal de l'appareil)
  - La surface du béton n'est pas suffisamment plane ; les étanchéités en caoutchouc ne peuvent compenser que certaines inégalités (fonctionnement anormal)
  - L'appareil n'est pas étanche (fonctionnement anormal)

3. Bibliographie

[1] CEB-FIP Model 1990
Final Draft, Section d.5.3 : "Classification by Durability", Bull. d'information n° 205, Lausanne, Juillet 1991

[2] Torrent R.J., Ebensberger L.
Studie über "Methoden zur Messung und Beurteilung der Kennwerte des Überdeckungsbetons auf der Baustelle", n° 506
Office fédéral des routes, Suisse, Sordre de recherche n° 89/89, janvier 1993

Autres références bibliographiques :

- La suite du rapport n° 506 [2]
  Torrent R.J., Frenzer G.
  rapport n° 516, octobre 1995.

- Torrent, R.J.
  A two-chamber vacuum cell for measuring the coefficient of permeability to air of the concrete cover on site
  Mater & Struct., v.25, n. 150, juillet 1992, pages 358-365

- R.J. Torrent et H. Braun
  Methoden zur Messung und Beurteilung der Kennwerte des Überdeckungsbetons auf der Baustelle
  Documentation SIA D 099
  Maintenance de ponts, résultats actuels des recherches
  Exposés de la journée du 11 mars 1993 à Zurich et résumés d'autres travaux de recherche actuels

- R.J. Torrent, L. Ebensberger, J. Gebauer
  On site Evaluation of the permeability of the "Covercrete"
  Third CANMET/ACI International Conference on Durability of Concrete
  Nice, France 1994