



MANUEL D'UTILISATION

DILATOMÈTRE DE FORAGE (PRESSIOMÈTRE DE ROCHE) Modèle PROBEX

© Roctest Limitée, 2010, 2015, 2020, 2024. Tous droits réservés.

Ce produit doit être installé et utilisé par du personnel qualifié seulement, car l'utilisation inadéquate de ce produit peut s'avérer dangereuse. La Société n'offre aucune garantie concernant les renseignements fournis dans ce manuel et n'assume aucune responsabilité quant aux dommages qui pourraient résulter de l'installation ou de l'utilisation de ce produit. Les renseignements ci-inclus peuvent être modifiés sans préavis.

Tél. : 1 450 465-1113 • 1 877 ROCTEST (Canada, É.-U.) • 33 (1) 64 06 40 80 (Europe) • www.roctest.com • www.telemac.com

TABLE DES MATIÈRES

1	INTRODUCTION	1
2	DESCRIPTION DE L'ÉQUIPEMENT	1
2.1	DESCRIPTION GÉNÉRALE	1
2.2	SONDE DILATABLE	3
2.3	MODULE HYDRAULIQUE À DOUBLE ACTION	3
2.4	MODULE DE MESURE	3
2.5	SYSTÈME HYDRAULIQUE	4
2.7	CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES	5
3	INSTRUCTIONS D'OPÉRATION	6
3.1	ASSEMBLAGE	6
3.2	UTILISATION DU DP BOX	8
3.2.1	DESCRIPTION	8
3.2.2	INSTALLATION DE L'APPLICATION DP BOX READER	10
3.2.3	RACCORDEMENT ET MISE EN MARCHÉ DU DP BOX	10
3.2.4	UTILISATION DE DP BOX READER AVEC LE PROBEX	11
3.2.5	TRANSFERT DE DONNÉES	17
3.2.6	AUTONOMIE	17
3.3	SATURATION	17
3.4	CALIBRATIONS	18
3.4.1	PRESSION	18
3.4.2	VOLUME	18
3.5	FORAGE	20
3.6	PRÉPARATION ET MISE EN PLACE DE LA SONDE	20
3.7	PROCÉDURE D'ESSAI	22
4	DÉPOUILLEMENT DES DONNÉES	23
5	DIVERS	26
5.1	UTILISATION DANS LA ROCHE DURE	26
5.2	ESSAIS À GRANDES PROFONDEURS	26
5.2.1	AUGMENTATION DU DÉLAIS	26
5.2.2	TEMPS REQUIS POUR METTRE LA SONDE EN PLACE	27
5.3	RÉDUIRE LE RISQUE DE RUPTURE LA GAINÉ	27
5.4	REMPLACEMENT DE LA GAINÉ	28
5.5	ENTRETIEN	30
5.6	TEMPÉRATURES CHAUDES / FROIDES	30
5.7	MEMBRANE HQ	31
5.8	RÉFÉRENCES	33

1 INTRODUCTION

Le PROBEX est un dilatomètre de forage (ou pressiomètre de roche) composé d'une sonde de forage cylindrique à expansion radiale, et est principalement utilisé pour déterminer *in situ* la déformabilité à court terme d'un massif rocheux. Son usage peut aussi s'étendre à la mesure des propriétés de fluage de matériaux tels que le sel ou la potasse.

Le PROBEX est conçu pour un forage de 76.2 mm (grandeur N) et une pression d'opération maximale de 30 000 kPa. Un module de déformation moyen de la roche peut être calculé en mesurant les variations du volume de la sonde sous l'effet de l'application de pression.

Une des particularités du PROBEX est que la mise sous pression de la gaine dilatable s'effectue par le mouvement d'un piston dans un cylindre situé immédiatement en amont de la gaine et actionné par une pompe hydraulique manuelle en surface. Les variations de volume peuvent être calculées en enregistrant le déplacement du piston. Cette configuration permet d'utiliser le dilatomètre à des profondeurs substantielles et ainsi éliminer les erreurs résultant de l'expansion des tubulures et du système hydraulique.

2 DESCRIPTION DE L'ÉQUIPEMENT

2.1 DESCRIPTION GÉNÉRALE

La sonde du dilatomètre comprend essentiellement trois éléments principaux :

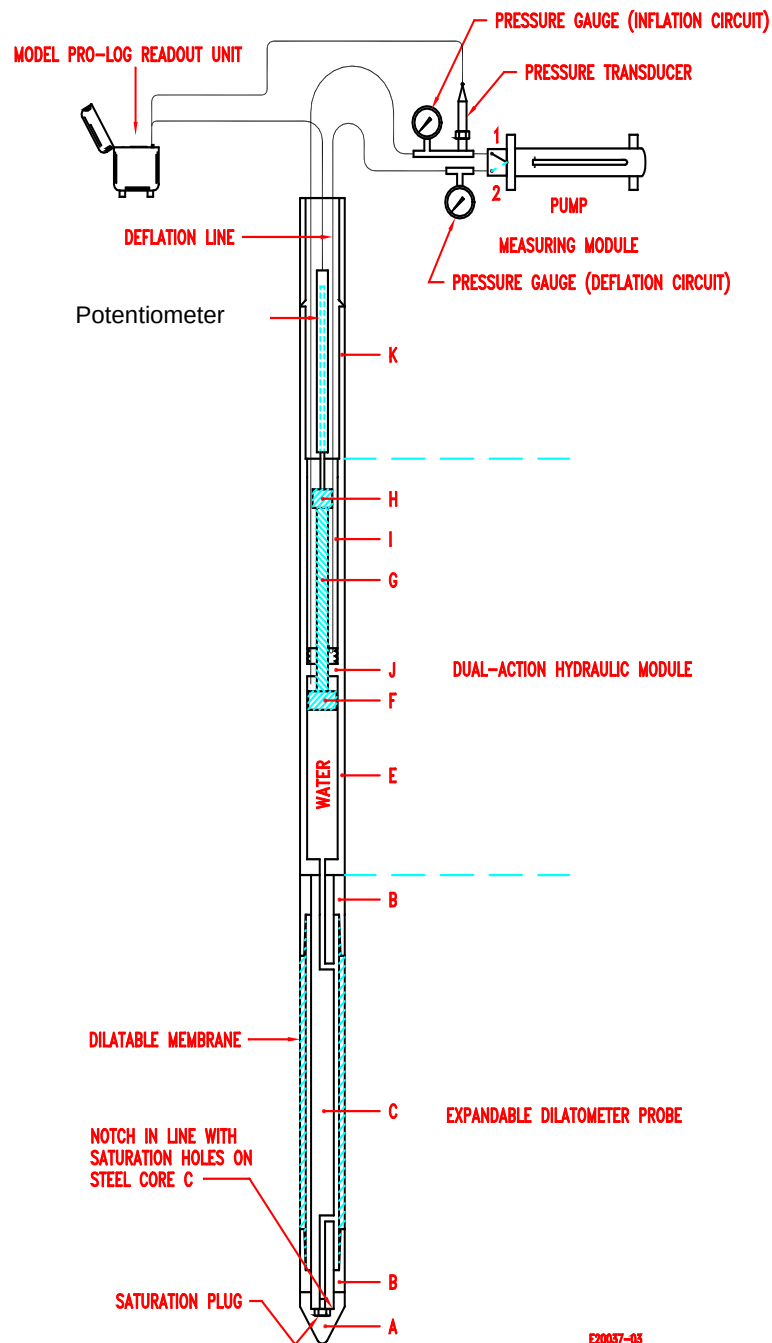
- Une sonde dilatable
- Un module hydraulique à double action
- Un module de mesure

Une pompe hydraulique manuelle, sa tubulure hydraulique et un poste de lecture numérique complètent le système du dilatomètre PROBEX.

La sonde du dilatomètre est montée sur un corps d'acier central C, qui est muni d'un bouchon de saturation à son extrémité en aval. La saturation en eau du système remplit le cylindre E et l'espace annulaire entre la gaine dilatable et le corps d'acier central. Pour gonfler et dégonfler la sonde du PROBEX, la pompe hydraulique manuelle agit sur le module hydraulique à double action. Le piston double identifié par les lettres F, G et H constitue la pièce mobile responsable du gonflement ou du dégonflement de la sonde. Dans la figure ci-dessous, ce piston est montré en position complètement rétractée.

Le module hydraulique contient deux cylindres dans lesquels le piston se déplace. Lorsque le piston est complètement rétracté, le cylindre E est rempli d'eau et l'autre cylindre est complètement saturé d'huile. En plaçant la poignée de la pompe manuelle en position de gonflement (No. 1), l'huile est pompée immédiatement derrière l'extrémité F, et le piston descend en poussant l'eau dans la sonde du dilatomètre. Simultanément, l'huile contenue dans le cylindre est retournée à la pompe hydraulique par la tubulure de dégonflage.

Pour dégonfler la sonde, la poignée de la pompe manuelle doit être placée en position de déflation (No. 2), et l'huile est ensuite pompée dans le cylindre. L'huile pompée auparavant dans le cylindre E est retournée à la pompe par la tubulure de gonflage, et l'eau revient dans le cylindre E.



Composantes du PROBEX

Il est à noter qu'avant d'utiliser le PROBEX, la saturation complète du système en eau et en huile est nécessaire. Le PROBEX est expédié saturé d'huile (mais sans eau), et avec le piston F en position rétractée.

Le modèle de mesure du PROBEX comporte un potentiomètre linéaire qui est fixé à l'extrémité H du piston à double action, et suit son déplacement durant la procédure d'essai. Le poste de lecture a été calibré en usine afin de déterminer les facteurs de conversions des lectures brutes du potentiomètre et du capteur de pression en valeurs d'ingénierie (cm³ et MPa).

2.2 SONDE DILATABLE

La sonde du dilatomètre PROBEX consiste en une gaine amovible faite de matériaux flexibles montés sur des embouts en acier inoxydable trempé. La longueur nominale totale de la gaine est de 749 mm, incluant les embouts en acier. La longueur nominale de la gaine extensible est de 457 mm et le diamètre est de 73.7 mm. Cette configuration donne un rapport longueur/diamètre (L/D) plus grand que 6 pour la portion dilatable de la sonde.

Il est primordial d'insister sur le fait que les essais du dilatomètre PROBEX doivent être exécutés dans des forages bien calibrés. Les performances du dilatomètre PROBEX seront alors optimales et les risques d'endommager la sonde seront considérablement réduits.

À noter qu'une membrane de grandeur HQ (93mm) est disponible en option. Voir l'annexe à la fin de ce manuel pour plus d'information.

2.3 MODULE HYDRAULIQUE À DOUBLE ACTION

Tel qu'expliqué plus haut, c'est l'huile pompée derrière l'extrémité F du double piston qui déplace le piston en aval, poussant l'eau dans la sonde. Le diamètre interne du cylindre E, montré à la Figure 1, est de 60.122 mm, et la course totale du double piston est réglée à 238.125 mm. Cette configuration géométrique permet un volume maximum total d'eau injecté égal à environ 676 centimètres cubes injectés dans la sonde. La surface du côté en aval de l'extrémité F du double piston est légèrement plus large que la surface du côté en amont (ratio de 95.5 %), ceci étant attribuable au diamètre de la tige G (4.5 % de la surface du piston). La pression d'eau qui agit à l'intérieur de la sonde peut être obtenue en utilisant l'équation suivante :

$$p_b = 0.955 p_g + 6 h$$

où :

p_b	= pression de l'eau dans la sonde (kPa)
p_g	= pression d'huile lue sur le manomètre (kPa)
h	= distance verticale entre la pompe et la sonde (en m)

La valeur 6 h prend en considération l'effet de la colonne d'huile sur les deux tubulures hydrauliques reliant la sonde à la pompe. La pression affichée par le poste de lecture est automatiquement corrigée afin de prendre en considération les effets de la différence d'aires sur chacune des surfaces du piston, mais pas pour la colonne d'huile.

2.4 MODULE DE MESURE

Le module de mesure consiste en un potentiomètre enfermé dans un boîtier étanche. Il donne le déplacement du piston F, qui est proportionnel au volume injecté dans la sonde. Le module est monté dans une section de tubage BW.

Type	Potentiomètre Recti-P12
Rn	22 kilos ohms +/- 20 %
Échelle de mesure	25 cm / 0 – 1 VDC
Linéarité	0.5 % P.E.

2.5 SYSTÈME HYDRAULIQUE

Le système hydraulique comprend les éléments suivants :

- La pompe hydraulique manuelle;
- Le manomètre de pression (et un capteur de pression sur la tubulure de gonflage);
- Les deux tubulures hydrauliques; et
- Une valve d'essais cycliques située sur le circuit de gonflage (**cette valve doit toujours être ouverte, sauf lorsqu'un essai cyclique est en cours**).

La **pompe hydraulique** est assemblée avec une valve de contrôle à 4 sens (2 positions). La position de droite (No. 1) est utilisée pour gonfler la sonde et la position de gauche (No. 2), pour dégonfler la sonde. La gamme de pression de la pompe est de 68 900 kPa.

Deux **manomètres de pression** sont montés sur la pompe hydraulique. Le manomètre contrôlant la pression d'essai est fixé sur le circuit de gonflement (position No. 1) et a une gamme de pression de 35 000 kPa ainsi qu'une précision de 1 % de la pleine échelle (P.E.). Un deuxième manomètre est fixé sur le circuit de dégonflement. Il a une plus petite gamme de pression que le manomètre d'essai et il est fourni davantage comme sécurité pour prévenir une mise sous pression excessive du cylindre lors du retrait du piston.

La tubulure de gonflage est dotée d'un **capteur de pression** de 35 000 kPa.

Le capteur de pression est doté d'un raccord rapide pour faciliter son installation sur la pompe.

Les **tubulures hydrauliques** doubles à haute pression se raccordent à la pompe hydraulique. La tubulure de gonflage a une pression d'opération maximale de 68 000 kPa et la tubulure de dégonflage a une pression d'opération maximale de 32 500 kPa.

2.6 POSTE DE LECTURE

Le poste DP Box est un enregistreur portable muni de batteries rechargeables. Le poste affiche les lectures de volume et pression. Ce poste doit être utilisé avec une tablette de type Android. Voir ci-dessous pour plus d'information.

2.7 CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES

SONDE PROBEX	
Pression maximale	30 000 kPa
Diamètre	
Minimum (dégonflé)	73.7 mm (93 mm – Membrane optionnelle HQ)
Maximum (gonflé)	85.5 mm (102.6 mm- Membrane optionnelle HQ)
Longueur de la gaine	457 mm
Extrémité supérieure de la sonde	Filetage femelle BW + adaptateur de tiges NQ (HQ)
POSTE DE LECTURE – Modèle DP Box	
Fonction	Indicateur de volume et de pression
Interface utilisateur	Communication Bluetooth avec tablette Android
Mémoire	Plus de 10 000 lectures (typ.) selon la tablette
Résolution	
Variation du diamètre	0.001 mm (0.05 cm ³)
Pression	0.25 % F.S.
Précision analogique	± (0.04% de la lecture ± 6 µV) de 0° à 40°C
Interface d'alimentation	Prise murale AC universelle avec adaptateur É.U./Europe + câble adaptateur pour auto (allume-cigares) et pile externe
Interface de communication	Port USB
Convertisseur analogique - digital	24 bits
Humidité relative	≤ 95 % (sans-condensation)
Format de données	CSV, compatible avec chiffriers de dépouillement de données Roctest de la série 'Companion'
Température de fonctionnement	De -20 à +70 °C
Autonomie	> 8 heures typ.
Batteries	12 V 2,3 A, rechargeable
Boîtier	ABS robuste résistant aux éclaboussures
Dimensions	25 x 28 x 12 cm (long. x larg. x haut.)

3 INSTRUCTIONS D'OPÉRATION

3.1 ASSEMBLAGE

Procéder à l'assemblage du PROBEX en vous référant aux figures ci-dessous.

Note 1 :

Il est possible d'utiliser les **deux tubulures hydrauliques courtes** afin d'accélérer le processus de saturation et calibration.

Note 2 :

Installer le capteur de pression électrique et les 2 manomètres sur la pompe. **La bille et l'encoche des raccords rapides des tubulures doivent être alignées pour assurer la connexion.** Ensuite, tourner l'anneau pour désaligner la bille et l'encoche afin d'éviter toute déconnexion accidentelle au moment de gonfler le dilatomètre PROBEX. Cela empêchera le dilatomètre PROBEX d'être coincé par accident dans un forage.



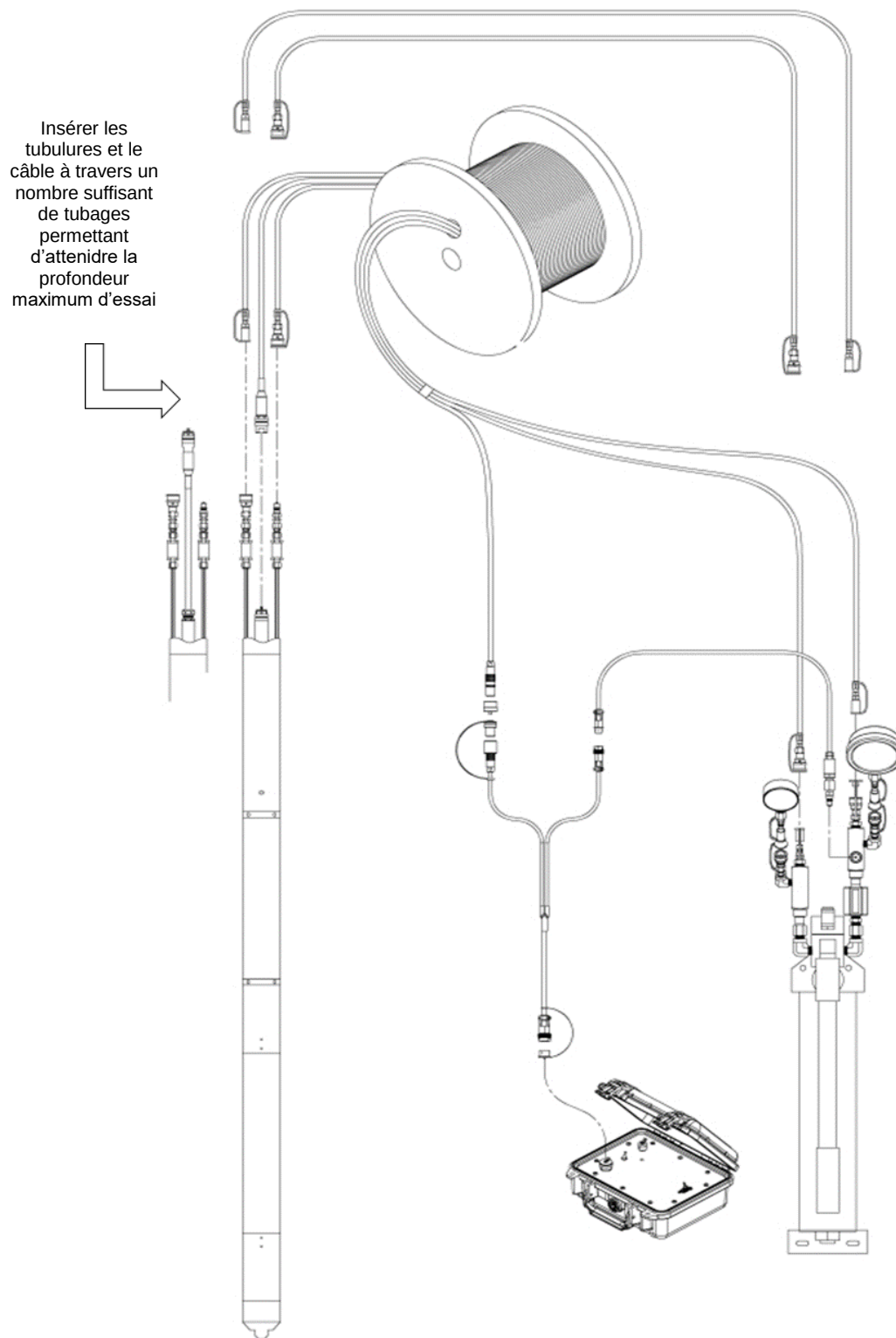
Note 3 :

Attention: Lorsque le connecteur LEMO est déconnecté, tenir directement ce dernier. Ne pas tirer sur le câble, ce qui endommagerait le connecteur.



Note 4 :

ATTENTION : L'utilisateur doit s'assurer que les 4 connexions à la pompe et à la sonde du dilatomètre PROBEX soient bien branchées pour éviter des dommages potentiels au système hydraulique.



Assemblage du PROBEX

3.2 UTILISATION DU DP BOX

3.2.1 DESCRIPTION

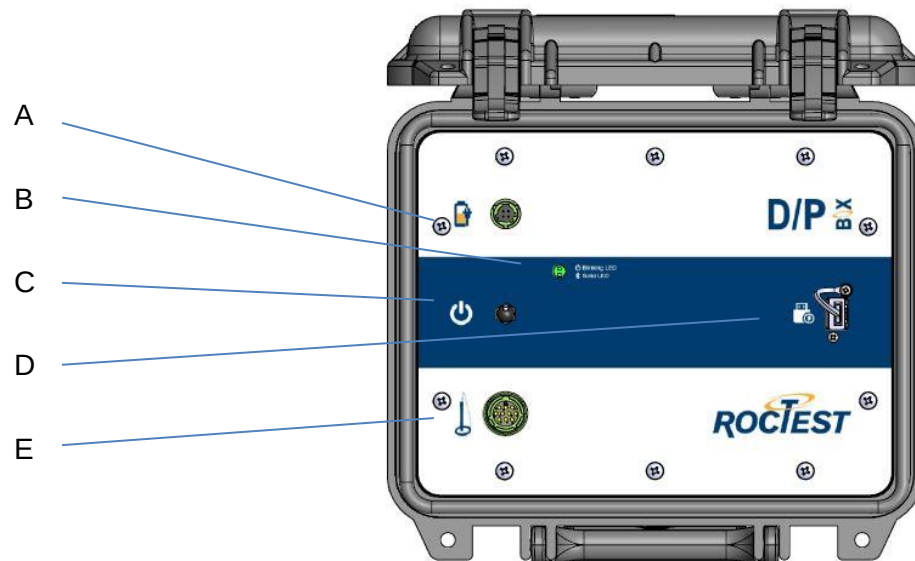


Communication Bluetooth entre le DP BOX et la tablette

Le DP BOX est conçu pour la lecture et l'enregistrement des mesures obtenues à partir de pressiomètres et dilatomètres fabriqués par Roctest (y compris les modèles DMP, TEXAM-E et PROBEX). Grâce à la fonction de communication Bluetooth et à l'application DP BOX READER, le DP BOX peut être utilisé avec une tablette pour lire les capteurs, pour configurer une calibration ou une session de test, pour visualiser les résultats des tests en temps réel et pour examiner tous les résultats de tests enregistrés. Ces données de test peuvent facilement être téléchargées sur un ordinateur via la communication USB. Le DP BOX est livré dans un boîtier étanche à l'eau et est équipé de deux batteries rechargeables 12 V fournissant plus de 8 heures d'autonomie dans des conditions normales. Le DP BOX est également livré avec une prise murale universelle AC avec adaptateur Euro / US + câble adaptateur pour voiture (plus léger) et pour batterie externe. La batterie doit être chargée chaque nuit. Un circuit de charge à l'intérieur de la lecture limite le temps de charge à un certain niveau.

Le panneau avant est résistant aux éclaboussures permettant l'utilisation de l'équipement dans des conditions humides. Cependant ne laissez pas le poste avec le couvercle soulevé sous la pluie sur une longue période de temps; sinon l'eau pourrait y pénétrer.

Le DP BOX est compatible avec le modèle de tablette Android.



Panneau avant DP BOX

A	Connecteur Cannon à 4 broches pour charger les batteries
B	Voyant LED indiquant l'état de la communication. La LED Bluetooth clignote lentement lorsque le Bluetooth attend une connexion, puis clignote plus rapidement lorsque la connexion est établie.
C	Commutateur pour allumer / éteindre l'unité
D	Port USB pour charger la tablette (si nécessaire)
E	Connecteur à 10 broches pour connecter le dilatomètre / pressiomètre

3.2.2 INSTALLATION DE L'APPLICATION DP BOX READER

Avant d'utiliser le DP BOX, l'application DP BOX READER doit d'abord être installée sur une tablette. Ces applications peuvent être téléchargées à partir du site Web du fabricant ou de Google Play Store.

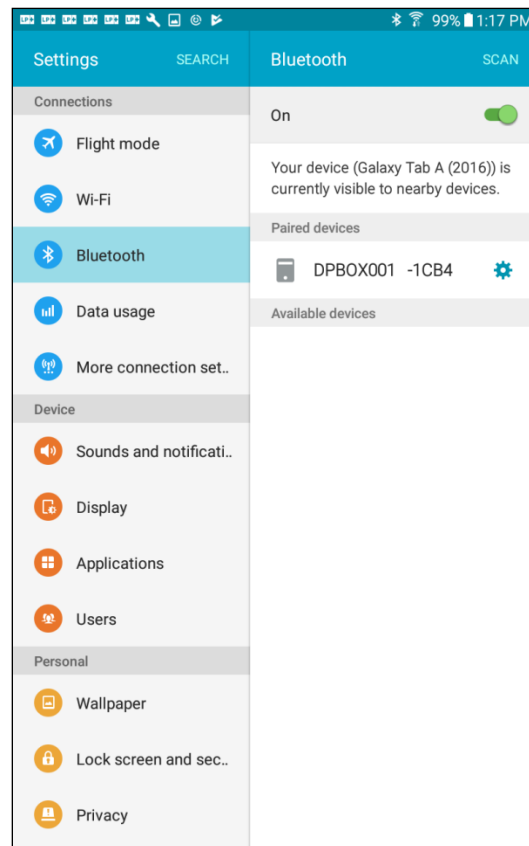
1. Ouvrir la tablette
2. Aller dans 'Settings / Personnel / Lock screen and Security', puis activer 'Unknown sources'
3. Brancher la tablette à un ordinateur à l'aide du câble USB
4. L'ordinateur va détecter la tablette. Ouvrir le répertoire de la tablette apparaissant sur l'ordi.
5. Ouvrir le répertoire 'Download'
6. Copier le fichier d'installation ' DPBoxReader.DPBoxReader-Signed.apk' - préalablement sauvegardé sur l'ordinateur - dans le répertoire 'Download'
7. Sur la tablette, aller dans 'My Files / Device Storage / Download. On doit y voir le fichier nouvellement copié: ' DPBoxReader.DPBoxReader-Signed.apk'
8. Ouvrir ce dernier, puis appuyer sur 'Install'. L'application va s'installer.
9. Appuyer sur 'Open'
10. La nouvelle application va s'ouvrir. Vérifier que le numéro de version apparaissant au bas de l'écran est le bon

3.2.3 RACCORDEMENT ET MISE EN MARCHÉ DU DP BOX

Connectez les câbles électriques du PROBEX et du capteurs de pression au DP Box. Allumez le DP BOX. Le voyant situé sur le panneau avant clignote. Allumez la tablette. Allez dans la configuration de la tablette et assurez-vous que le DP BOX est disponible et appariée avec la tablette. Si la tablette a déjà été associée à un autre DP BOX, vous devez d'abord effacer les fichiers générés automatiquement dans '*Device Storage / DP BOX Files / ConfigFile*'. Ensuite, vous devriez pouvoir jumeler la tablette avec un autre DP BOX.

Configurez la tablette comme suit:

- Réglez l'affichage en mode extérieur si nécessaire. Mais notez que cela réduira l'autonomie de la tablette.
- Ajuster le délai de mise en veille de l'écran (généralement 5 min)
- Assurez-vous que la tablette est ajustée pour les nombres délimités par des points et non par des virgules
- Assurez-vous que la tension de la batterie de la tablette est suffisamment élevée pour être utilisée.
- Assurez-vous que la langue de la tablette est configurée pour l'anglais ou le français

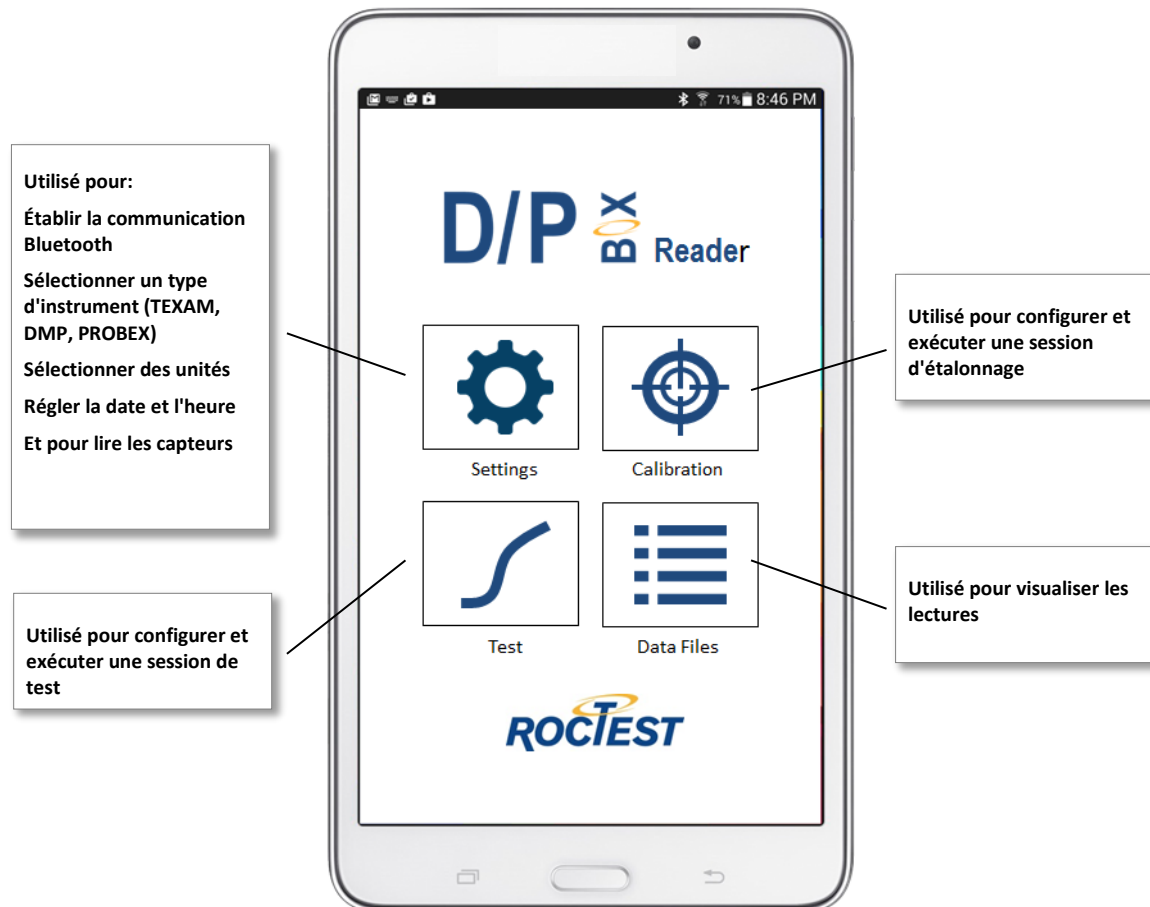


Ouvrez l'Application DP BOX et allez dans *"Settings / Quick Readings"* pour établir la communication Bluetooth entre le DP BOX et la tablette, ce qui sera confirmé lorsque le voyant du DP BOX clignotera plus rapidement

3.2.4 UTILISATION DE DP BOX READER AVEC LE PROBEX

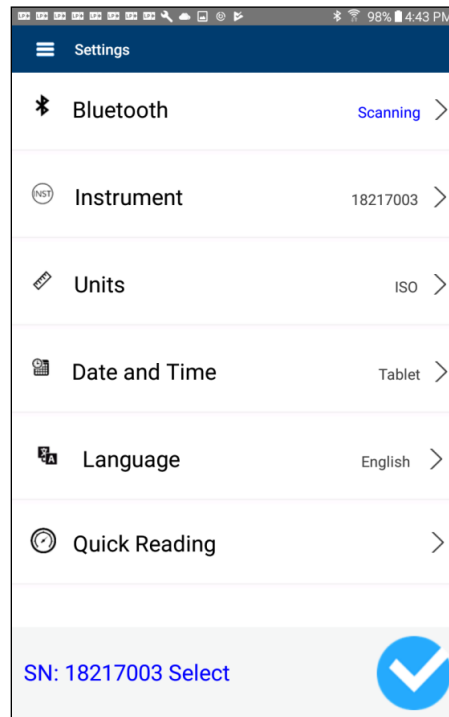
L'application DP BOX READER permet de configurer l'unité, de lire, d'enregistrer et de consulter les données.

Le menu principal de l'application comprend les éléments suivants:



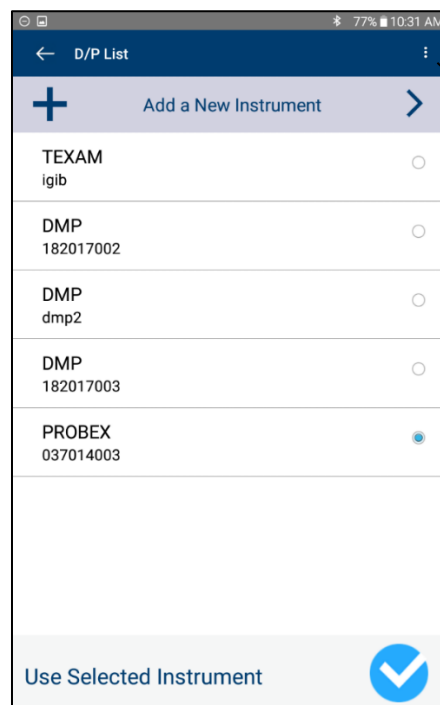
Menu Principal

Premièrement, allez dans "Settings". L'application recherche automatiquement la communication Bluetooth avec le DP BOX, ce qui prend quelques secondes. Le nom du DP Box remplacera alors l'inscription 'Scanning'.



Le nom du DP BOX
apparaît ici

Aller à 'Instrument / Add a New Instrument', choisir 'Type of instrument' (PROBEX) et entrer son numéro de série (par exemple 003717003).

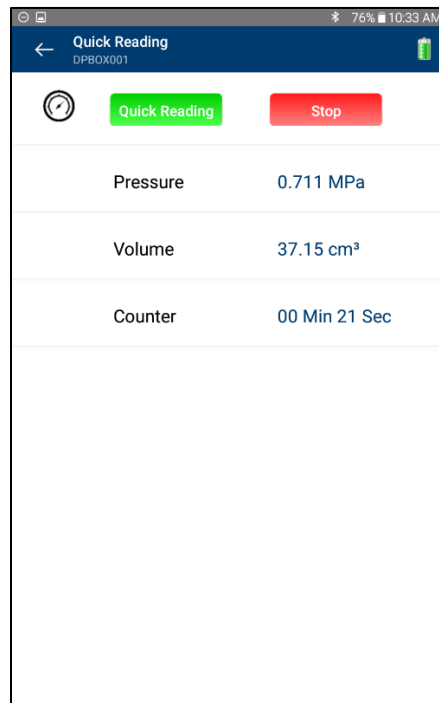


Pour accéder à des
fonctions additionnelles
(Editer ou supprimer des
instruments...)

S'assurer que les facteurs de conversion de l'instrument utilisé ont été entrés dans la tablette. Se référer au certificat d'étalonnage. Pour changer ces facteurs, aller à 'Calibration / Cal. Type / Review Factory Calibration' et choisir 'Change factory calibration', faire les changements si requis et appuyer sur 'Save new factory calibration' au bas de l'écran.

Choisir les unités (typiquement 'ISO'). Ensuite ajuster la date et l'heure de la tablette.

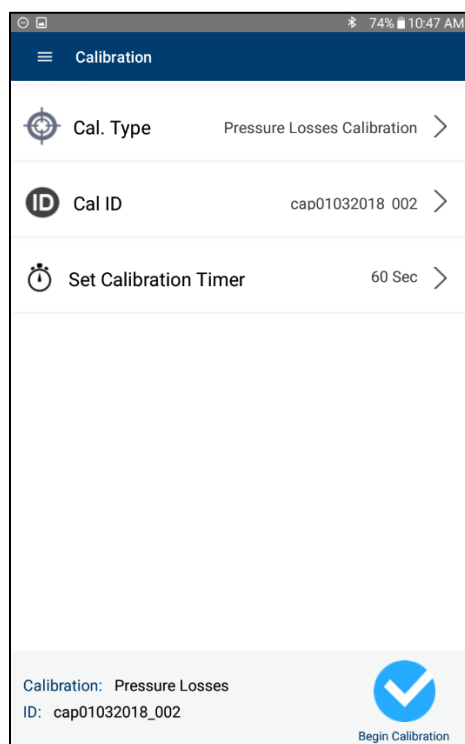
Aller à 'Quick Readings' sur le bouton vert afin de lire les capteurs.



Deux types de calibrations peuvent être effectués, l'un avec la sonde non confinée ('Pressure Loss Calibration') et l'autre avec la sonde confinée ('Volume Loss Calibration'). Voir la section suivante pour plus de détails.

Pour configurer une calibration, allez à 'Calibration' et:

- Sélectionnez le type de calibration
- Entrez un nom de calibration ('Cal ID')
- Réglez la minuterie d'étalonnage



Pour configurer un test, allez à 'Test' et procédez de la même manière.

Ajustements typiques:

	ID ¹	Minuterie typ. (sec)
Pressure loss calibration	'CAP+Date'	60
Volume loss calibration	'CAV+Date'	60
Test	'TE+Date'	60

¹ L'application DP Box Reader incrémente automatiquement le nom ('ID') choisi

Une fois la configuration complétée, appuyer sur 'Begin Calibration or Test' pour débiter.

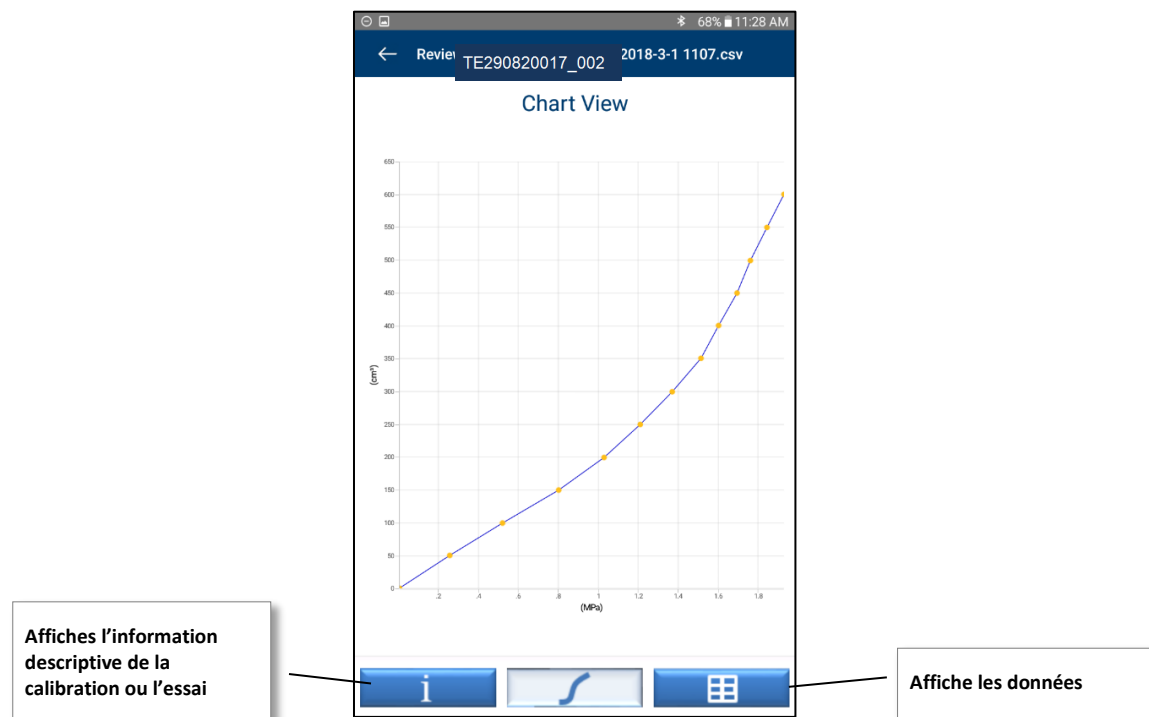
Une fois la calibration / essai débuté, une fenêtre comme celle ci-dessous s'affichera.

L'opérateur devrait alors appuyer sur «Start» pour démarrer le chronomètre et enregistrer les lectures initiales. Les lectures seront enregistrées lorsque la minuterie atteindra 0 seconde. Ensuite, l'opérateur doit augmenter le volume ou la pression jusqu'au premier palier, puis appuyer sur «Start» pour démarrer le chronomètre, et ainsi de suite jusqu'à la fin du test / calibration.



Lorsque la calibration ou l'essai est terminé, appuyer sur :

Pour réviser les résultats, aller dans 'Data Files', puis choisir 'Calibration' ou 'Field Test'. Ensuite choisir le fichier que vous voulez consulter



3.2.5 TRANSFERT DE DONNÉES

Les données sont enregistrées sur la tablette dans des fichiers .csv (valeurs séparées par des virgules). Nous suggérons de copier fréquemment ces fichiers sur un ordinateur via une connexion USB. Les fichiers .csv peuvent être ouverts en utilisant Notepad ou un chiffrier de type Excel.

3.2.6 AUTONOMIE

Dans des conditions standards, l'autonomie de la pile du poste de lecture excèdera 8 heures. Cependant, nous vous suggérons d'avoir accès à une source d'alimentation externe aux sites d'essais ainsi que d'utiliser un câble adaptateur pour auto (allume-cigares) ou pour la pile externe comprise avec la centrale de mesure. Vérifiez le voltage de la pile de façon périodique; nous suggérons que le voltage ne soit pas sous 11.3 V. L'autonomie de la tablette dépend du modèle et de son réglage. Au besoin cette dernière peut être alimentée par le poste à l'aide de la connexion USB

LE DP BOX DEVRAIT ÊTRE RECHARGÉ TOUTES LES NUITS.

LAISSER LA PILE PERDRE DE SA CHARGE PENDANT UNE PÉRIODE DE TEMPS PROLONGÉE RÉDUIRA SON EFFICACITÉ.

3.3 SATURATION

Une saturation adéquate d'eau de la sonde PROBEX et du cylindre E est nécessaire avant d'utiliser l'équipement. Reportez-vous à la figure à la fin du manuel.

À noter que les 2 tubulures courtes peuvent être utilisées afin d'accélérer le processus de saturation.

ÉTAPE 1. Les composantes PROBEX sont assemblées.

ÉTAPE 2. L'embout conique (A) est enlevé de la sonde.

ÉTAPE 3. La sonde du dilatomètre est inclinée d'au moins 20 degrés avec le bouchon de saturation au point le plus élevé. La sonde est alors tournée, jusqu'à ce que la petite encoche faite sur le bout du corps d'acier central (C) se trouve sur le dessus. Cela permettra d'évacuer l'air de façon adéquate. Le bouchon de saturation est ensuite complètement dévissé.

ÉTAPE 4. Une petite tubulure d'un mètre de long est vissée à la place du bouchon de saturation.

ÉTAPE 5. Placer la petite poignée de la pompe en position No. 1 et actionner la pompe pour déplacer le piston jusqu'au bout de sa course. Le déplacement maximum est atteint lorsque le volume affiché sur le poste de lecture se stabilise (aux environs de 676 cc), ce qui devrait coïncider avec une augmentation de la lecture de la pression.

ÉTAPE 6. Immerger l'extrémité de la tubulure dans un contenant rempli d'eau propre ou d'un mélange antigel.

ÉTAPE 7. Placer la petite poignée de la pompe en position No. 2 et actionner la pompe pour ramener le piston à sa position complètement rétractée, indiquée par une lecture constante qui s'affiche sur le poste de lecture (autour de 0 cc). De cette façon, l'eau dans la tubulure sera aspirée dans la sonde.

ATTENTION : Ne pas continuer de pomper lorsque le manomètre du circuit de dégonflement affiche 7 000 kPa (1 000 psi) pour éviter d'endommager le dilatomètre PROBEX.

ÉTAPE 8. Replacer la petite poignée de la pompe en position No. 1 et actionner la pompe. Si de l'air est présent dans la sonde, des bulles seront visibles à l'extérieur de la tubulure. Continuer jusqu'à ce que les bulles d'air cessent et que l'eau soit la seule à sortir de la tubulure. Répéter l'absorption et l'expulsion de l'eau jusqu'à ce qu'aucune bulle d'air ne soit expulsée de la sonde, ce qui signifie que la saturation est complète. Ensuite, ramener le piston à sa position complètement rétractée.

ÉTAPE 9. Retirer la tubulure et revisser le bouchon de saturation sur le corps d'acier central en prenant soin d'appliquer environ 3 couches de ruban de téflon sur le filet du bouchon. Revisser l'embout conique en acier inoxydable sur la sonde.

3.4 CALIBRATIONS

Les calibrations sont faites en deux étapes.

3.4.1 PRESSION

La courbe de correction de pression permet de déterminer la résistance (inertie) de la gaine PROBEX. Celle-ci correspond à la pression nécessaire pour dilater la sonde non confinée. Cette correction doit être effectuée une seule fois lorsqu'une nouvelle gaine est utilisée. Procéder comme suit :

ÉTAPE 1. Une fois le système entièrement saturé, placer la sonde horizontalement au niveau du sol, près de la pompe. Gonfler et dégonfler la sonde 2 fois pour travailler la gaine.

ÉTAPE 2. Amener le piston à sa position complètement rétractée (0 cc).

ÉTAPE 3. Gonfler la sonde par paliers de 50 cc, jusqu'à 600 cc. La lecture de pression correspondante est enregistrée une minute après chaque incrément de volume. Tracer la courbe de correction de pression.

Plus la roche testée est molle, plus l'influence de la correction de pression sera importante.

3.4.2 VOLUME

La correction de volume permet de déterminer la correction correspondant à la déformation de la sonde mise sous pression dans un milieu très rigide. Cette dilatation est principalement causée par les contractions de la gaine et la compression de la petite quantité d'air dans l'eau. Cette correction doit être déduite des lectures du volume total affichées pendant un essai.

La calibration consiste à gonfler la sonde jusqu'à 30 MPa dans un tube de calibration par paliers de 3 MPa (typiquement). Cette procédure permet de :

- localiser toute fuite potentielle;
- travailler la gaine;
- déterminer « c » (déformation de la sonde).

NOTE : ***Pour un facteur « c » représentatif, l'utilisateur doit réaliser plusieurs calibrations de volume avant les essais, et ce, dans les mêmes conditions environnementales. Le délai entre les calibrations et les essais ne doit pas excéder deux heures. Nous suggérons donc de commencer chaque jour d'essais en effectuant ces calibrations, car elles requièrent plus d'une heure.***

La procédure pour déterminer la correction de volume est la suivante :

ÉTAPE 1. Placer la sonde dans un tube de calibration.

ÉTAPE 2. Pressurisez la sonde jusqu'à 30 MPa. Maintenez la pression et enregistrez les lectures toutes les minutes pendant 15 minutes. Pendant ce temps, la pointe conique (A) doit être retirée et l'opérateur doit vérifier s'il y a des fuites. Si une fuite est détectée, elle doit être réparée. Ramenez la pression et le volume à 0 et remettez l'embout conique en place.

ÉTAPE 3. Gonfler la sonde par paliers de 3 MPa, jusqu'à 30 MPa. À chaque palier de pression, noter la lecture de volume correspondante affichée sur le poste de lecture après une minute. Dégonfler la gaine.

ÉTAPE 4. Répéter l'étape 3 deux autres fois

ÉTAPE 5. Après avoir atteint 30 MPa pour la dernière fois, réduire la pression directement à 15 MPa, puis remonter directement à 30 MPa. Prendre une lecture après 60 sec à ces deux paliers. Ces valeurs seront utilisées pour corriger les valeurs brutes obtenues si des cycles de chargement sont effectués durant l'essai

Le facteur de correction de volume « c » est donné par l'équation suivante : $c = a - b$.

'a' représente la dilatation de volume obtenue pendant la calibration de volume.

'b' correspond à l'expansion théorique (petite) du tube de calibration au moment de la mise sous pression.

Contrôle des fuites

Lors de la calibration de volume, il est important de s'assurer que l'équipement est correctement saturé et qu'il ne fuit pas. Cela se fait par un contrôle visuel (aucune fuite d'eau n'est constatée au niveau de la sonde, en particulier à proximité du bouchon de saturation de la sonde), et par la stabilisation du "Delta V CC" entre 3 et 4 cm³ / 3 MPa entre 15 et 30 MPa.

NOTE : ***Après avoir effectué les calibrations, assurez-vous que le « a » mesuré entre 15 et 30 MPa est stable entre 1 et 1.33 cc / MPa.***

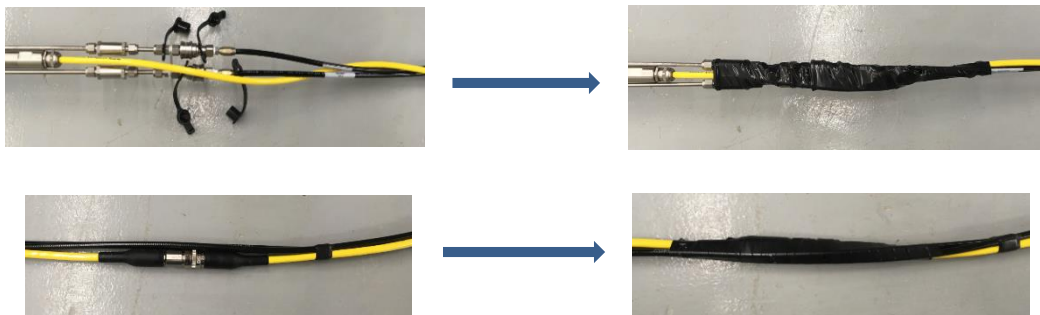
3.5 FORAGE

- Il faut effectuer un forage par carottage jusqu'à la plus grande profondeur d'essai. Dans de la roche altérée ou très tendre, il peut être nécessaire d'utiliser un tricône afin d'obtenir un forage au diamètre approprié.
- Les parois du forage doivent être lisses et le diamètre doit être aussi près que possible de 76 mm.
- Garder les carottes de forage sur le site pour évaluation.
- Réduire au maximum le laps de temps entre la fin du forage et les essais, surtout dans de la roche tendre.

3.6 PRÉPARATION ET MISE EN PLACE DE LA SONDE

ÉTAPE 1. Dérouler une longueur suffisante de tubulures et de câble électrique, en prenant en considération que les essais s'effectuent habituellement à partir du point le plus profond en montant. Protéger les extrémités libres avec des capuchons anti-poussière et du ruban électrique. Insérer les tubulures et le câble dans les sections de tubage requises pour atteindre la profondeur d'essai. S'assurer que l'extrémité fileté mâle de chaque section est bien au bas de la chaîne de tubages. Des sections de 1.5 m sont recommandées. Raccorder le câble et les tubulures à la sonde. Le câble électrique est normalement plus long que les tubulures. Pour éliminer le surplus, enrouler et fixer le câble avec du ruban adhésif autour des tubulures. Laisser assez de jeu à l'embouchure du forage pour insérer la sonde dans le trou.

ATTENTION : LES CONNEXIONS ENTRE LA SONDE ET LES TUBULURES + LE CÂBLE DOIVENT ÊTRE PROTÉGÉES AVEC DU RUBAN ÉLECTRIQUE ET DE LA GRAISSE MOLYKOTE TEL QUE MONTRÉ CI-DESSOUS.



ÉTAPE 2. Raccorder le câble électrique et les tubulures hydrauliques au poste de lecture et à la pompe manuelle, et vérifier que tout le système fonctionne bien en gonflant et dégonflant la sonde. Vérifier la charge de la pile.

ÉTAPE 3. Effectuer les calibrations de volume.

ÉTAPE 4. Insérer le dilatomètre PROBEX dans le forage. Pour éviter d'endommager ou de perdre la sonde dans des forages instables, le câble électrique et les tubulures sont enfilés dans des tiges NQWL (ou du tubage BW) avant d'insérer la sonde dans le forage. La sonde a un tubage avec filetage femelle BW à son

extrémité supérieure et un adaptateur NQ. Mesurer la distance entre le centre de la gaine gonflable et le dessus du dilatomètre (incluant tout adaptateur) pour déterminer la profondeur exacte de la sonde dans le forage. Soutenir la sonde et le tubage avec un adaptateur fendu (voir image ci-dessous). Une plaque de traction ('pull plate') est parfois utilisée. Mais les risques d'échapper la sonde sont plus grands. Une serre à tubage ou une bride de serrage peuvent également être utilisées.

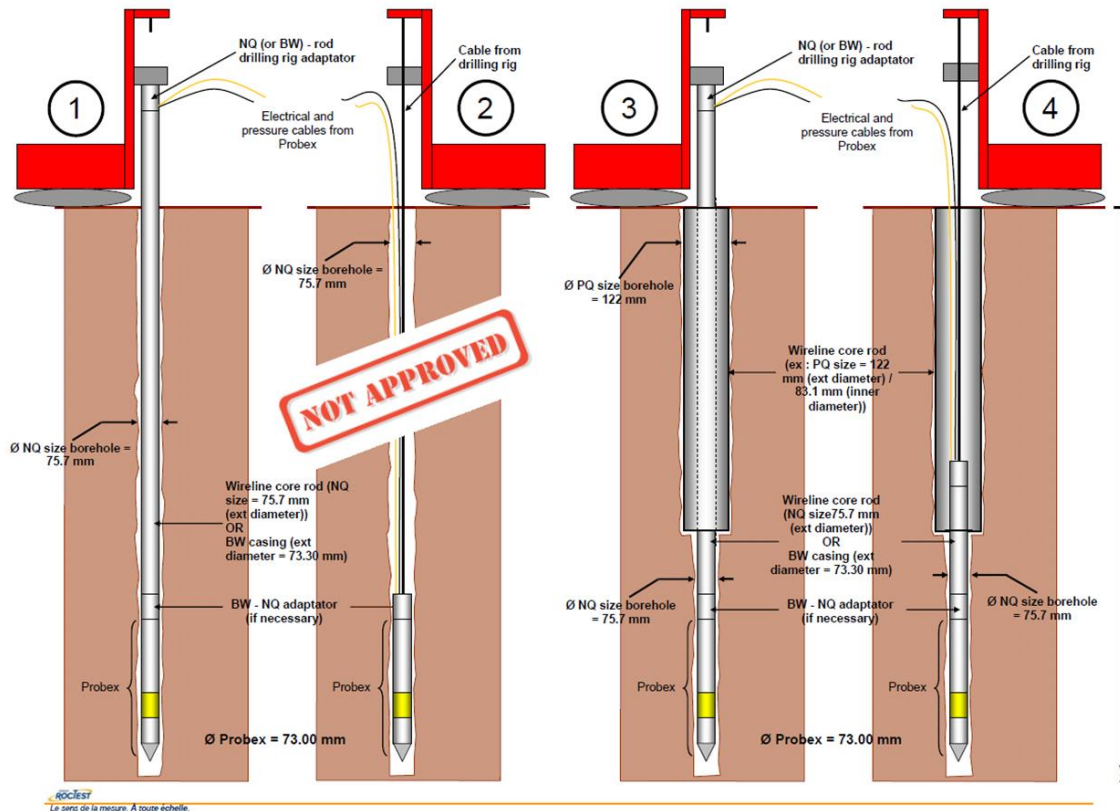
- ÉTAPE 5. Placer la sonde dégonflée au niveau de l'essai, basé sur l'examen des carottes. La gaine ne doit pas chevaucher de larges fissures ou des strates de roches aux propriétés mécaniques très différentes.

**NE JAMAIS SUPPORTER L'INSTRUMENT PAR SES TUBULURES OU SON CÂBLE.
ATTENTION DE NE PAS ÉCHAPPER LA SONDE !**

ATTENTION DE NE PAS TORDRE LES TUBULURES ET LE CÂBLE DU PROBEX !



Adaptateur fendu NQ à tiges AW



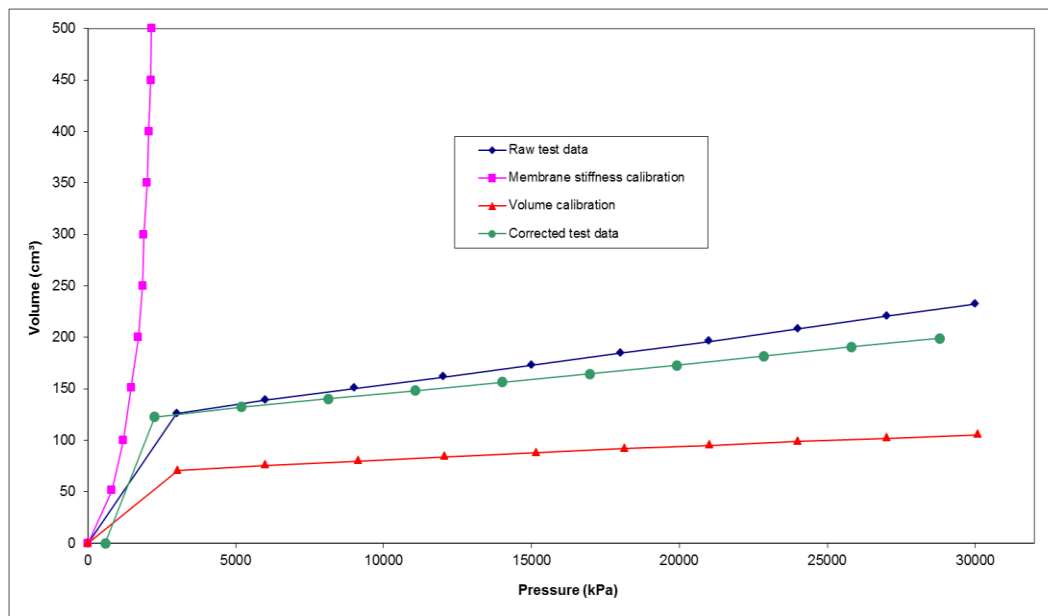
Méthodes utilisées pour la mise en place de la sonde

3.7 PROCÉDURE D'ESSAI

- ÉTAPE 1. Mettre le poste de lecture sous tension et attendre quelques minutes (15 min. typ.) pour que la sonde atteigne un équilibre thermique avec la roche environnante.
- ÉTAPE 2. Le piston à double action doit être dans sa position complètement rétractée et prendre une lecture à 0.
- ÉTAPE 3. Placer la poignée de la pompe manuelle en position No. 1 et s'assurer que la valve d'essais cycliques est ouverte.
- ÉTAPE 4. Augmenter la pression par paliers égaux. Généralement, 10 paliers de 3 MPa, jusqu'à 30 MPa. À chaque palier, la pression et le volume sont enregistrés après une période de stabilisation d'une minute, pour un test d'une durée d'environ 10 minutes. Ces paliers peuvent être moindres si vous travaillez dans de la roche tendre ou lorsque le forage est très grand.
- ÉTAPE 5. Si une phase de déchargement est nécessaire, fermer la valve d'essais cycliques et pousser doucement la poignée de la pompe à la position No. 2. Utiliser la valve d'essais cycliques pour réduire la pression. Pour augmenter la pression, placer la poignée de la pompe en position No. 1, puis recommencer à pomper tout en ouvrant la valve d'essais cycliques. Il est recommandé de se pratiquer au préalable à faire des chargements cycliques avec la sonde dans le tube de calibration.

ÉTAPE 6. Une fois l'essai complété, dégonfler complètement la sonde en pompant avec la poignée de la pompe en position No. 2. Le piston à double action sera complètement rétracté lorsque le poste de lecture indiquera un volume zéro.

ÉTAPE 7. La sonde peut alors être déplacée au niveau d'essai suivant ou être retirée du forage. Prendre note que les essais sont typiquement effectués à partir du point le plus profond en montant. La distance minimum standard entre les essais est de 1.5 m. La gaine ne doit pas être située à moins de 0.5 m du dessus de la roche ou du dessous du forage.



Calibration et résultats d'essais typiques du PROBEX

4 DÉPOUILLEMENT DES DONNÉES

Les résultats des essais du PROBEX sont principalement utilisés pour déterminer, *in situ*, la déformabilité de la roche. La méthode utilisée est la même que celle servant à réduire des données du pressiomètre. Elle est basée sur les équations de Lamé et produit un module de déformabilité pour la masse de roche testée. Les données d'essai brutes sont corrigées afin de compenser pour la résistance de la gaine, la déformation de la sonde et la charge hydraulique entre la pompe et la sonde.

Prendre note que Roctest offre un chiffrier facilitant pour la réduction des données. Communiquer avec Roctest pour obtenir une copie gratuite.

Le module du PROBEX est déterminé selon l'équation suivante :

$$E = 2 (1 + \mu) (V_o + V_m) (\Delta P / \Delta V)$$

Où :

E = Module de déformabilité calculé entre P_1 et P_2 pendant un essai

μ = Coefficient de Poisson (0.2 par défaut)

V_o = Volume au repos de la sonde

V_m = Augmentation du volume corrigé au milieu de ΔV

ΔP = Augmentation de la pression corrigée entre P_1 et P_2

ΔV = Augmentation du volume corrigé entre P_1 et P_2

La pression et le volume sont corrigés selon l'équation suivante :

$$P = P_r + P_l - P_c$$

Où :

P = Pression corrigée

P_r = Lecture de pression sur le poste de lecture

P_l = Colonne d'huile entre la pompe et la sonde

P_c = Pression corrigée pour la résistance de la gaine au volume correspondant, déterminé avec la calibration de la pression

$$V = V_r - V_c$$

Où :

V = Volume corrigé

V_r = Lecture de volume sur le poste de lecture

V_c = Volume corrigé pour l'expansion du volume de la gaine pendant l'essai, déterminé avec la calibration du volume

V_c est obtenu avec un facteur de correction de volume « c », lequel est obtenu avec l'équation suivante :

$$c = a - b$$

Le facteur de correction « a » est calculé à partir de la calibration dans le tube de calibration (typiquement entre 15 et 30 MPa).

Le paramètre « b » tient compte de l'expansion du tube d'acier pendant la calibration, et est calculé selon l'équation suivante :

$$b = (2V * (r + e * (1 + \mu))) / E_m * e$$

Où :

V = Volume de la sonde lorsqu'elle est en contact avec le tube de calibration

r = Rayon interne du tube de calibration

e = Épaisseur du tube de calibration

μ = Coefficient de Poisson du matériau du tube de calibration

E_m = Module d'élasticité du matériau du tube de calibration

Le PROBEX vient avec un tube de calibration d'acier standard ayant les caractéristiques suivantes :

- Diamètre intérieur nominal : 76.2 mm
- Diamètre extérieur nominal : 101.6 mm
- E_m (module d'élasticité) : 207×10^6 kPa
- μ (coefficient de Poisson): 0.30

En utilisant ces valeurs dans l'équation précédente, et en supposant une longueur dilatable de la gaine égale à 457 mm, la valeur « b » suivante peut être obtenue :

$$b = 86.6 \times 10^{-6} \text{ cc/kPa}$$

Considérations importantes sur la correction de volume

Le facteur de correction de volume « **c** » entre dans l'équation utilisée pour calculer le module de déformabilité du roc. Un haut niveau de confiance dans le module calculé dépend donc de l'exactitude de la valeur « **c** » et de sa représentativité de la déformation actuelle intrinsèque de la sonde dilatométrique durant les essais. Normalement, le facteur « **c** » obtenu à partir de la dernière calibration d'une série de calibrations est utilisé pour la réduction des données. Le facteur « **c** » est typiquement calculé entre 15 MPa et 30 MPa. Plus la roche est rigide, plus le facteur de correction « **c** » aura une influence importante. Il est aussi recommandé d'effectuer une calibration de volume après un essai si l'opérateur à une raison de croire que le facteur « **c** » peut avoir été modifié.

Le volume théorique de la sonde au repos (**Vo**) est de **1950 cc** (longueur de 45.7 cm et diamètre de 7.37 cm de la gaine). Pour un résultat plus représentatif du **Vo**, l'utilisateur peut 1) mesurer directement la longueur de la portion dilatable (longueur entre les extrémités en acier) et le diamètre principal de la gaine utilisée pendant l'essai, ou mieux : 2) utiliser l'équation suivante, selon la norme ASTM D4719 :

$$V_o = (\pi \cdot D^2 / 4) L - V_i$$

Où :

- **L** = Longueur de la gaine
- **D** = Diamètre interne du tube de calibration
- **Vi** = Prolongement de la courbe de correction de volume jusqu'à $P = 0$. Consulter la norme ASTM D4719 pour plus de détails.

Dans un matériau plus souple, la pression de fluage peut être déterminée, et comme pour un pressiomètre, une pression maximale (P_L) peut être estimée.

Déterminer l'expansion radiale de la gaine

La lecture de volume peut être convertie en expansion radiale, en utilisant l'équation du volume cylindrique : $V = (\pi \times D^2 / 4) \times L$

Où :

- V** = Volume en cc de la gaine
- L** = Longueur de la gaine (valeur nominale de 45.7 cm)
- D** = Diamètre de la gaine (valeur nominale de 7.37 cm)

Volume injecté (cm ³)	Diamètre - approx. (cm) *
0	73.7
100	75.6
200	77.4
300	79.2
400	80.9
500	82.6
600	84.2
676	85.5

*Selon V0

5 DIVERS

5.1 UTILISATION DANS LA ROCHE DURE

Aucune norme existante ne régit l'utilisation du dilatomètre PROBEX. Initialement conçu pour être utilisé comme un dilatomètre flexible tel que défini dans la publication de la SIMR « *Suggested Method for Deformability Determination Using a Flexible Dilatometer* » (ISRM 1987), le dilatomètre PROBEX est largement utilisé comme pressiomètre de roche (avec des séquences de chargement et des méthodes d'interprétation associées aux pressiomètres). La méthodologie d'essai recommandée par le fabricant (telle que décrite précédemment) consiste à soumettre le massif rocheux à 10 paliers de pression, qui durent 1 minute chacun avant l'enregistrement des données. Le nombre et l'ampleur des paliers de pression peuvent être modifiés (notamment pour les essais dans la roche tendre). Cette méthodologie peut être répétée de deux à trois fois pour une même profondeur d'essai afin de distinguer les comportements élastiques et plastiques de la roche (voir la figure ci-dessous).

La séquence de charge standard est parfois modifiée pour collecter des renseignements supplémentaires ou différents. Par exemple, il peut être décidé d'enregistrer des lectures à toutes les minutes pour chaque palier de pression, jusqu'à la stabilisation des lectures de volume. Autre option : des cycles de chargements progressifs peuvent être effectués selon des standards associés aux dilatomètres flexibles conventionnels. Cependant, dans ce cas, une grande précaution est requise concernant la validité des résultats en fonction de la dureté de la roche.

L'utilisation du dilatomètre PROBEX est possible dans de la roche dure, mais certaines précautions particulières sont nécessaires. D'abord, la séquence de charge standard fournie par le fournisseur est recommandée. Ensuite, le diamètre du forage doit avoisiner 76 mm. Puis, de l'eau désaérée doit être utilisée. Des renseignements supplémentaires se trouvent dans le document (7) cité ci-dessous.

5.2 ESSAIS À GRANDES PROFONDEURS

Cette section présente des directives pour les essais effectués à des profondeurs substantielles (plus de 200 m). Deux aspects deviendront critiques avec l'augmentation de la profondeur d'essai : 1) augmentation du délai pour atteindre la stabilisation de la pression dans l'équipement, et 2) le temps requis pour la mise en place de la sonde.

5.2.1 AUGMENTATION DU DÉLAIS

La pression dans la sonde est mesurée à la surface à l'aide du capteur numérique situé près de la pompe. Lorsque la longueur des tubulures augmente, le temps requis pour atteindre la stabilisation de la pression de la pompe à la sonde passera de quelques secondes à quelques douzaines de secondes. Par conséquent, pour les essais effectués à des profondeurs substantielles, voici nos recommandations :

- Utiliser des tubulures supplémentaires plus courtes pour accélérer les calibrations.
- Vérifier le volume et la pression lorsque la sonde est mise en place à la profondeur désirée.
- Pendant l'essai, à chaque palier de pression, enregistrer les lectures toutes les minutes, jusqu'à 3 minutes.
- Arrêter de pomper au moins 20 secondes avant d'enregistrer les données (pour 400 m de câble).

5.2.2 TEMPS REQUIS POUR METTRE LA SONDE EN PLACE

Un des objectifs de la calibration de volume est de travailler la gaine flexible pour assurer son comportement répétable. L'effet de ce travail commencera à s'atténuer après environ deux heures. Une fois ce délai écoulé, la membrane doit être repressurisée à nouveau. Sinon, de l'air pénétrera dans les cavités en caoutchouc et les performances de la sonde en seront affectées. Par conséquent, si plus de deux heures sont nécessaires pour atteindre la profondeur d'essai avec la sonde, il est suggéré de travailler la gaine en la mettant sous pression à quelques reprises contre un tubage ou contre les parois du forage avant de débiter l'essais.

5.3 RÉDUIRE LE RISQUE DE RUPTURE LA GAINÉ

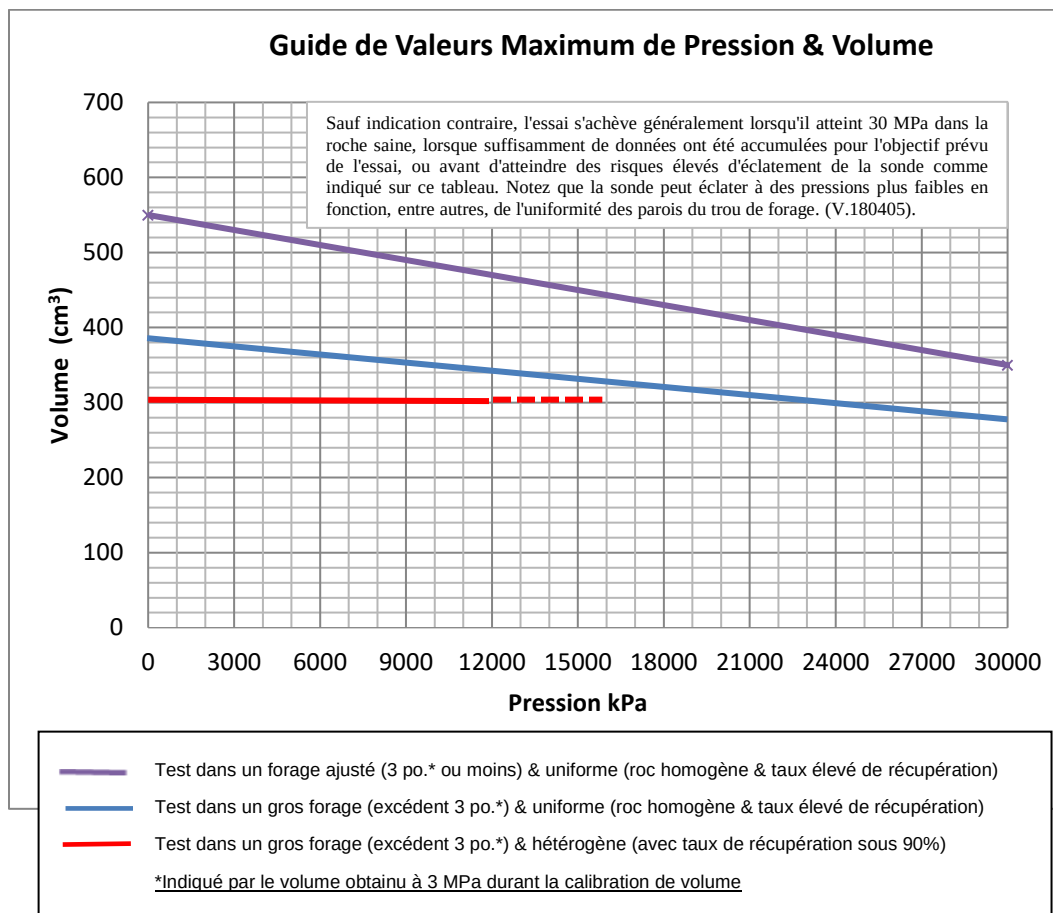
Dans la roche saine, un test sera généralement arrêté lorsqu'il atteint 30 MPa, ce qui se produit normalement avant d'atteindre 350 cm³ si le forage est bien ajusté (76 mm) et uniforme (matériau uniforme et taux de récupération élevé). Toutefois, le risque de briser la membrane pendant un essai est malheureusement toujours présent. Ce risque dépend principalement du type de roche testé et de l'expérience de l'opérateur. Les directives suivantes devraient aider à réduire ce risque.

- Effectuer un forage dont le diamètre est aussi petit que possible pour que la gaine entre en contact avec la roche dès que possible.
- Éviter les zones avec un taux de récupération de moins de 90 %. Au moment de placer la sonde dans le forage, une attention particulière doit être portée aux carottes afin d'éviter les minces couches argileuses ou tendre dans lesquelles la gaine risque de se briser en s'y extrudant. Bien mesurer la longueur du tubage et des adaptateurs utilisés afin de déterminer précisément la position de la sonde durant l'essai. Dans les zones à faible taux de récupération, ne jamais injecter plus de 150 cm³ au delà de 3 pouces* et ne jamais dépasser 15 MPa.
- Lorsque le risque de briser la gaine est élevé, ou lorsque le forage est très large, l'opérateur peut interrompre l'essai plus tôt ou réduire les paliers de pression comme il le ferait pour de la roche plus souple (à 2, 1 ou 0.5 MPa, par exemple). Normalement, 7 points situés dans la zone pseudo-élastique suffisent pour estimer le module.
- Arrêter l'essai en cas de réponse non usuelle du roc.

Lorsque le taux d'éclatement est jugé trop élevé, les directives conservatrices suivantes peuvent aussi être suivies :

- Si le volume excède 180 cc à 5 MPa, interrompre l'essai à 10 MPa ou 250 cc (selon ce qui se produit en premier).
- Si le volume excède 200 cc à 15 MPa, interrompre l'essai à 20 MPa ou 250 cc (selon ce qui se produit en premier).

La charte suivante peut être utilisée :

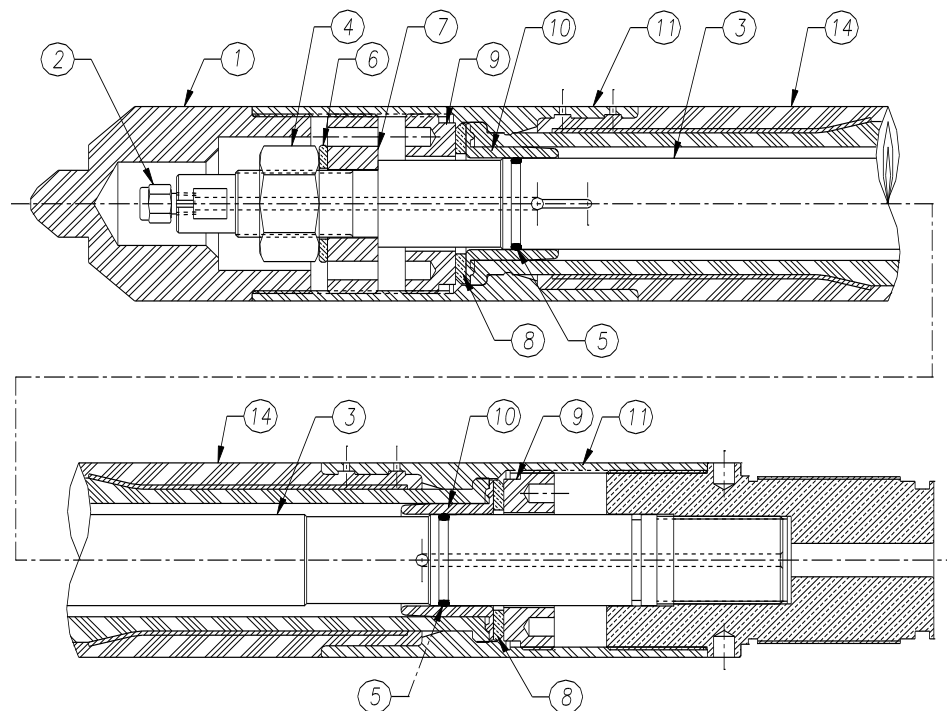


5.4 REMPLACEMENT DE LA GAINÉ

L'utilisateur doit prendre en note que, lorsque la sonde du dilatomètre est enlevée du corps d'acier central de la sonde, il a en main une unité composée des éléments No. 8, 9, 10, 11 et 14, montrée à la figure ci-dessous.

1. Enlever l'embout conique d'acier inoxydable No. 1 de la sonde.
2. Dévisser l'écrou hexagonal No. 4 et la rondelle No.6 du corps d'acier central (No. 3).
3. En utilisant l'outil à 4 pointes fourni, enlever l'écrou de blocage No. 7 du corps d'acier central (No. 3).
4. En utilisant la clef à courroie sur l'embout d'acier en amont de la sonde (No. 11), dévisser l'embout complètement de la sonde.
5. Retirer soigneusement la gaine de la sonde. Elle glissera sur les joints toriques (No. 5) assemblés aux deux extrémités du corps d'acier central (No. 3) et l'eau contenue dans l'espace annulaire entre le corps d'acier central et la gaine (No. 14) sortira de l'extrémité en amont.
6. La procédure inverse est suivie pour réassembler la sonde, et une attention particulière doit être portée aux points suivants :
 - Appliquer une légère couche de lubrifiant (fourni dans la trousse à outils) sur les joints toriques et sur la surface interne des pièces No. 9 et No. 10 de la sonde.

- Les écrous de blocage No. 9 doivent être vérifiés et vissés fermement sur les joints d'étanchéité No. 8 avec l'outil à 4 pointes fourni.
- La gaine devrait être glissée doucement sur le corps d'acier central pour éviter d'endommager les joints toriques No. 5.
- L'écrou de blocage No. 7, le joint d'étanchéité No. 6 et l'écrou hexagonal No. 4 sont revissés à leur position sans être serrés. Un bon contact seulement est nécessaire.
- La saturation en eau de la sonde doit être effectuée selon la procédure fournie dans ce manuel.



Composantes du PROBEX en détail

- | | |
|--------------------------|--|
| 1- Embout conique | 7- Écrou de blocage |
| 2- Bouchon de saturation | 8- Joint d'étanchéité |
| 3- Corps d'acier central | 9- Écrou de blocage |
| 4- Écrou hexagonal | 10- Manche interne de la sonde |
| 5- Joint torique | 11- Anneau d'acier externe de la sonde |
| 6- Joint d'étanchéité | 14- Gaine du dilatomètre |



Remplacement de la gaine du PROBEX

5.5 ENTRETIEN

Nettoyage

Après chaque campagne d'essais, il faut dévisser et retirer la section supérieure du tubage et nettoyer la sonde.



À cette fin, tenir cette pièce de laiton à l'aide de l'outil en forme de C – fourni dans le coffre à outils - et dévisser le tubage du haut à l'aide d'un pipe wrench. Réassembler la sonde après l'avoir nettoyé. **NE JAMAIS FAIRE TOURNER LA PIÈCE DE LAITON !.**

Réduction du diamètre de la gaine

La gaine du dilatomètre PROBEX se déformera graduellement avec l'utilisation, ce qui aura pour résultat d'accroître son diamètre. Ce phénomène n'invalidera pas les résultats des essais, mais il pourra empêcher l'insertion de la sonde dans le tube de calibration ou le forage. Pour éviter cela : **le diamètre de la gaine devra être réduit au papier sablé (papier de verre) à la main. Prendre note que cette opération peut être longue.**

5.6 TEMPÉRATURES CHAUDES / FROIDES

Pour utiliser le dilatomètre PROBEX avec des températures sous 0 °C, l'eau de la sonde doit être remplacée par de l'antigel. Deux types d'antigel peuvent être utilisés.

L'antigel à base d'éthylène-glycol (régulièrement utilisé dans des antigels pour moteur) est moins corrosif pour l'équipement. Une solution composée de 50 % d'eau et de 50 % d'éthylène-glycol permettra d'utiliser l'équipement à environ -25 °C, et une solution 70 % – 30 %, à environ -10 °C. Le mélange d'éthylène-glycol est dommageable pour l'environnement.

Les antigels à base de méthanol (liquide pour pare-brise de voiture) sont parfois utilisés, mais il est important de noter que le méthanol est corrosif pour l'équipement. L'équipement doit donc être vidé entièrement, puis nettoyé avec de l'eau propre après chaque utilisation.

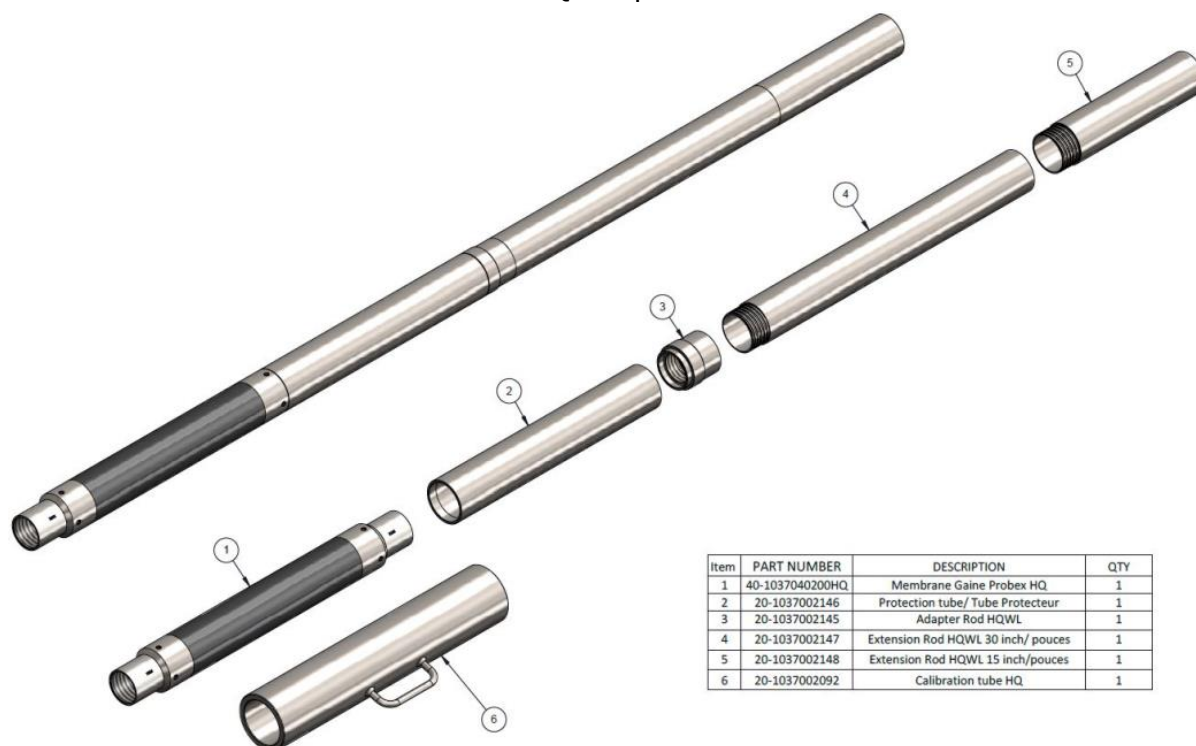
Lorsque la température descend en dessous de 0°C, nous suggérons d'utiliser un abri chauffé ou un camion de type mini-fourgonnette dans lequel l'opérateur peut faire fonctionner la pompe et lire les données. Avec cette configuration, il devrait être possible d'effectuer des tests jusqu'à au moins -15°C. A un moment non encore déterminé, entre -20°C et -40°C, l'huile deviendra trop visqueuse et les tubulures trop fragiles.

Le PROBEX peut également être utilisé à chaud (plus de 40 °C). Cependant, il faut toujours garder le PROBEX à l'abri du soleil, notamment lors des calibrations. L'utilisation d'un auvent est idéale.

Essayez d'éviter des changements thermiques importants sur la sonde. Si cela est inévitable, laissez la sonde se stabiliser en température à la profondeur d'essai pendant environ 15 minutes avant de commencer un test.

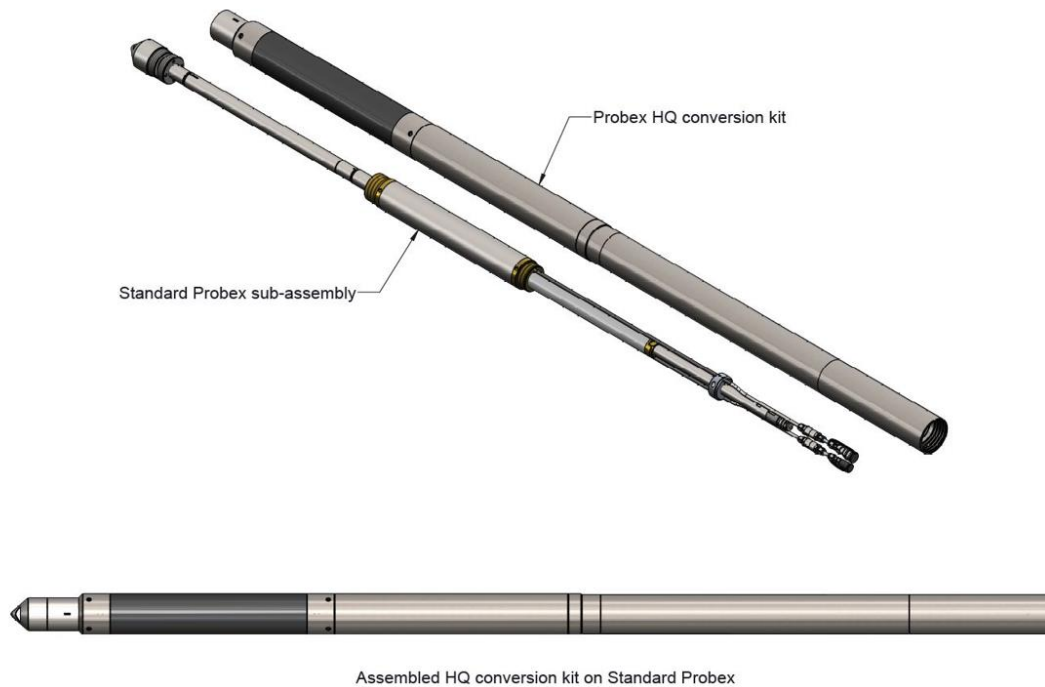
5.7 MEMBRANE HQ

Une membrane HQ (93 mm) est disponible en option pour le système NQ PROBEX. Cette membrane doit être installée à l'aide du kit HQ composé des éléments suivants :



PROBEX HQ – Kit de Conversion (FR-1037E50600)

Ces éléments doivent être assemblés sur la sonde NQ PROBEX normale, comme indiqué ci-dessous.



Le PROBEX muni d'une membrane HQ s'opère de façon comparable à la sonde standard NQ. Cependant certains points diffèrent.

La sonde a un diamètre minimum de 93 mm et de 102.6 mm au maximum pour une expansion radiale maximum de 10 % - contrairement à 17% pour la sonde régulière NQ. La version HQ requiert donc un forage très bien ajusté (dépassant peu ou pas 96 mm). Des essais réalisés dans de gros forages produiront des modules sous-estimés, spécialement dans les cas où la roche est dure.

Le ratio Longueur / Diamètre de cette membrane est de 5.

L'inertie de la membrane à 650 cm³ dépasse 3 MPa (environ 2 MPa pour la membrane NQ). Ceci réduit légèrement le champs d'utilisation de cette membrane dans de la roche très tendre.

Aussi, la jonction entre les items 2 et 4 ci-dessus n'est pas parfaitement lisse. Le forage doit être bien propre afin d'éviter tout dépôt à ce niveau lors de l'essai, ce qui pourrait entraver la récupération de la sonde après l'essai.

La valeur de 'a' obtenue lors de la calibration dans le tube d'acier avoisinera 2 cm³ / MPa (inférieure à 1.33 cm³ / MPa pour la membrane NQ).

Si le chiffrier ProbexCompanion est utilisé, il faudra voir à y entrer les dimensions relatives à la membrane utilisée.

Le tube de calibration HQ fait 95.25 mm x 120 mm et a un coefficient d'expansion théorique 'b' de 0.1615 cm³ / MPa.

5.8 RÉFÉRENCES

- (1) ASTM (2003). 2003 Annual Book of ASTM Standards, Section 4: Construction, Vol. 04.08 : Soil and Rock (1) : D4719-00, 898 – 906.
- (2) Failmezger R. A., Zdinak A. L., Darden J. N. and Fahs R. 2005. *Use of rock pressuremeter for deep foundation design*, ISP5, Vol. 1, 469-477.
- (3) Gill D. E. and Leite M. H. 1995. *Dilatometer Testing of Rock*. ISP4, Balkema, Rotterdam, 249-256.
- (4) ISRM (April 1987). *Suggested Method for Deformability Determination Using a Flexible Dilatometer*, Int. J. Rock Mech. Min. Sci., 24 (2), 123-134.
- (5) Kaneshiro J. Y., Harding R.C., Johannesson P. and Korbin G.E. 1987. *Comparison of modulus values obtained from dilatometer testing with downhole seismic surveys and unconfined compressive tests at McKays Point Dam Site, Ca*, 28th US Symposium on Rock Mechanics, 211-221.
- (6) Labrie D., Conlon B., Anderson T. and Boyle R.F. 2004, *Measurement of insitu deformability in hard rock*, Proceedings of 57th Canadian Geotechnical Conference, 9-16.
- (7) Marcil L., Green R. and Baures T. and Boyle R.F. 2013, *The PROBEX: Over 25 Years of Experience in Measuring Deformability of Rock*, ISP6