



MANUEL D'INSTRUCTIONS

CELLULE DE PRESSION TOTALE

Modèles TPC et EPC

© Roctest Limitée, 2004. 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

F10078-040602

TABLE DES MATIÈRES

1	PRODUIT	1
1.1	INTRODUCTION.....	1
1.2	Détails de construction	2
1.3	Spécifications.....	3
2	LECTURE ET ANALYSE DE DONNÉES	4
2.1	Essais préliminaires	4
2.2	TPC/EPC pneumatique	4
2.3	Lectures des TPC/EPC avec capteurs à corde vibrante	4
2.3.1	Lectures initiales	4
2.3.2	Équations relatives à la pression (avec MB-6T(L)).....	5
2.4	Lecture de données pour capteurs à fibre optique	6
2.4.1	Préparation pour lectures initiales.....	6
2.4.2	Équations relatives à la pression	7
3	INSTALLATION.....	8
3.1	Choix des sites.....	8
3.2	Installation dans le sol	8
3.3	Installation sur des structures.....	10
3.4	Installation à l'interface du ciment (ou ciment projeté) et la roche.....	10
3.5	Installation dans des masses de ciment	11
3.6	Mise en place, essai et remblayage du câble (tubulure).....	12
3.6.1	Enfouissement des câbles (tubulures)	12
3.6.2	Jonction des câbles.....	13
4	DIVERS.....	14
4.1	Table de conversion (Température ~ Résistance).....	14
4.2	Diagramme schématique des cellules de pression	16
4.3	Enfouissement des TPC/EPC.....	17
4.4	Courbe de repressurisation	18

1 PRODUIT

1.1 INTRODUCTION

Les cellules de pression totale TPC / EPC sont conçues pour mesurer directement la contrainte totale agissant dans les remblais, les talus et le béton. Elles sont aussi utilisées pour mesurer les pressions de contact sur les revêtements de tunnels, sur les fondations et les murs de soutènement, les aqueducs et autres structures enfouies.

Les cellules de pression totale sont des cellules hydrauliques comprenant un coussin de répartition rempli d'huile et relié à un capteur de pression.

Ces cellules sont disponibles en deux modèles :

- Le **modèle TPC**, avec un coussin de pression à fine pellicule d'huile pour enfouissement dans le sol, le béton ou à l'interface béton-sol. La rigidité mécanique des TPC est élevée. Cette rigidité est due à la très petite quantité d'huile utilisée dans la cellule. La petite quantité de liquide dans le coussin minimise la susceptibilité de la cellule aux effets de la température.

Le coussin est flexible grâce à sa gorge périphérique. Ainsi la pression d'huile est directement égale à la pression de contact du sol sur le coussin. Cette gorge (ou rainure) a aussi l'avantage d'entourer le coussin d'un anneau rigide qui réduit sa sensibilité aux contraintes dans les directions autres que normales à la face de la cellule.

- Le **modèle EPC**, pour enfouissement dans des sols ou des remblais de mine. Dans cette cellule la couche de liquide est beaucoup plus épaisse. Ceci la rend moins rigide et convenable pour les installations dans des sols moins denses et les remblais de mine. Le volume plus grand de liquide requiert que la cellule soit installée dans un environnement thermique relativement stable en faisant spécialement attention à l'uniformité du lit sur lequel la cellule est déposée.

Les TPC et EPC sont équipées d'un capteur de pression à corde vibrante, à fibre optique, pneumatique ou électrique 4-20 mA.

Le modèle TPC est également disponible sous forme rectangulaire pour la mesure de contraintes dans le ciment projeté pour les revêtements de tunnels.

Le modèle EPC peut également être équipé d'un manomètre de pression à bourdon relié au coussin de pression par une tubulure permettant la lecture à distance.

Pour son usage, la cellule est enfouie et orientée avec son plan perpendiculaire à la direction prévue des contraintes principales. Un groupe de cellules peut être installé pour permettre la mesure de l'amplitude et l'orientation des contraintes principales ou pour mesurer les contraintes dans différentes directions. Là où les pressions agissant sur les fondations, les murs de soutènement, etc. doivent être mesurées, les cellules sont généralement positionnées directement entre la structure et le remblai.

1.2 DÉTAILS DE CONSTRUCTION

Les TPC sont constituées de deux disques ou plaques rectangulaires en acier soudé à leur périphérie et ensuite évidés des deux côtés pour fournir un coussin central flexible. Les deux faces de la cellule sont actives. Un tube à paroi épaisse est soudé à la cellule de pression et communique avec un capteur de pression. À la fabrication, la cellule est mise sous vide, puis une huile désaérée y est injectée sous pression séparant ainsi les deux plaques d'une mince pellicule.

L'huile remplit aussi le tube d'acier et la cavité dans le capteur de pression.

Les variations de pression du liquide provenant des changements des charges agissant sur le coussin de la cellule sont détectées par le capteur de pression.

Les TPC, équipés de capteurs à corde vibrante, sont munis de câbles étanches pour permettre une lecture à distance des changements de pression.

Les cellules sont contrôlées manuellement ou automatiquement en utilisant le poste MB-6T ou le système d'acquisition de mesures SENSLOG.

Les cellules de pression avec capteur pneumatique comprennent un mince diaphragme flexible sur lequel est appliqué la pression du liquide. Pendant la lecture cette pression est contre-balançée par une pression de gaz d'azote venant de l'extérieur. Les lectures se font lorsque la pression de liquide est égale à la pression de gaz. Le changement de volume dû à la pressuration du diaphragme est extrêmement petit, donc le temps de réponse sera très petit. Ce type de capteur est contrôlé manuellement avec un poste PR-20.

Les cellules de pression du sol hydrauliques EPC consistent en deux plaques minces flexibles d'acier inoxydable avec les rebords courbés qui sont soudées ensemble à la périphérie. Tout comme la cellule TPC, les deux côtés de la cellule sont actifs et le coussin de pression communique avec le capteur de pression par un tube d'acier inoxydable. Par ailleurs, le coussin de pression EPC peut être relié à un manomètre à bourdon avec un tube en plastique flexible ou en métal. Cette version du EPC est largement utilisée dans l'industrie minière pour mesurer la pression totale dans les remblais.

Tout autre détail de construction des EPC est le même que pour le modèle TPC.

1.3 SPÉCIFICATIONS

GÉNÉRAL				
Modèle:	TPC		EPC	
Étendue de mesure avec capteur à corde vibrante en kPa :	200, 350, 500, 750, 1000, 1500, 2000, 3000, 5000, 7000, 10 000, 20 000		200, 350, 500, 750, 1000, 1500, 2000	
Construction :	Coussin à parois semi-rigides et gorge périphérique d'assouplissement		Coussin à parois faiblement rigides	
Applications :	<ul style="list-style-type: none"> - Sols et remblais - Contraintes dans le béton - Pression de contact à la surface d'ouvrages 		<ul style="list-style-type: none"> - Sols et remblais 	
Surcharge admissible :	1,5 x E.M.		1,5 x E.M.	
Matériau :	Acier inoxydable		Acier inoxydable	
CAPTEURS DE PRESSION				
Modèle:	TPC et EPC			
Type de capteur :	À corde vibrante	Pneumatique	Électrique	Fiber optique
Précision ² :	± 0.5% de EM (0.1% en option)	± 0.25% de EM	± 0.5% de EM	± 0.1% de EM (0.05% en option)
Résolution :	0.01 µsec (MB-6T(L)) 0.1 U.L. (MB-6T(L))	Selon le capteur	0.01% de EM	0.01% de EM
Étendue de mesure (kPa):	0 - 20 000	0 - 3 500	0 - 20 000	0 - 20 000
Protection de surtension électrique :	Intégrée	-	Intégrée	-
Poste de lecture portable :	MB-6T(L) / PFC-10	PR-20/20D	Poste 4-20 mA	FTI-10, UMI-4/8 DMI-32
Système d'acquisition de données :	SENSLOG	SENSLOG	SENSLOG	SENSLOG
Thermistance 3 kΩ (2 kΩ en option)	Intégrée	-	Optionnelle	-
DIMENSIONS				
Modèle :	TPC		EPC	
Épaisseur :	0.63 cm		0.99 cm	
Cellule circulaire :	Diamètre : 23 cm		Diamètre : 23 cm	
Cellule rectangulaire :	10 x 20 cm		-	
	15 x 25 cm		-	
	20 x 30 cm		-	
Câble électrique :	<ul style="list-style-type: none"> - IRC-41A: 2 paires torsadées blindées, 22 AWG, gaine ext. en PVC, 6.4 mm Ø ext. - IRC-41AP: Identique au IRC-41A sauf gaine ext. en polyéthylène - CP-455-SS: 2 paires torsadées blindées, 20 AWG, noyau s/s centré, 11.5 mm Ø ext. - IRC-41AV : ventilé, 2 paires torsadées blindées, 22 AWG, gaine ext. en PVC, 2 tubes d'évent en nylon, 8.9 mm Ø ext. - IRC-390: 2 paires torsadées blindées, 22 AWG, protection en feuille d'aluminium, blindage d'acier inoxydable tressé, 10 mm Ø ext. 4.0 mm dia. ext., gaine en polyuréthane avec renfort en Kevlar ^{MC} (-55 °C à 85 °C)			

¹ : Autres dimensions disponibles sur demande.

² : Spécifications obtenues en conditions de la boratoires.

Tableau 1 : Spécifications

NOTE : CE MANUEL CONTIENT LES INSTRUCTIONS DE MESURES POUR LES TPC/EPC AVEC CAPTEUR À CORDE VIBRANTE. LES LECTURES SONT PRISES AVEC UN POSTE MB-6T. TOUTEFOIS, LES PROCÉDURES D'INSTALLATION SONT LES MÊMES POUR DES CELLULES À CAPTEUR HYDRAULIQUE, PNEUMATIQUE, ÉLECTRIQUE 4-20 mA OU À FIBRE OPTIQUE.

2 LECTURE ET ANALYSE DE DONNÉES

2.1 ESSAIS PRÉLIMINAIRES

Sur réception de la cellule, la lecture initiale (sans contrainte) devrait être prise et le fonctionnement de la cellule devrait être vérifié. Si l'on presse sur le coussin de la cellule, on notera un changement dans la lecture de la pression. Si les essais préliminaires ne sont pas satisfaisants, contactez le fabricant.

2.2 TPC/EPC PNEUMATIQUE

Les lectures sont effectuées avec le poste de lecture pneumatique modèle PR-20 ou l'équivalent. Les instructions de fonctionnement et de raccordement du poste sont comprises dans le manuel d'opération du fabricant.

Le raccordement du capteur de pression pneumatique à la tubulure reliant la cellule au poste de lecture doit être exécuté en respectant les indications suivantes:

- Raccorder la tubulure d'arrivée d'air au connecteur marqué "I" (input) du capteur de pression.
- Raccorder la tubulure de sortie d'air au connecteur marqué "O" (output) du capteur de pression.
- Serrer les raccords modérément et vérifier ensuite leur étanchéité avant de procéder à l'installation de la cellule.

ATTENTION: NE PAS DÉVISSER OU RETIRER LES 2 CONNECTEURS INSTALLÉS SUR LE CAPTEUR DE PRESSION PNEUMATIQUE DE CHAQUE CELLULE.

2.3 LECTURES DES TPC/EPC AVEC CAPTEURS À CORDE VIBRANTE

Tous les capteurs sont calibrés individuellement et livrés avec leurs propres facteurs de calibration.

2.3.1 LECTURES INITIALES

Les lectures initiales à pression atmosphérique et à température ambiante sont obtenues sur le site. Les modèles à basse pression sont très sensibles. La pression barométrique doit être enregistrée pour compenser le zéro, si nécessaire ou les lectures subséquentes pour des variations de pression barométrique. Pour prendre une lecture, suivre les instructions fournies avec le MB-6T(L).

2.3.2 ÉQUATIONS RELATIVES À LA PRESSION (AVEC MB-6T(L))

a) Lectures en unité linéaire (UL) et en fréquence

Les lectures linéaires ou en fréquence sont converties en pression à l'aide des équations ci-dessous. Ces lectures doivent être obtenues avec une constante de jauge égale à 1.0156 (ce qui s'effectue automatiquement si le sélecteur de type jauge des postes de lecture MB-6T(L) est à la position **numéro 4**).

Les TPC/EPC indiquent des mesures de pression absolue qui doivent être corrigées en fonction des variations de la pression atmosphérique. Les cellules sont fournies avec un coefficient de correction thermique qui sert à corriger les lectures de pression dans les cas de variations thermiques importantes.

Sur le MB-6T(L), la température doit être lue à la position adéquate:

<u>Type de thermistance</u>	<u>Position</u>
2 kΩ	A
3 kΩ (standard)	B
10 kΩ	C

Pour mesurer l'effet des variations de la température et de la pression atmosphérique, utiliser les équations suivantes :

Linéaire

$$\Delta P = CF (L_1 - L_0) - CT (T_1 - T_0) - (B_1 - B_0) \quad (1)$$

$$= CK (F_1^2 - F_0^2) - CT (T_1 - T_0) - (B_1 - B_0) \quad (2)$$

Polynomiale

$$\Delta P = C1 (L_1 - L_0) + C2 (L_1 - L_0)^2 - CT (T_1 - T_0) - (B_1 - B_0) \quad (3)$$

$$= K1 (F_1^2 - F_0^2) + K2 (F_1^2 - F_0^2)^2 - CT (T_1 - T_0) - (B_1 - B_0) \quad (4)$$

où :

- ΔP = Changement de pression en kPa
- CF, C1, C2 = Facteur de calibrage en kPa / U.L. (de la feuille d'étalonnage)
- L_0, L_1 = Lectures initiale (à l'installation) et courante en U.L.
- CT = Facteur de correction de température en kPa/°C (de la feuille d'étalonnage)
- T_0, T_1 = Lectures de température initiale et courante (°C)
- B_0, B_1 = Lectures de pression barométrique initiale et courante en kPa
- CK, K1, K2 = Facteur de calibrage en kPa / Hz²
- F_0, F_1 = Lectures de fréquence initiale et courante en Hz

Exemple:

CF	=	- 0.351114 kPa/unité linéaire
L ₀	=	3500 unités linéaires
L ₁	=	2500 unités linéaires
CT	=	0.978781 kPa/°C
T ₀	=	10°C
T ₁	=	4.4°C
B ₀	=	105.64 kPa
B ₁	=	99.57 kPa
ΔP	=	- 0.351114 (2500 - 3500) - 0.978781 (4.4 - 10) - (99.57 - 105.64)
	=	362.67 kPa.

b) Lectures de fréquence (F)

Pour convertir les lectures de fréquence en unités linéaires, utiliser l'équation suivante:

$$L = K \left(\frac{F^2}{1000} \right) \quad (5)$$

où L = Lecture en mode «LINEAR» en unités linéaires

K = Constante de jauge pour les cellules = 1.0156

F = Lecture en mode fréquence en Hz

2.4 LECTURE DE DONNEES POUR CAPTEURS A FIBRE OPTIQUE**2.4.1 PREPARATION POUR LECTURES INITIALES**

Les capteurs doivent être lus dès la réception pour s'assurer qu'ils n'aient pas été endommagés durant la livraison. Tous les capteurs sont étalonnés avant la livraison. Un facteur jauge individuel (de 7 chiffres) et un zéro de jauge obtenus 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 un des canaux du poste et le facteur jauge approprié doit y 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 être soumis à aucune pression et doit être stabilisé en température. **La 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. Enregistrer le facteur jauge dans la mémoire du poste .
2. Connecter chaque capteur à un des canaux du poste.
3. Attribuer le facteur jauge approprié au canal correspondant.
4. Effectuer la mise à zéro et **noter la valeur du zéro** 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.

2.4.2 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.

$$P_{\text{corr}} = P_{\text{lue}} - CT (T_1 - T_0) - (B_1 - B_0) \quad (6)$$

- où:
- P_{corr} = pression corrigée en bars
 - P_{lue} = pression lue en bars
 - CT = facteur de correction de température en bar/°C
 - T_0, T_1 = Lectures de température initiale (à l'installation) et courante en °C
 - B_0, B_1 = Lectures de pression barométrique initiale et courante en bars

Exemple:

$$\begin{aligned}
 P_{\text{lue}} &= 4,500 \text{ bars} \\
 CT &= 0,00143 \text{ bar/}^\circ\text{C} \\
 T_0 &= 20^\circ\text{C} \\
 T_1 &= 25^\circ\text{C} \\
 B_0 &= 1,013 \text{ bars} \\
 B_1 &= 1,002 \text{ bars} \\
 P_{\text{corr}} &= 4,500 - 0,00143 (25 - 20) - (1,002 - 1,013) \\
 &= 4,504 \text{ bars}
 \end{aligned}$$

3 INSTALLATION

Les cellules TPC/EPC sont expédiées complètes sur un appui rigide de protection. Il est recommandé de conserver les cellules sur cet appui jusqu'à son utilisation sur le site, afin de prévenir la déformation des tubes de connexion entre le coussin et les capteurs, l'habitacle des capteurs et le tube de repressurisation (optionnel).

3.1 CHOIX DES SITES

Les cellules sont généralement installées individuellement. Elles peuvent être installées par paires ou en groupe pour mesurer la pression dans différentes directions au même endroit. Les cellules adjacentes devraient être séparées d'une distance d'au moins 4 diamètres ou longueurs de cellule pour pouvoir prévenir la présence d'une cellule affectant les lectures sur une cellule adjacente.

La position d'une ou des cellules est déterminée selon les objectifs spécifiques des mesures. Par contre, chaque cellule devrait être positionnée dans un sol non troublé (suite à un dynamitage par exemple) et qui est constitué des matériaux typiques environnants.

La cellule doit être en contact uniforme et complet avec le matériel environnant. Le sol ou les roches adjacents à la cellule ne devraient pas avoir de protubérance ou de matériaux non représentatifs qui résulterait en irrégularités de contrainte sur le coussin.

Les cellules ne devraient pas être positionnées là où elles seront exposées à des variations de température considérables, par exemple, par les rayons directs du soleil ou des vents froids sur des surfaces exposées. Dans les cas où de grandes variations de température sont prévues, l'isolation thermique peut alors être nécessaire.

3.2 INSTALLATION DANS LE SOL

Les facteurs les plus importants à considérer lors de l'installation des cellules de pression dans le sol ou remblai sont :

- a) Assurer le contact intime entre la cellule et le matériel d'enfouissement en prenant soin que ce dernier soit compacté uniformément à la même densité que le sol environnant ou le remblai.
- b) Éviter les pointes de charge ou les charges localisées sur la cellule par de gros agrégats ou cailloux. (Il est normalement recommandé que les agrégats les plus gros en contact avec la cellule de pression du sol soient plus petits que 1/50 du diamètre ou de la longueur de la cellule).
- c) Éviter, autant que possible, de déranger la distribution naturelle du sol environnant ou du remblai.

Pour assurer une charge représentative uniforme sur le coussin de pression de la cellule, ***la cellule et son capteur devront être installés dans une enveloppe de matériaux environnants exempts de roches avec la même humidité et compactée à la main à la même densité que le sol environnant.***

La largeur de chaque enveloppe individuelle devrait être au moins 3 fois le diamètre (ou la largeur dans le cas de cellule rectangulaire) du coussin de pression de la cellule avec aucune enveloppe plus petite que 10 fois le diamètre de la roche la plus large dans le matériel d'enfouissement. L'enveloppe devrait être assez longue pour contenir le capteur de pression et le tube de pression pour éviter tout mouvement différentiel à l'endroit où la cellule est enfouie.

L'épaisseur totale des enveloppes d'enfouissement devrait être de 1/2 à 1/3 de la longueur des enveloppes selon la grosseur des particules, la pente et le degré de compaction.

Pour prévenir les dommages, les enveloppes et les cellules sont installées dans une excavation faite pour les accommoder, soit sur un monticule ou une cavité excavée à la base de l'excavation.

Une excavation typique pour accommoder un groupe de trois cellules est montrée à la Figure 2. Dans cet exemple, chaque cellule est localisée dans une cavité à l'intérieur de l'excavation. Les cavités où reposent les cellules devraient être excavées avec le plus grand soin pour éviter de déranger le sol environnant. Les cavités devraient être distantes de un mètre les unes des autres ou des parois de l'excavation.

La largeur de la cavité devrait être égale à au moins 3 fois le diamètre ou la largeur dans le cas de cellule rectangulaire, du coussin de pression pour éviter les effets d'arche. La longueur de la cavité (axe du capteur de pression) devrait être 6 fois le diamètre du coussin pour fournir un espacement à chaque extrémité de la cellule de pression de 1 fois le diamètre (Voir Figure 2). Le lit des cellules et le matériel en dessous devraient être soigneusement compactés à la même densité que le remblai environnant. Toutes roches devraient être enlevées et remplacées avec du matériel de remblai compacté sans roche. Il est important que le lit des cellules soit composé de matériaux uniformément compactés.

La cellule est alors mise en place en prenant soin qu'elle soit complètement en contact avec les matériaux du dessous et en vérifiant qu'elle fonctionne correctement.

Si cela est requis, la position et l'orientation de la cellule peuvent être maintenues durant l'installation au moyen d'un patron de contreplaque. Ce patron est enlevé après que le sable entourant la cellule aura été placé et soigneusement compacté à la main.

Dans les endroits contenant des matériaux grossiers considérables, l'enveloppe devrait être entourée d'une couche de transition de matériaux grossiers de plus en plus gros de façon à obtenir une progression vers l'extérieur jusqu'à la grosseur maximum des matériaux environnants.

Les groupes de cellules de pression pour le sol, placés selon les méthodes suggérées ci-dessus, peuvent être installés dans des tranchées, sous le niveau des batardeaux ou dans des monticules au-dessus du niveau des batardeaux. Dans les barrages, par exemple, il est pratique d'installer les cellules dans les zones imperméables du noyau, dans les zones de filtration et dans les zones de remblai de roches compactées. Dans les remblais de terre, il est préférable de les installer en tranchées. On peut ainsi obtenir un degré de compaction adéquat du remblai sans endommager les groupes de cellules ou la tubulure.

Les détails d'installation de la tubulure sont soulignés ci-dessous. Une attention particulière doit être apportée pour protéger la tubulure des dommages par les équipements vibratoires lourds. En général, tous les matériaux mis dans l'enveloppe qui contient la ou les cellules devront être placés à la main et compactés avec un bourreur de remblai pneumatique ou à essence. La première couche de matériaux transitoires sur l'enveloppe devrait être placée en couche de 10 cm et compactée de façon similaire jusqu'à ce qu'il y ait au moins 45 cm de matériel. À ce moment, les équipements sur roue peuvent traverser l'emplacement des cellules, mais aucun équipement à rouleau vibratoire lourd ne devrait être autorisé à traverser avant que les cellules ne soient protégées par une épaisseur compactée d'au moins 3 mètres de remblai.

Au fur et à mesure que les cellules sont remblayées, des lectures répétées devraient être prises pour s'assurer du bon fonctionnement des cellules.

3.3 INSTALLATION SUR DES STRUCTURES

Dans les remblais pour les quais, pilots, murs de soutènement, aqueducs et autres structures où la mesure de la charge est désirée, les cellules sont attachées aux formes et placées dans la structure avant le bétonnage. Elles sont fixées à la structure après le bétonnage, mais avant le remblayage ou enfouies dans le remblai à une courte distance de la structure. Pour les trois méthodes, le contact entre la cellule et le remblai devrait être effectué au moyen d'une enveloppe de matériel sélectionné sans caillou, préférablement le même matériel que celui du remblai environnant comme décrit auparavant.

Dans la première méthode, où la cellule est installée dans l'armature avant le bétonnage, il est nécessaire de s'assurer que la cellule est adéquatement maintenue en place contre l'armature durant l'opération de bétonnage. La tubulure devrait être maintenue à l'armature ou aux barres de renforcement à des intervalles n'excédant pas 0.5 mètre. Les vibrateurs à béton ne devraient pas être autorisés à entrer en contact avec les cellules ou les tubulures.

On peut attacher la cellule à une structure existante avant le remblayage en utilisant du mortier de ciment.

Un coussin de mortier de ciment (par exemple 1:2 ciment: sable, vitesse d'écoulement de 4 secondes) est étalé sur la surface de la structure et la cellule est placée contre le coussin en l'enfonçant jusqu'à ce qu'il ne reste que 5 à 10 mm d'épais sous la cellule. L'emprisonnement de bulles d'air doit être évité. La cellule est maintenue de façon à ce que la cellule reste en place durant l'opération de remblayage.

La tubulure est acheminée le long du mur de la structure ou de l'excavation jusqu'à l'unité terminale, est étiquetée et fixée solidement.

Dans certaines applications, à cause des configurations de structures individuelles, il peut être désirable de ne pas placer la cellule directement en contact avec la surface de la structure. La cellule est enfouie dans une enveloppe de matériel de remblai exempt de cailloux avec les dimensions, la densité et l'humidité comme décrits pour les cellules enfouies dans le sol. Dans de tels cas, un minimum de 5 cm de matériel fin sélectionné peut être placé entre la cellule et la surface de la structure. Si l'orientation de la cellule n'est pas parallèle à la surface, l'espacement minimum entre la cellule et la structure devrait être aussi d'au moins 5 cm.

3.4 INSTALLATION À L'INTERFACE DU CIMENT (OU CIMENT PROJETÉ) ET LA ROCHE

La surface de roche ou de ciment sur laquelle la cellule sera placée devrait être plane à ± 10 mm. Les matériaux détachés devraient être enlevés. La surface devrait être recouverte avec une couche de mortier de ciment de 15 mm d'épais. La cellule devrait être exempte de graisse et de toute peinture d'aluminium et trempée dans le mortier de ciment.

Un coussin de mortier de ciment (par exemple 1:2 ciment: sable, vitesse d'écoulement de 4 secondes) est étalé sur la roche ou la surface de ciment et la cellule est placée contre le coussin en l'enfonçant jusqu'à ce qu'il ne reste que 5 à 10 mm d'épais sous la cellule. L'emprisonnement de bulles d'air doit être évité. La cellule est maintenue en place en l'attachant à des barres dans la roche ou le ciment ou à des pièces de renforcement proches.

La cellule est alors enrobée d'une couche de mortier de ciment de 10 à 25 mm d'épais qui doit être complètement séché avant de commencer à appliquer le ciment projeté. Pour éviter le décalage entre la cellule et le ciment dû à l'expansion différentielle du ciment et de la cellule, il est nécessaire de maintenir la température du mortier le plus bas que possible durant le séchage. Ceci peut être accompli en gardant le mortier couvert d'un canevas mouillé durant le séchage initial.

La tubulure est acheminée le long du mur de la structure ou de l'excavation jusqu'à l'unité terminale. La tubulure est ensuite étiquetée et est fixée solidement à l'armature dans la roche ou le ciment. Si la tubulure doit être enfouie dans le ciment ou le ciment projeté, elle doit être maintenue à des intervalles n'excédant pas 3 m sur sa longueur. Les plissements et les étranglements de la tubulure doivent être évités. Les tubulures qui ne sont pas protégées contre l'enfouissement dans le ciment doivent être protégées d'une autre façon, dans des conduits d'acier par exemple.

Le bon fonctionnement de chaque cellule doit être vérifié et toute fuite doit être réparée avant la mise en place du ciment ou du ciment projeté.

3.5 INSTALLATION DANS DES MASSES DE CIMENT

La cellule est fixée aux renforts ou à la structure. L'emprisonnement de bulles d'air doit être évité.

L'alignement des cellules devrait être entre $\pm 10\%$ de ce qui est spécifié. Les cellules doivent être fixées solidement pour conserver l'alignement durant le versement du ciment.

Étant donné que la cellule possède un coefficient thermique plus élevé que celui du ciment, celle-ci prendra de l'expansion durant le séchage du ciment, et lorsque le ciment refroidira, la cellule ne sera plus en contact avec le ciment.

Pour venir à bout de ce problème, il est nécessaire d'utiliser une ou plusieurs combinaisons des méthodes suivantes :

1. Couler la cellule dans une brique de ciment en utilisant le même ciment que celui de la masse après avoir enlevé tous les agrégats plus gros que 30 mm. Les briques ne devraient pas être coulées à plus de 48 heures à l'avance du bétonnage de la masse.

La briquette devrait être au moins 2 diamètres ou longueurs de la cellule de large par un demi-diamètre ou longueur d'épais et assez longue pour inclure le capteur de pression.

2. Envelopper la cellule in situ en suivant la méthode décrite dans la section 3.4.
3. Utiliser la cellule de pression munie d'un tube de repressurisation (en option). L'huile est refoulée dans la cellule en plissant le tube de repressurisation et en notant le changement de pression par rapport à la longueur de tube plissé. Avant que le contact complet entre le ciment et la cellule de pression soit accompli, l'accroissement de pression dans la cellule par centimètre de tube plissé devrait être petit. La pression augmentera rapidement une fois le contact établi. La pression interne initiale de la cellule est environ 69 - 97 kPa. Normalement, une augmentation de 20 à 69 kPa au-dessus de la pression interne initiale devrait être requise pour obtenir un contact complet. Voir la Figure 3 pour un dessin typique de centimètres plissés versus la pression interne du coussin.

Ne pas écraser en dedans de 7.5 cm du bouchon pour assurer de ne pas tordre les bagues internes lorsque l'on écrase le tube de repressurisation. Une paire de pinces solides avec des mâchoires lisses fait un bon outil d'écrasement. On doit prendre soin de ne pas couper le tube en le plissant. Surveiller l'augmentation de pression constamment et éviter la surpressurisation.

Le tube de repressurisation peut être plié pour lui permettre d'être acheminé à travers l'armature, et vers un endroit accessible. Par contre, le tube exposé devra être protégé des équipements et du trafic du personnel, car il est toujours une partie intégrale du système de détection. On doit prendre soin de ne pas fermer le diamètre intérieur du tube en le pliant.

Tout autre aspect de l'installation dans une masse de béton devrait suivre les spécifications de la section 3.4.

3.6 MISE EN PLACE, ESSAI ET REMBLAYAGE DU CÂBLE (TUBULURE)

La procédure de mise en place du câble varie selon les cas particuliers. Les exigences suivantes doivent être respectées:

- 1) Le câble doit être protégé des dommages causés par des particules angulaires du matériel dans lequel il est enfoui.
- 2) Il doit être protégé des dommages causés par l'équipement de compaction.
- 3) Dans les remblais de terre et de roche, il doit être protégé des étirements résultant de la compaction différentielle du remblai.
- 4) Dans les structures de ciment, il doit être protégé des dommages durant la mise en place et la vibration du béton.

Le câble doit être marqué de façon permanente avec le numéro de série de l'instrument (en utilisant des étiquettes de métal) à intervalles réguliers sur toute sa longueur.

3.6.1 ENFOUISSEMENT DES CÂBLES (TUBULURES)

Dans les remblais, les câbles peuvent être enfouis dans un recouvrement protecteur de sable ou de matériel de remblai fin sélectionné. Une installation typique comprend le positionnement d'une série de câbles sur un lit préparé comprenant au moins 20 cm de matériaux fins sélectionnés et compactés. La couche préparée peut être localisée dans une tranchée ou sur une rampe exposée. Dans les barrages en remblai de roche avec un cœur en terre, il est fréquemment commode d'installer les câbles dans des tranchées, dans le cœur des zones de filtres fins, dans des rampes des zones de filtres grossiers et dans les zones de recouvrement de roches compactées. Les câbles ne devraient pas être espacés de moins de 1.25 cm et aucun ne devrait être à moins de 15 cm du bord de la couche préparée. Dans les cas où les câbles doivent être disposés d'une certaine façon, ils devraient être séparés les uns des autres par un espace vertical d'au moins 15 cm de matériaux de remblai fins sélectionnés. Placer le câble avec des méandres en "S" pour accroître sa capacité d'élongation. Aux zones de transitions, les méandres en "S" peuvent être mis dans des zones verticales de matériaux fins compactés à la main.

Durant le remblayage des tranchées dans les barrages de terre, un bouchon d'environ 60 cm de largeur, fait d'un mélange de 5% de bentonite (par volume) d'un fournisseur approuvé et ayant un facteur de gonflement libre de 60% et 95% de matériaux de remblai peut être placé dans des tranchées à intervalles d'au plus 7.5 mètres. Le bouchon de bentonite réduit la possibilité d'insertion d'eau dans le cœur du remblai le long des tranchées remblayées.

La mise en place des câbles des cellules installées sur ou à côté des structures implique des considérations semblables. Deux avantages de ce type d'installation devraient être notés. Premièrement, le câble peut être partiellement ou complètement enfoui dans la structure assurant ainsi une protection maximale. Deuxièmement, ils peuvent être installés dans des conduits de protection attachés sur la surface de la structure ou enfouis dans la structure.

La mise en place des câbles enfouis dans le ciment implique le positionnement et l'immobilisation de ceux-ci de façon à minimiser les dommages durant le coulage du ciment et sa vibration. Lorsque cela est possible, les câbles devraient être dans le plan de l'acier d'armature et attachés fermement à l'acier avec des broches.

3.6.2 JONCTION DES CÂBLES

Comme les signaux mesurés sont des fréquences, de petites variations dans la résistance du câble n'ont aucun effet sur les lectures de la cellule; donc, la jonction des câbles n'a pas d'effets néfastes. Si elles sont adéquates, les jonctions de câbles sont supérieures au câble lui-même, sur le plan de la résistance et des propriétés électriques. Le matériel de jonction, boîte et trousse, ainsi qu'un manuel d'instructions sont disponibles chez le fabricant.

4 DIVERS

4.1 TABLE DE CONVERSION (TEMPÉRATURE ~ RÉSISTANCE)

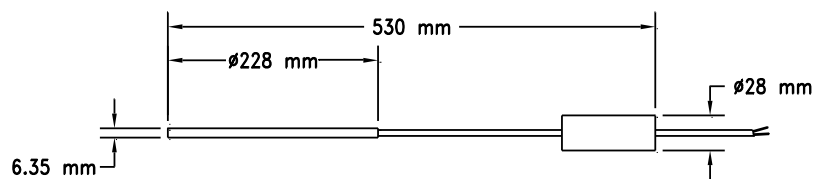
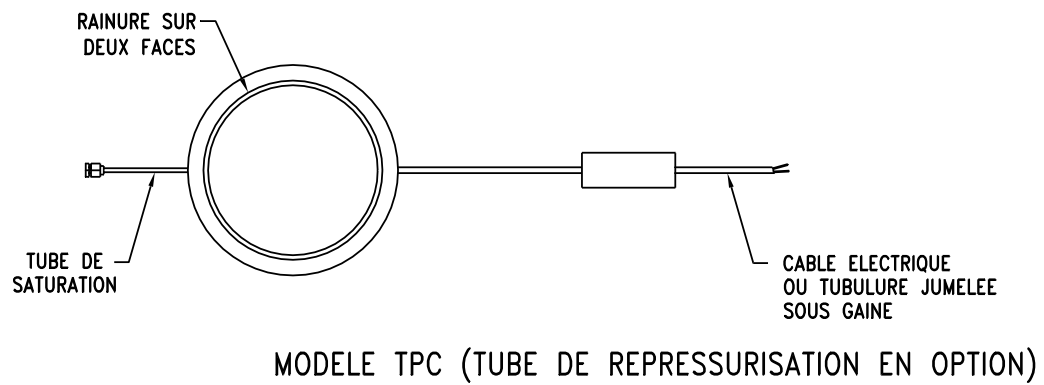
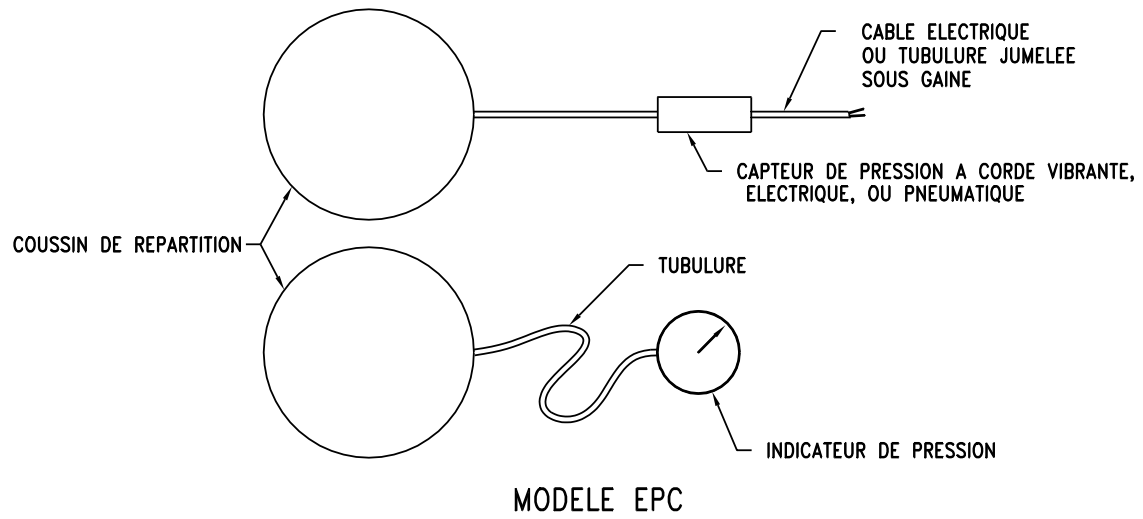
Temp. °C	Types de résistances			Temp. °C	Types de résistances		
	2K	3K	10K		2K	3K	10K
-50		201100	670500	1	6208	9310	31030
-49		187300	670500	2	5900	8851	29500
-48		174500	624300	3	5612	8417	28060
-47		162700	581700	4	5336	8006	26690
-46		151700	542200	5	5080	7618	25400
-45		141600	440800	6	4836	7252	24170
-44		132200	472000	7	4604	6905	23020
-43		123500	411700	8	4384	6576	21920
-42		115400	384800	9	4176	6265	20880
-41		107900	359800	10	3980	5971	19900
-40	67320	101000	336500	11	3794	5692	18970
-39	63000	94480	315000	12	3618	5427	18090
-38	59000	88460	294900	13	3452	5177	17260
-37	55280	82870	276200	14	3292	4939	16470
-36	51800	77660	258900	15	3142	4714	15710
-35	48560	72810	242700	16	3000	4500	15000
-34	45560	68300	227700	17	2864	4297	14330
-33	42760	64090	213600	18	2736	4105	13680
-32	40120	60170	200600	19	2614	3922	13070
-31	37680	56510	188400	20	2498	3748	12500
-30	35400	53100	177000	21	2388	3583	11940
-29	33280	49910	166400	22	2284	3426	11420
-28	31300	46940	156500	23	2184	3277	10920
-27	29440	44160	147200	24	2090	3135	10450
-26	27700	41560	138500	25	2000	3000	10000
-25	26080	39130	130500	26	1915	2872	9574
-24	24580	36860	122900	27	1833	2750	9165
-23	23160	34730	115800	28	1756	2633	8779
-22	21820	32740	109100	29	1682	2523	8410
-21	20580	30870	102900	30	1612	2417	8060
-20	19424	29130	97110	31	1544	2317	7722
-19	18332	27490	91650	32	1481	2221	7402
-18	17308	25950	86500	33	1420	2130	7100
-17	16344	24510	81710	34	1362	2042	6807
-16	15444	23160	77220	35	1306	1959	6532
-15	14596	21890	72960	36	1254	1880	6270
-14	13800	20700	69010	37	1203	1805	6017
-13	13052	19580	65280	38	1155	1733	5777
-12	12352	18520	61770	39	1109	1664	5546
-11	11692	17530	58440	40	1065	1598	5329
-10	11068	16600	55330	41	1024	1535	5116
-9	10484	15720	52440	42	984	1475	4916
-8	9932	14900	49690	43	945	1418	4725
-7	9416	14120	47070	44	909	1363	4543
-6	8928	13390	44630	45	874	1310	4369
-5	8468	12700	42340	46	840	1260	4202
-4	8032	12050	40170	47	808	1212	4042
-3	7624	11440	38130	48	778	1167	3889
-2	7240	10860	36190	49	748	1123	3743
-1	6876	10310	34370	50	720	1081	3603
0	6532	9796	32660	51	694	1040	3469

Tableau 2: Conversion température~résistance

Temp. °C	Types de résistances			Temp. °C	Types de résistances		
	2K	3K	10K		2K	3K	10K
52	668	1002	3340	102	128	192.2	640.3
53	643	965.0	3217	103	125	186.8	622.1
54	620	929.6	3099	104	121	181.5	604.4
55	597	895.8	2986	105	118	176.4	587.5
56	576	863.3	2878	106	114	171.4	571.0
57	555	832.2	2774	107	111	166.7	555.1
58	535	802.3	2675	108	108	162.0	540.0
59	516	773.7	2580	109	105	157.6	524.9
60	498	746.3	2488	110	102	153.2	510.7
61	480	719.9	2400	111	99	149.0	496.4
62	463	694.7	2316	112	97	145.0	483.1
63	447	670.4	2235	113	94	141.1	469.8
64	432	647.1	2157	114	91	137.2	457.4
65	416	624.7	2083	115	89	133.6	444.9
66	402	603.3	2011	116	87	130.0	433.4
67	388	582.6	1942	117	84	126.5	421.8
68	375	562.8	1876	118	82	123.2	410.7
69	363	543.7	1813	119	80	119.9	399.6
70	350	525.4	1752	120	78	116.8	389.4
71	339	507.8	1693	121	76	113.8	379.2
72	327	490.9	1636	122	74	110.8	369.4
73	316	474.7	1582	123	72	107.9	360.1
74	306	459.0	1530	124	70	105.2	350.8
75	296	444.0	1479	125	68	102.5	341.9
76	286	429.5	1431	126	67	99.9	333.0
77	277	415.6	1385	127	65	97.3	324.6
78	268	402.2	1340	128	63	94.9	316.6
79	260	389.3	1297	129	62	92.5	308.6
80	251	376.9	1255	130	60	90.2	301.1
81	243	364.9	1215	131	59	87.9	293.5
82	236	353.4	1177	132	57	85.7	286.0
83	228	342.2	1140	133	56	83.6	279.3
84	221	331.5	1104	134	54	81.6	272.2
85	214	321.2	1070	135	53	79.6	265.5
86	208	311.3	1036	136	52	77.6	259.3
87	201	301.7	1004	137	51	75.8	253.1
88	195	292.4	973.8	138	49	73.9	246.9
89	189	283.5	944.1	139	48	72.2	241.1
90	183	274.9	915.2	140	47	70.4	235.3
91	178	266.6	887.7	141	46	68.8	229.6
92	172	258.6	861.0	142	45	67.1	224.2
93	167	250.9	835.3	143	44	65.5	218.9
94	162	243.4	810.4	144	43	64.0	214.0
95	157	236.2	786.4	145	42	62.5	208.7
96	153	229.3	763.3	146	41	61.1	203.8
97	148	222.6	741.1	147	40	59.6	199.4
98	144	216.1	719.4	148	39	58.3	194.5
99	140	209.8	698.5	149	38	56.8	190.1
100	136	203.8	678.5	150	37	55.6	185.9
101	132	197.9	659.0				

Tableau 2: Conversion température~résistance (suite)

4.2 DIAGRAMME SCHÉMATIQUE DES CELLULES DE PRESSION



MODELE TPC

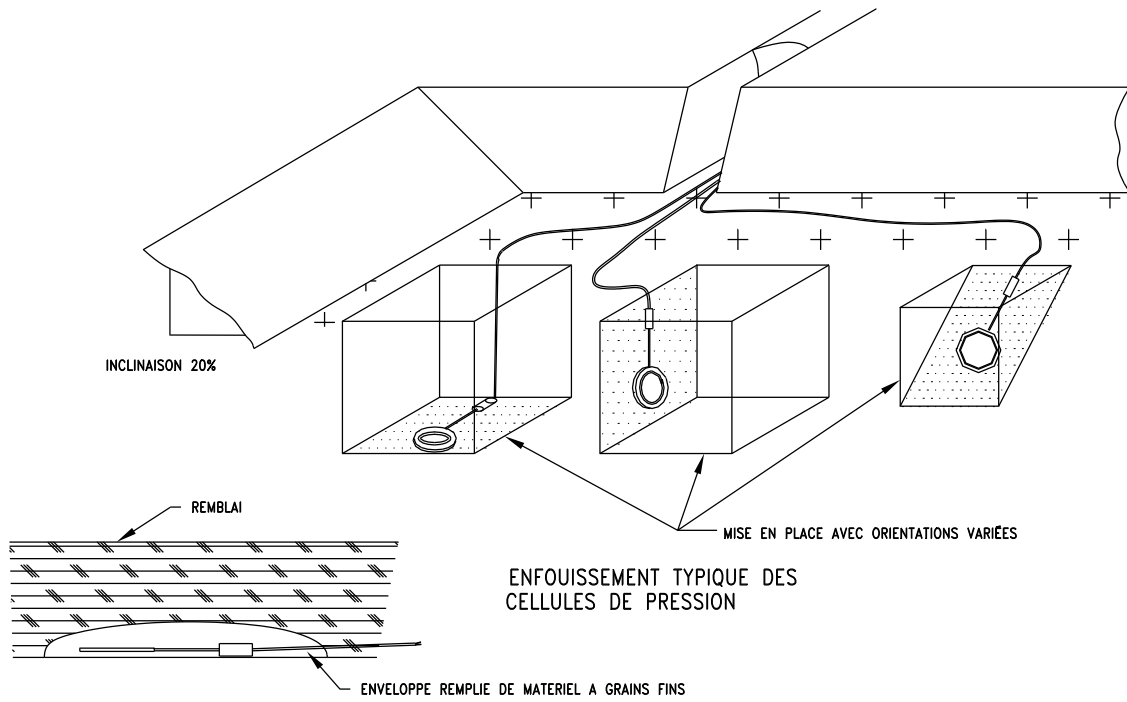
CELLULES DE PRESSION TOTALE

DESSIN SCHEMATIQUE

078-FMF-09

FIGURE 1: Schéma des EPC/TPC

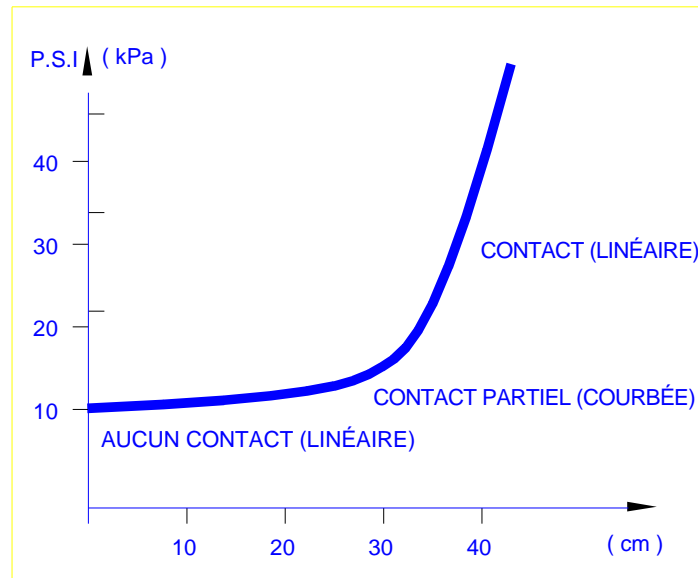
4.3 ENFOUISSEMENT DES TPC/EPC



078-FMF-10

FIGURE 2 : Enfouissement des TPC/EPC

4.4 COURBE DE REPRESSURISATION



COURBE TYPIQUE DE REPRESSURISATION

FIGURE 3