



MANUEL D'INSTRUCTIONS
PIÉZOMÈTRE À FIBRE OPTIQUE SENSOPTIC
Modèles FOP, FOP-C, FOP-F, FOP-P

© Roctest Limitée, 2000. Tous droits réservés.

L'installation et l'utilisation de ce produit peuvent parfois s'avérer dangereuses ; elles doivent être faites par du personnel qualifié seulement.
Les instructions contenues dans ce manuel sont fournies à titre indicatif et sont sous réserve de modifications. La Société n'assume aucune responsabilité quant au dommage qui pourrait résulter de l'installation ou de l'utilisation de ce produit.

Tel. : 1.450.465.1113 • 1.877.ROCTEST (Canada, USA) • 33 (1) 64.06.40.80 (Europe) • www.roctest.com • www.telemac.com

TABLE DES MATIÈRES

1	PRODUIT	1
1.1	Généralités.....	1
1.2	Description du piézomètre.....	1
1.3	Modèles	2
1.3.1	FOP et FOP-C.....	2
1.3.2	FOP-P	2
1.3.3	FOP-F	2
1.4	Étalonnage.....	2
1.5	Caractéristiques	3
2	LECTURE ET INTERPRÉTATION	4
2.1	Lectures initiales	4
2.2	Lectures initiales avant installation	4
2.3	Vérification sur le site (optionnelle).....	5
2.4	Équations relatives à la pression.....	5
3	INSTALLATION	7
3.1	Saturation du filtre.....	7
3.1.1	Filtres en acier inoxydable à basse pression d'entrée d'air.....	7
3.1.2	Filtres en céramique à haute pression d'entrée d'air.....	7
3.2	Installation dans les remblais	7
3.2.1	Argile compacte.....	7
3.2.2	Matériaux granulaires	8
3.3	Installation dans les forages.....	8
3.4	Piézomètre FOP-P foncé dans un sol meuble.....	9
3.5	Câble	10
3.5.1	Transition d'un forage vertical à une tranchée horizontale	10
3.5.2	Trajets des câbles horizontaux	10
4	RÉFÉRENCES	12

1 PRODUIT

1.1 GÉNÉRALITÉS

Le piézomètre à fibre optique série FOP consiste en un capteur de pression conçu afin de mesurer le niveau piézométrique ou la pression interstitielle de l'eau. Ce piézomètre peut être installé dans des forages (modèle **FOP**), foncé dans des sols meubles (modèle **FOP-F**), placé dans des tranchées avant la mise en place du remblai ou enfoui dans le ciment (modèle **FOP** et **FOP-F**). Finalement, le modèle **FOP-C**, muni d'un raccord fileté, peut directement être relié à un tuyau et mesurer une pression hydraulique ou pneumatique.

Le FOP est livré avec un certificat d'étalonnage sur lequel se retrouvent un facteur d'étalonnage et un coefficient de correction thermique. Ces coefficients sont déterminés lors de l'étalonnage en usine.

Le FOP peut être lu à l'aide toutes les unités de lecture à fibre optique ROCTEST. Des systèmes d'acquisition de données sont également disponibles. Veuillez consulter le fabricant pour plus de détails.

1.2 DESCRIPTION DU PIÉZOMÈTRE

La conception de la sonde de pression est basée sur une mesure sans contact de la déviation d'un diaphragme, par opposition à la mesure plus conventionnelle de la déformation du diaphragme. Une variation de la pression fait varier la longueur de la cavité Fabry-Perot tel qu'illustré ci-dessous. La géométrie et le matériau du capteur sont sélectionnés pour obtenir une relation linéaire entre la déviation du diaphragme et la pression appliquée.

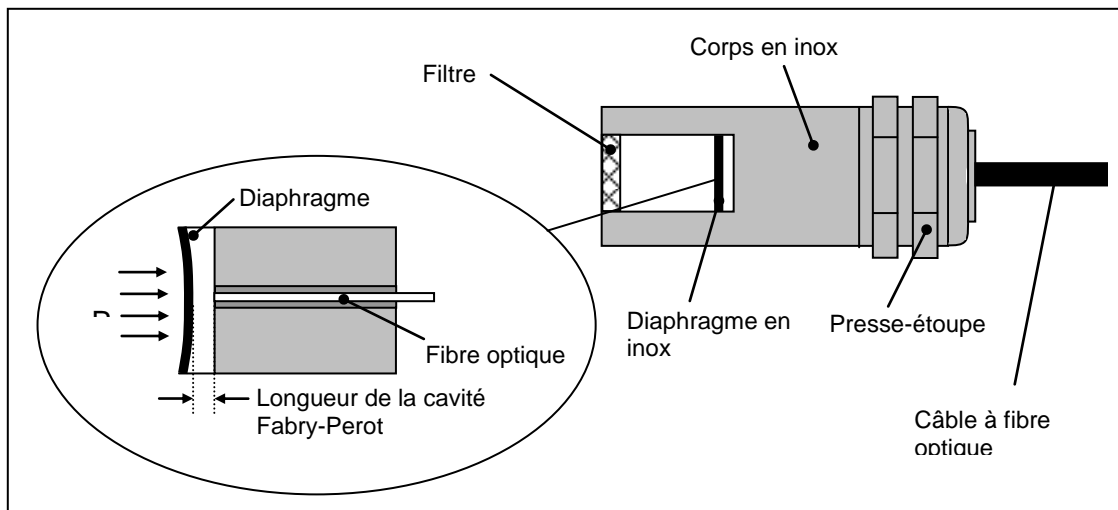


Figure 1 : Coupe schématisée du FOP

La robustesse mécanique de la sonde est assurée par sa construction en acier inoxydable sans époxy, scellement de caoutchouc ou autres matières polymères.

Le FOP est disponible en trois modèles: le modèle "jauge", "absolu", ou "différentiel". Le modèle "jauge" est équipé d'une tubulure d'évent maintenant la cavité à la pression atmosphérique. Dans le cas du deuxième modèle, la cavité est scellée sous vide. Alors que dans le cas "différentiel", le capteur est équipé d'une connexion d'évent qui se rend jusqu'à la cavité Fabry-Perot par laquelle on pourra appliquer une pression arbitraire.

1.3 MODÈLES

1.3.1 FOP ET FOP-C

Le **FOP** est conçu pour être enfoui dans des remblais de terre, dans le ciment ou inséré dans des forages et des tuyaux aussi petit que 20 mm. Il consiste en un corps cylindrique de petit diamètre contenant un capteur de pression et un filtre (voir Figure 1). Toutes les pièces machinées sont en acier inoxydable.

L'extrémité du FOP est équipée d'un filtre micrométrique à haute ou basse pression d'entrée d'air. Ce filtre protège le diaphragme contre l'infiltration de particules solides. Ainsi, le diaphragme ne perçoit que la pression du fluide à mesurer. Le filtre peut facilement être enlevé pour l'étalonnage et la saturation du piézomètre et peut aussi être remplacé par un raccord fileté pour l'utiliser comme capteur de pression industriel (modèle **FOP-C**).

1.3.2 FOP-P

Le **FOP-P** est conçu pour être foncé dans les matériaux à grains fins non consolidés, tels que les sables, les limons ou les argiles. Le corps extérieur est un cylindre épais équipé d'une pointe à une extrémité et d'un filetage pour permettre l'utilisation de tiges de forage «EW» standard lors du forage. Les quatre filtres micrométriques sont logés dans des trous sur la face conique de la pointe. Le câble traverse le centre du raccord fileté de même que les tiges de forage (le cas échéant) jusqu'à la surface. La sortie du câble est scellée avec un connecteur étanche et une résine époxy. Des filtres à haute ou basse pression d'entrée d'air sont disponibles.

1.3.3 FOP-F

Le **FOP-F** est une version du FOP avec paroi plus épaisse pour utilisation dans les remblais compactés.

1.4 ÉTALONNAGE

Tous les piézomètres FOP sont étalonnés individuellement avant leur livraison. L'étalonnage couvre toute l'étendue de mesure propre à chaque appareil.

Un certificat d'étalonnage fourni avec chaque piézomètre indique ce qui suit :

- Le numéro de série
- La pression barométrique et température au moment de l'étalonnage

- Un facteur jauge
- Un coefficient thermique
- Type de câble à fibre optique et sa longueur

1.5 CARACTÉRISTIQUES

CARACTÉRISTIQUES MÉTROLOGIQUES	
Modèle:	FOP, FOP-C, FOP-F, FOP-P
Étendue de mesure (EM), en kPa :	200, 350, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000, 5000, 7000 ¹
Résolution :	0.025% pleine échelle
Précision :	± 0.25% de l'EM
Surcharge maximum :	1.5 x EM

¹Autres EM disponibles sur demande.

Tableau 1: Caractéristiques métrologiques

CARACTÉRISTIQUES GÉNÉRALES				
Modèle :	FOP	FOP-F	FOP-C	FOP-P
Enveloppe de protection	Miniature	Paroi Épaisse	Raccord fileté (STD ¼ - 18 NPT femelle)	Fonçable avec raccord EW
Diamètre extérieur en mm :	19	25.4	19	33.4
Matériau :	Acier inoxydable 17-4 PH			
Filtres :	<ul style="list-style-type: none"> • Acier inoxydable fritté à basse pression d'entrée d'air 50 microns (standard) • Céramique à haute pression d'entrée d'air 1.6 microns (optionnel) 			

Tableau 2: Caractéristiques générales

2 LECTURE ET INTERPRÉTATION

2.1 LECTURES INITIALES

Les capteurs doivent être lus dès la réception pour s'assurer qu'ils n'ont pas été endommagés pendant la livraison. Tous les capteurs sont étalonnés avant la livraison. Un facteur jauge individuel (de 7 chiffres) et un zéro de jauge obtenu en usine sont fournis avec chaque capteur. Avant de lire un capteur avec un poste de lecture à fibre optique ROCTEST, le facteur jauge doit être sauvegardé dans la mémoire du poste puis doit être sélectionné. Le facteur d'étalonnage est déjà enregistré dans le facteur jauge du capteur. Il est aussi inscrit sur une étiquette installée sur le câble près du connecteur à fibre optique, de même que sur le certificat d'étalonnage. Veuillez consulter la notice d'utilisation du poste avant d'effectuer les mesures.

D'abord la jauge doit être connectée à une des voies du poste et le facteur jauge approprié y doit être assigné. **Les capteurs de pression à fibre optique doivent être préalablement mis à zéro au moins une fois avant de prendre une lecture initiale.** Pour ce faire, veuillez suivre les directives données dans la notice d'utilisation de votre poste. Après quoi, la lecture indiquera zéro ou une valeur près de zéro. Durant cette opération, le capteur ne doit pas être soumis à aucune pression et doit être stabilisé en température. **Le mise à zéro du capteur est nécessaire lorsque utilisé pour la première fois. Il est aussi nécessaire de prendre note de la valeur du zéro de la jauge immédiatement après avoir effectué l'opération de mise à zéro (valeur entre 14000 et 24000).** Cela s'avérera utile si le poste est ré-initialisé ou si le contenu de la mémoire est perdu. Pour plus d'information, veuillez consulter la notice d'utilisation du poste de lecture.

À noter que l'unité de mesure peut être choisie: métrique (bar) ou impérial (psi). Pour plus d'information, veuillez consulter la notice d'utilisation du poste de lecture.

En résumé, avant de prendre une lecture initiale, il faut:

1. Enregistrez le facteur jauge dans la mémoire du poste
2. Connectez chaque capteur à une des voies du poste
3. Attribuer le facteur jauge approprié à la voie correspondante
4. Effectuer la mise à zéro et **noter la valeur du zéro. Il s'agit d'une valeur en unité interne de la longueur de cavité Fabry-Perot**
5. Choisir l'unité de mesure
6. Prendre une lecture initiale en unité d'ingénierie

2.2 LECTURES INITIALES AVANT INSTALLATION

Avant d'installer la sonde, il est nécessaire de prendre à nouveau une lecture. La procédure pour prendre cette lecture est la suivante.

Prendre une lecture pré-initiale à l'air libre, sans filtre, à une température stabilisée et à une pression barométrique connue. Enregistrer la lecture de pression, la température et la

pression barométrique. Ne pas toucher le corps du capteur avec la main afin de ne pas modifier sa température.

Dans le cas de filtre à basse pression d'entrée d'air, fixez à la sonde le filtre poreux saturé et ce, dans un contenant rempli d'eau. La sonde doit être maintenue avec son extrémité dirigée vers le haut afin qu'aucune bulle d'air ne pénètre derrière le filtre.

Dans le cas de capteurs à petite gamme de pression et de filtres à haut coefficient d'entrée d'air, enregistrez la pression agissant sur le diaphragme afin de s'assurer qu'elle ne dépasse pas 125 pour cent de la gamme du piézomètre. Laissez l'instrument dans l'eau de 2 à 3 heures afin de laisser la température se stabiliser. Il est même préférable de laisser le piézomètre dans l'eau toute la nuit à condition que la température de cette dernière demeure stable.

Après s'être assuré que la température de l'eau et de l'air ambiant sont les mêmes, tirez tranquillement sur le câble afin de retirer le capteur de l'eau. Enregistrez trois lectures consécutives pour vous assurer d'avoir une valeur stable. Cette dernière constitue la lecture initiale. Enregistrez également la température de l'air ambiant, de l'eau et de la pression barométrique.

2.3 VÉRIFICATION SUR LE SITE (OPTIONNELLE)

Les piézomètres sont étalonnés en usine à l'aide de calibreurs à haute précision, c'est-à-dire au moins quatre fois supérieure à celle du piézomètre. Toutefois, l'utilisateur qui le désire peut faire des tests pour vérifier le fonctionnement du FOP et son étalonnage.

La méthode privilégiée consiste à prendre des lectures dans un tuyau rempli d'eau à une température uniforme. Cette méthode permet d'éviter l'effet de variables normalement rencontrées dans des forages ouverts, soit entre autres les gradients thermiques, le débit et les variations de la densité.

Le test peut s'effectuer en fonction de la pression barométrique ou de la différence entre deux têtes d'eau dans le tuyau. Dans les deux cas, on doit noter la pression barométrique et la température du capteur. Notez que l'on peut installer le tuyau de vérification dans un forage ou une construction.

2.4 ÉQUATIONS RELATIVES À LA PRESSION

Le capteur de pression à fibre optique mesure la pression absolue, laquelle doit être corrigée pour les changements de pression barométrique. Le capteur est fourni avec un coefficient thermique (CT), lequel doit être utilisé pour corriger la lecture de la pression dans le cas de variations considérables de température.

En unités SI (bars)

$$P_{\text{CORR}} = P_{\text{ENR}} - \text{CT} (T_1 - T_0) - (B_1 - B_0)$$

où: P_{CORR} = Pression corrigée en bar
 P_{ENR} = Pression enregistrée en bar

CT = Coefficient thermique en bar/°C
 T₀T₁ = Lectures de température initiale (à l'installation) et courante en °C
 B₀ B₁ = Lectures de pression initiale (à l'installation) et courante en bar

Exemple :

P_{ENR} = 4.500 bar
 CT = 0.00143 bar/°C
 T₀ = 20°C
 T₁ = 25°C
 B₀ = 1.013 bar
 B₁ = 1.002 bar
 P_{CORR} = 4.500 - 0.00143 (25 - 20) - (1.002 - 1.013)
 P_{CORR} = 4.500 - 0.007 + 0.011 = 4.504 bar

En unités impériales (psi)

$$P_{CORR} = P_{ENR} - CT (T_1 - T_0) - 0.491 (B_1 - B_0)$$

où: P_{CORR} = Pression corrigée en psi
 P_{ENR} = Pression enregistrée en psi
 CT = Coefficient thermique en psi/°F
 T₀T₁ = Lectures de température Initiale (à l'installation) et courante (°F)
 B₀ B₁ = Lectures de pression initiale (à l'installation) et courante en pouces de Hg
 0.491 = Constante pour toutes les sondes en psi/pouces de Hg

Exemple :

P_{ENR} = 22.25 psi
 CT = 0.01879 psi/°F
 T₀ = 65°F
 T₁ = 80°F
 B₀ = 29.8 pouces Hg
 B₁ = 29.4 pouces Hg
 P_{CORR} = 22.25 - 0.01879 (80 - 65) - 0.491 (29.4 - 29.8)
 P_{CORR} = 22.25 - 0.282 + 0.196 = 22.16 psi

3 INSTALLATION

Il existe plusieurs méthodes d'installation variant selon l'application désirée et le site. Ces méthodes ont été déterminées par divers spécialistes. Pour plus d'informations, le lecteur consultera la liste en fin de document. Les instructions suivantes résument certaines pratiques courantes généralement acceptées.

3.1 SATURATION DU FILTRE

Deux types de filtres sont disponibles : le filtre en acier inoxydable à basse pression d'entrée d'air et le filtre en céramique à haute pression d'entrée d'air.

La saturation du filtre permet :

- de réduire la possibilité de colmatage du filtre,
- de réduire le temps de réponse,
- d'assurer la continuité hydraulique entre l'eau interstitielle et le diaphragme du piézomètre, en sols non saturés.

3.1.1 FILTRES EN ACIER INOXYDABLE À BASSE PRESSION D'ENTRÉE D'AIR

Pour retirer le filtre du FOP, tenir le piézomètre d'une main et tirer, tout en tournant, l'extrémité contenant le filtre, de l'autre main.

Les filtres du FOP-P se retirent en dévissant d'abord la pointe du piézomètre.

Saturer le filtre en l'immergeant dans de l'eau propre amenée à ébullition.

Immerger le piézomètre sans filtre dans de l'eau propre. Tout en maintenant le diaphragme pointant vers le haut, remettre le filtre en place. Maintenir le FOP immergé jusqu'à son installation.

3.1.2 FILTRES EN CÉRAMIQUE À HAUTE PRESSION D'ENTRÉE D'AIR

Suivre la procédure décrite ci-dessus. Pour une saturation complète, faire bouillir le filtre en céramique pendant un minimum de deux heures.

3.2 INSTALLATION DANS LES REMBLAIS

3.2.1 ARGILE COMPACTE

Creuser une excavation d'environ 0,5 mètre de profondeur par 0,75 m sur 0,75 m de côtés. Faire un trou dans la paroi de l'excavation. Le diamètre du trou doit être légèrement inférieur à celui du FOP.

Foncer le FOP dans ce trou. S'assurer que le filtre du FOP est en contact direct avec le matériau hôte. Pour s'assurer d'une bonne continuité hydraulique avec le filtre à haute

pression d'entrée d'air, appliquer sur le filtre une mince couche du matériau de remblai saturé.

Avant de remblayer, le câble doit être étendu avec le plus grand soin. Placer le câble dans l'excavation, en prenant soin de le déposer sur un lit d'argile tamisée et compactée à la main. S'assurer que le câble ne se croise pas ou ne croise pas d'autres câbles voisins.

Remblayer la tranchée avec de l'argile tamisée ne contenant aucune particule de plus de 2,5 mm de diamètre. Le remblai doit avoir un degré d'humidité et de densité comparable à celui du matériau voisin.

S'assurer que le câble est protégé des dommages potentiels pouvant être causés par des matériaux angulaires, l'équipement de compactage ou l'étirement dû aux déformations subséquentes pendant la construction ou la mise en place du remblai.

3.2.2 MATÉRIAUX GRANULAIRES

Installer le FOP dans une tranchée creusée à cet effet, tel que décrit ci-dessus. Placer le FOP à l'intérieur de la tranchée, enrouler le câble et remblayer avec un matériau tamisé ayant la même humidité. Compacter jusqu'à l'obtention d'une densité identique à celle du remblai ambiant. Dans les remblais de roche, il est nécessaire de placer un filtre graduel autour du FOP. Utiliser du sable fin propre autour de l'instrument et accroître la grosseur des grains au fur et à mesure que le remblai se rapproche du remblai de roche. Le diamètre du sable en contact avec le FOP et le câble doit se situer entre 0,5 mm à 2,5 mm.

3.3 INSTALLATION DANS LES FORAGES

La méthode utilisée pour installer un piézomètre dans un forage dépend des conditions particulières dans lesquelles l'installation doit être faite. La méthode décrite ci-dessous couvre la plupart des applications. Des conditions artésiennes, la stabilité du forage, l'équipement de forage disponible et les matériaux scellants sont parmi les facteurs qui ont une influence sur le choix de la méthode. Pour une description des autres méthodes, consulter les références en fin de texte.

En forage tubé, le tubage est foncé à 30 cm au-dessous de l'élévation prévue du piézomètre. Si le piézomètre doit mesurer la pression interstitielle à un point spécifique, il faudra foncer le tubage à 90 cm sous l'élévation du piézomètre pour permettre la mise en place au fond du trou d'un bouchon de bentonite en billes (Peltonite).

Après avoir foncé le tubage, injectez de l'eau jusqu'à ce que le retour d'eau soit propre.

Si un bouchon de bentonite en billes est requis, placer 60 cm de Peltonite au fond du trou. Lever le tubage au fur et à mesure que la Peltonite est mise en place. Placez la Peltonite par incréments de 15 cm, jusqu'à ce que le niveau de Peltonite soit à 30 cm sous l'élévation du piézomètre. Éviter de bloquer les billes de Peltonite ou de les faire adhérer aux parois intérieures du tubage. Cette précaution est assurée si le niveau de Peltonite est sous l'extrémité du tubage, en tout temps et si les billes de Peltonite sont déposées dans le trou lentement et en une ligne simple. La mise en place trop rapide des billes de Peltonite entraîne un blocage de celles-ci dans le tubage ou le forage. Il sera alors

extrêmement difficile d'achever le scellement. Il n'est pas nécessaire de compacter les billes de Peltonite.

Avant de mettre en place le sable, descendre un poids cylindrique dans le forage pour s'assurer qu'il soit libre de toute obstruction et, au besoin, rincez le forage jusqu'à ce que le retour de l'eau soit propre.

De la même façon, placer 30 cm de sable fin propre par couche de 15 cm sous le niveau de la pointe du piézomètre. Retirer le tubage à mesure que le remplissage s'effectue. Descendre le piézomètre en place. Prendre les lectures initiales, tel que décrit précédemment. Relever le tubage de 15 cm et remplir de sable fin propre. Répéter jusqu'à ce que le sable et le tubage soient à 30 cm au-dessus du piézomètre. Prendre une autre lecture.

Relever le tubage par incréments de 15 cm et injecter des billes de Peltonite jusqu'au scellement minimum de 1,2 mètres. Pendant la mise en place des billes, maintenir le câble tendu pour empêcher les billes de coller dans le tubage. Verser les billes une à la fois pour éviter l'obstruction du tubage. Si un seul piézomètre doit être installé dans le trou, remplir la partie supérieure du forage avec un mortier ciment-bentonite au fur et à mesure de l'enlèvement du tubage. Si plus d'un piézomètre doit être installé dans le forage, remplir celui-ci de matériau environnant ou d'un mélange sable-bentonite, jusqu'à la hauteur de 1,2 mètres sous le niveau du deuxième piézomètre, puis placer 90 cm de Peltonite. Ensuite, placer 30 cm de sable, puis le piézomètre. Continuer tel qu'il est décrit ci-dessus.

Relever le tubage tout en évitant de le tourner. Une fois le tubage complètement enlevé, fermer le forage avec du mortier.

3.4 PIÉZOMÈTRE FOP-P FONCÉ DANS UN SOL MEUBLE

Le FOP-P est conçu pour être poussé en place à partir de la surface dans des matériaux meubles. Dans le cas d'installations profondes où l'enfoncement à partir de la surface est impossible, il peut être nécessaire de réaliser un forage puis de pousser le piézomètre en place à partir du fond du forage.

Le FOP-P est muni d'un filetage mâle EW prêt à recevoir une tige. Cette tige forme une étanchéité efficace au-dessus du piézomètre. Si d'autres types de tiges doivent être adaptés pour pousser le piézomètre en place, il est important que le diamètre des deux premiers mètres de tige soit plus grand que le diamètre extérieur du piézomètre.

D'abord aligner un nombre suffisant de tiges. Ensuite, enfiler le câble à travers les tiges en laissant un jeu de câble d'environ 50 cm entre chaque tige. Une longueur d'environ 7 mètres de câble laissée étendue à l'extrémité de la première tige devrait assurer (dans le cas des tiges de 3 mètres) un jeu suffisant pour faciliter l'insertion successive des tiges dans le sol.

Visser la première tige au FOP-P. Utiliser un scellant à tuyaux sur les filets pour assurer une étanchéité permanente.

Pendant le fonçage du piézomètre, surveiller toute augmentation de pression. Si celle-ci excède la plage d'utilisation, arrêter le fonçage et attendre que la pression excessive se dissipe.

Dans les sols à salinité élevée, il est nécessaire d'utiliser un manchon en nylon entre le FOP-P et les tiges de poussée. Ce manchon a pour but d'éviter la corrosion galvanique qui génère des gaz et qui cause une augmentation apparente de la pression interstitielle.

3.5 CÂBLE

Chaque câble est étiqueté avec le numéro de série et le facteur jauge correspondant au FOP auquel il est relié. En option, le numéro de série peut être marqué sur toute la longueur du câble. Ceci facilite l'identification de l'instrument dans le cas où le câble serait coupé ou endommagé. Si un câble est coupé, l'utilisateur peut le réparer à l'aide d'une trousse à épissure. Consulter le fabricant au besoin.

3.5.1 TRANSITION D'UN FORAGE VERTICAL À UNE TRANCHÉE HORIZONTALE

Les câbles doivent être acheminés progressivement le long d'une tranchée étroite courbée, en allant d'une position verticale à une position horizontale. À l'embouchure du forage, enfouir les câbles le long d'une tranchée circulaire de grand rayon, dans un mélange de sable tamisé et de 5% de bentonite, compacté à la main à la même densité que celle du remblai ambiant.

Les piézomètres installés dans les zones de contact avec le roc sont généralement installés dans des forages peu profonds, pour les protéger contre les charges concentrées ou les mouvements. Faire courir les câbles qui sortent de ces forages à travers les matériaux du barrage et localiser la zone de transition de la verticale à l'horizontale des câbles assez éloignés de la surface du roc. Ne pas déposer les câbles directement sur le roc.

3.5.2 TRAJETS DES CÂBLES HORIZONTAUX

Deux méthodes sont habituellement utilisées pour protéger les câbles, soit l'enfouissement à l'intérieur de matériaux sélectionnés à la surface du remblai ou soit dans une tranchée à l'intérieur du remblai. L'installation en surface requiert une surveillance constante et une protection contre l'équipement lourd qui circule sur le remblai. Pour une description de cette méthode, veuillez consulter Clements (1982), référence A-6 en annexe.

Pour le cheminement horizontal des câbles il faut :

- Éviter de traverser les zones de transition où de larges tassements différentiels pourraient créer des contraintes excessives sur les câbles.
- Éviter les épissures sur les câbles. Au besoin, utiliser exclusivement la trousse à épissures du fabricant.
- Ne pas déposer les câbles les uns sur les autres.
- Utiliser un serpentement horizontal ou vertical des câbles dans les tranchées. Pour la plupart des matériaux, une inclinaison de deux mètres avec une amplitude de 40

cm est convenable. Dans l'argile très humide, augmenter l'inclinaison de 40 cm à 60 cm ou 90 cm.

- Utiliser une combinaison de serpentement horizontal et vertical dans les zones de transition.

La largeur des tranchées doit être supérieure de 25 cm à celle du faisceau de câbles qui y est déposé. La tranchée doit avoir un minimum de 60 cm de profondeur. Une couche d'environ 15 cm de sable de moins de 10 mm est placée au fond de la tranchée. Au besoin, de la bentonite doit être ajoutée au sable pour former des sections étanches ou des bouchons.

Les câbles sont alors recouverts d'une couche d'environ 15 cm de matériau ayant une granulométrie inférieure à 10 mm. Remplir complètement la tranchée de matériaux sélectionnés et compacter avec un équipement manuel.

Pendant l'installation des câbles, prendre une lecture des instruments à intervalles réguliers pour s'assurer de leur bon fonctionnement.

4 RÉFÉRENCES

- A-1 Terzaghi, K. et Peck, R. B. *Soil mechanics in Engineering Practice*, John Wiley and Sons, Inc., 1968, (L'article 68 du chapitre 12 comporte un survol des types de pointes et des recommandations sur la procédure d'installation.)
- A-2 United States Department of the Interior, Bureau of Reclamations. *Earth Manual*, U.S. Government Printing Office, Washington, 1974, (Les points E-27 et E-28 de l'annexe fournissent des détails précis sur l'installation des piézomètres dans les fondations des barrages.)
- A-3 Bishop, A. W., Vaughan, P. R. et Green, G. E. Report on speciality session, *Pore Measurements in the Field and in the Laboratory*, Proc. 7th Int. Conf. Soil Mech. and Found. Eng. 3, 427, (un rappel des pratiques et de l'instrumentation récente liées principalement aux structures en terre).
- A-4 Société internationale de mécanique des roches, comité des essais sur le terrain. *Suggested Methods for Determining In-Situ Permeability, Groundwater Pressure and Flow*, (ébauche de rapport, 1974, rapport final en préparation).
- A-5 Hanna, T.H. *Foundation Instrumentation*, Trans. Tech. Publications, Ohio, États-Unis, 1973, (Le chapitre 3 décrit différents types de pointes de piézomètres, les méthodes d'installation, les méthodes d'enregistrement et la protection des piézomètres.)
- A-6 Clements, D. J. et Durney, A. C. *Instrumentation Developments*, travaux de la Conférence d'automne sur le British National Committee on Large Dams (BNCOLD), Université Keele, Institution of Civil Engineers, Londres, 1982, pp. A5-55.
- A-7 Corps of Engineers. *Publications Relating to Geotechnical Activities*, USACE DAENECE-G, 27 septembre.