

# Pratique de Travail D'installation Souterraine Pour Systèmes De Conduits En Fibre De Verre



**Atkore**<sup>™</sup>  
FRE Composites

Ce guide a été rédigé en partant de l'hypothèse que la canalisation multitubulaire sera exposée à une circulation automobile considérable au cours de sa durée de vie. Plusieurs des techniques et des précautions discutées l'ont été dans cette optique. Dans les zones où l'ampleur et la fréquence du trafic sont réduites, plusieurs des recommandations formulées dans le présent guide deviennent inutiles ou sans importance. De ce fait, des variations considérables sont possibles par rapport aux techniques décrites ici sans aucun dommage ou risque grave sur les performances du conduit. De nombreuses techniques alternatives fonctionneront aussi bien dans des applications non exigeantes. L'objectif principal a été de présenter les vraies capacités du conduit d'enterrement direct FRE® dans des situations exigeantes où un enrobage en béton aurait été couramment utilisé.



# Table des Matières

Alternatives à l'enterrement.....	4-6
Canalisation Multitubulaire.....	7-10
Théorie Du Comportement De Conduite.....	11-15
Techniques D'Enterrement Direct.....	16-21
Annexe.....	22-38
Notes.....	39



### 1.1 Enrobage de béton

Diverses raisons peuvent dicter qu'une canalisation multitubulaire doit être enrobée de béton, comme l'illustre la figure 1.1. Souvent, il existe un code municipal rigide exigeant que les canalisations spécifiques soient enrobées de béton. Il peut exister une condition où la canalisation doit être enterrée dans une enveloppe en béton pour fournir la résistance nécessaire pour surmonter les charges futures. Dans d'autres situations, l'installation se trouve dans une zone soumise à des excavations répétées. Le béton est nécessaire pour fournir une protection contre un. Du béton est nécessaire pour protéger une excavation accidentelle. Dans de tels cas, le béton fournirait une protection contre une interruption de service et, dans le cas des câbles d'alimentation, aiderait à prévenir l'électrocution.

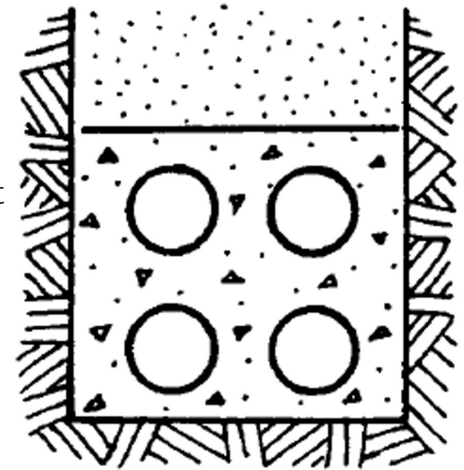


Figure 1.1  
Canalisation Multitubulaires enrobés de béton

### 1.2 Enterrement direct

Un enterrement direct est une technique par laquelle le conduit est placé sous terre sans enveloppe de béton, comme illustré à la figure 1.2. Cette technique de bancs de béton-encastés est avantageuse n'importe où, à condition qu'une profondeur suffisante soit disponible pour une installation appropriée et non soumis à l'excavation répétée. L'avantage de cette méthode est qu'elle élimine complètement le besoin de béton, économisant ainsi de l'argent et le temps nécessaire pour fabriquer des formes, transporter le sol excavé, etc.

Dans certains cas, le conduit d'enterrement direct peut en fait fournir une installation meilleure et plus sûre qu'avec un enrobage en béton. Les zones sujettes à beaucoup de soulèvement dû au gel ou à un tassement inégal peuvent provoquer le cisaillement de l'enveloppe de béton, transmettant ainsi des charges de cisaillement extrêmement élevées au conduit. Il finira par entraîner la défaillance du conduit et probablement des câbles qu'il contient, comme illustré à la figure 1.3. Un conduit sans retenue aurait légèrement changé de position sous ces forces et serait donc resté intact en raison de sa mobilité.

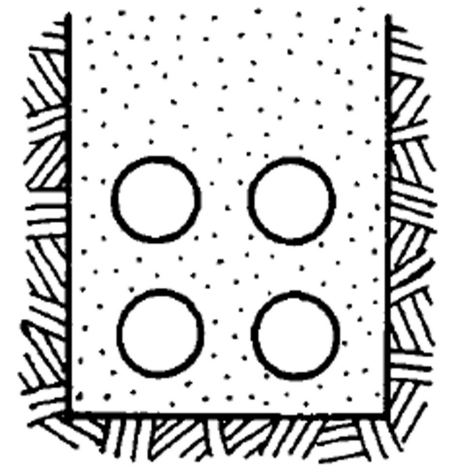


Figure 1.2  
Canalisation Multitubulaire d'Enterrement Direct

## Alternatives à l'enterrement

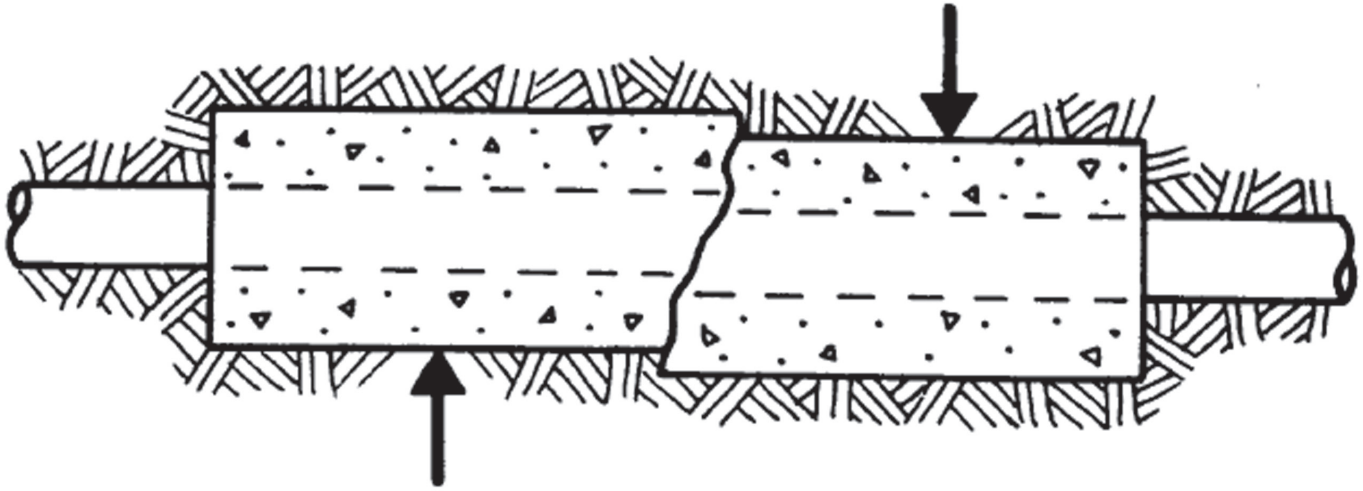


Figure 1.3  
Canalisation multitubulaire endommagé par des forces de cisaillement sur le béton

### 1.3 Enterrement direct avec dalles de couverture

Une troisième alternative pour l'installation de conduits est une technique d'enterrement direct utilisant des dalles de couverture en béton pour la protection. De cette façon, tous les avantages et les économies de l'enterrement direct sont réalisés, mais avec la protection supplémentaire offerte par la dalle de couverture en béton, comme le montre la figure 1.4.

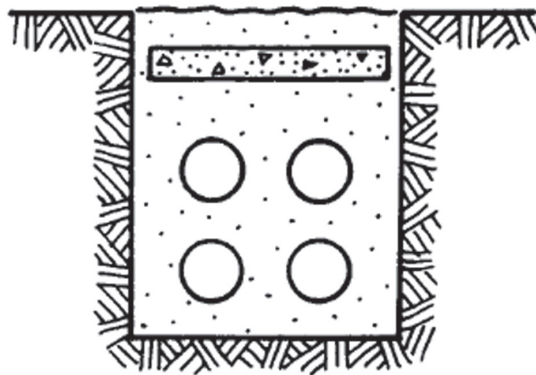


Figure 1.4  
Canalisation multitubulaire direct avec dalles de couverture

Ces couvertures en béton ont un double objectif. Tout en fournissant une protection contre les creusements, qui pourraient endommager le conduit, ils agissent également comme une plate-forme de distribution de charge. Lorsqu'une charge lourde passe sur la canalisation multitubulaire elle agit sur la dalle et est ensuite répartie sur une plus grande surface, réduisant ainsi la concentration sur le conduit comme le montre la figure 1.5. Ce processus de répartition de charge supplémentaire peut permettre des profondeurs d'enterrer plus faibles dans de nombreux cas.

Lors du parcours des conduits, il peut être nécessaire de traverser d'autres systèmes déjà enterrés dans la zone. Dans ces cas, il est recommandé d'inclure également une dalle inférieure sous le conduit pour isoler les deux systèmes, comme le montre la figure 1.6. Ceci est particulièrement nécessaire lors du passage sur des conduites de vapeur ou d'eau. La rupture d'une canalisation peut emporter une grande partie du sol et saper le conduit, ce qui peut entraîner l'effondrement de la canalisation multitubulaire sous l'effet d'une surcharge.

Les dalles de base en béton offrent une certaine protection contre ces événements en fournissant une base solide pour la canalisation multitubulaire.

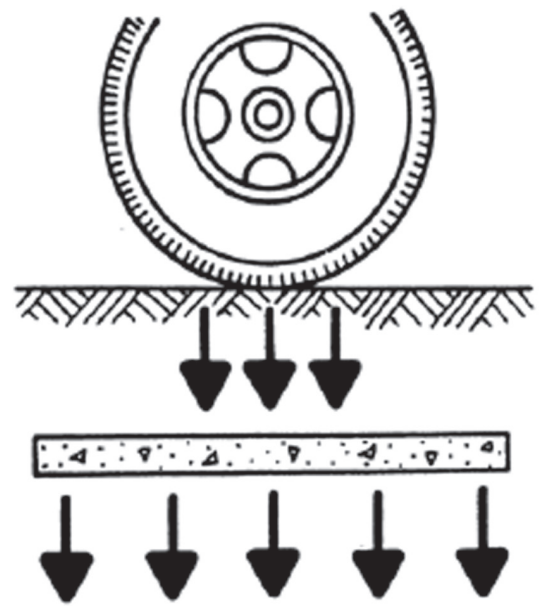


Figure 1.5  
Répartition de la charge avec dalles de couverture

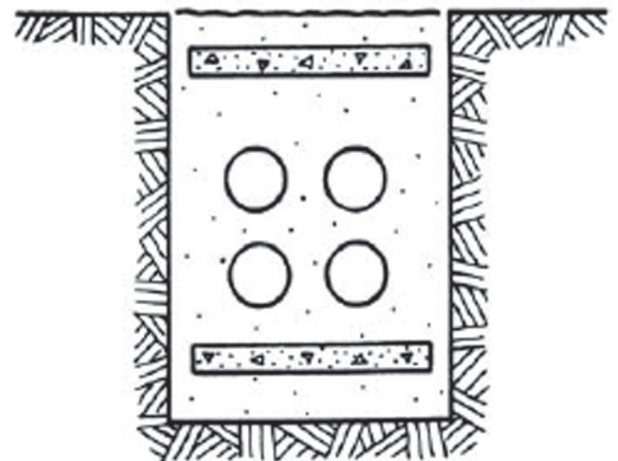


Figure 1.6  
Canalisation multitubulaire avec dalles de béton supérieures et inférieures

## Canalisation Multitubulaires

### 2.1 Enrobage de béton

La fonction principale d'un système de conduit est de fournir un support fiable pour les câbles électriques et de télécommunication. Avant de concevoir le système, le nombre et la taille des câbles à installer doivent être connus à la fois pour les exigences présentes et futures. La taille du conduit sélectionné sera basée sur la taille du plus grand câble qui sera installé, ou le plus grand groupe de câbles dans le cas où plusieurs câbles partagent un seul conduit. Dans le cas des câbles d'alimentation, le remplissage du conduit doit être soigneusement calculé pour assurer la conformité avec les réglementations locales et pour faciliter le tirage et le retrait des câbles, si nécessaire.

La configuration de la canalisation doit être soigneusement examinée, en particulier dans le cas où des câbles d'alimentation doivent être installés. Étant donné que les câbles alimentés sont chauffés par les pertes électriques dans les conducteurs, leur refroidissement naturel doit être pris en compte dans l'agencement de la canalisation multitubulaire. Comme le montre la figure 2.1 ci-dessous, certains emplacements de conduits intérieurs peuvent ne pas être souhaitables pour les câbles d'alimentation, car leur position ne leur permet pas de dissiper efficacement la chaleur. Dans ces situations, les emplacements des conduits centraux doivent être utilisés pour les câbles de commande, l'éclairage public ou peut-être laissés vides pour les besoins futurs.

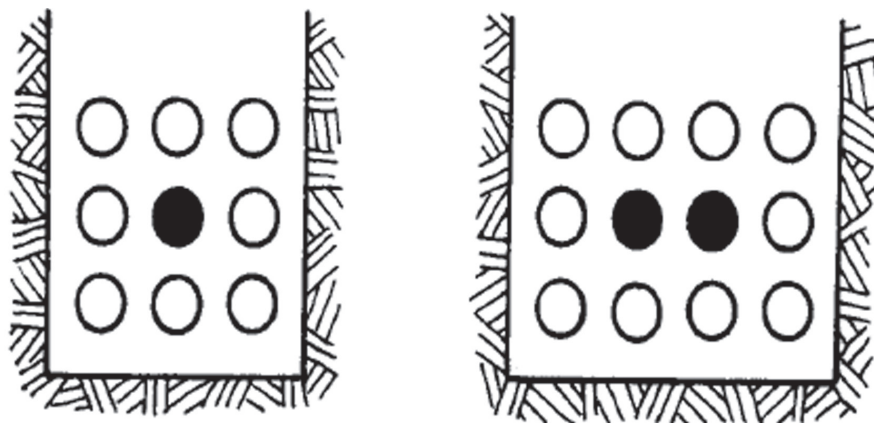


Figure 2.1  
Canalisations multitubulaire où les conduits centraux présentent une mauvaise dissipation thermique

Les tentatives d'utiliser ces conduits intérieurs pour transporter des câbles d'alimentation signifient généralement que tous les câbles doivent être ajustés et/ou que la transmission de puissance doit être réduite pour éviter la surchauffe. Dans de tels cas, ces facteurs annulent plus que tout avantage tiré de l'utilisation des conduits centraux et sont donc généralement laissés vides. Pour éviter un nombre excessif d'emplacements de conduites inutilisables ou des problèmes de dissipation thermique, un nombre maximal recommandé de conduites dans une seule conduite pour les câbles d'alimentation est généralement de neuf.

Le nombre de conduits sélectionnés pour un cycle dépendra du nombre requis pour le projet immédiat plus le nombre de pièces de rechange à fournir pour une utilisation future. Il est généralement calculé que le nombre de pièces de rechange augmente à mesure que le site de la rangée augmente, Une règle parfois utilisée consiste à fournir un conduit de rechange pour chaque conduit pour une utilisation immédiate.

De cette façon, il y a une disposition pour une augmentation de 100% du service à une date ultérieure. Lorsque le coût de l'installation d'un conduit de rechange est calculé, par rapport au coût de l'installation d'une nouvelle canalisation multitubulaire un ou deux ans plus tard, il est logique d'ajouter ces pièces de rechange dans l'installation initiale.

### **2.2 Acheminement De La Canalisation Multitubulaire**

Il convient de placer le parcours des conduits de manière à ce qu'il soit soumis à un minimum de perturbations lors de l'installation. Cette mesure est prise dans l'intérêt de la sécurité du personnel et du parcours des conduits lui-même, Les itinéraires à travers la boue, les sols mouvants et d'autres zones instables doivent être évités.

Le haut du système de conduits est généralement situé à une profondeur de 30 à 36 po ou 762 à 914 mm sous la surface finie, mais rarement à moins de 24 po ou 610 mm de profondeur. La raison en est que les charges réelles provenant de la circulation sont extrêmement élevées à des profondeurs d'enterrement très faibles et pourraient causer des dommages aux conduits à des profondeurs inférieures à 1 pi ou 0.3 m dans certains cas. Cette charge est considérablement réduite à 3 pi ou 0.9 m de profondeur, et peut être complètement ignorée pour des profondeurs de plus de 8 pi ou 2.4 m. Lorsqu'il s'agit de trafic ferroviaire, les profondeurs d'enfouissement devraient être augmentées en conséquence pour compenser les charges réelles plus élevées générées par les véhicules ferroviaires.

Lors du tracé du parcours des conduits proposés, il faut s'efforcer de garder un tracé aussi droit que possible. Lorsque des changements de direction sont indiqués en



## Canalisation Multitubulaire

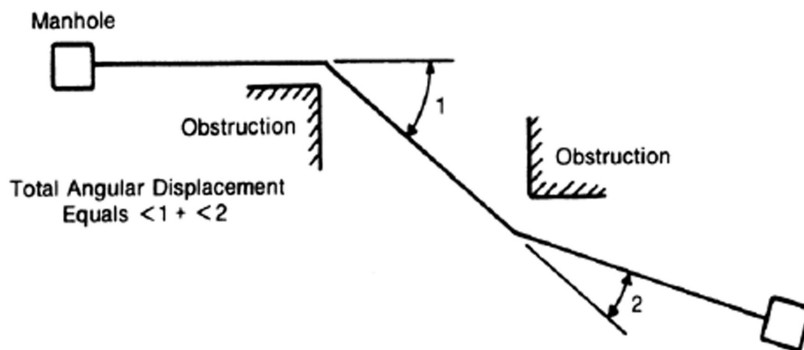


Figure 2.2  
Déplacement angulaire des parcours des conduits

raison d'obstacles sur la route, le déplacement angulaire doit être maintenu aussi faible que possible. Le déplacement angulaire total du parcours des conduits est de déplacement angulaire des parcours des conduits de chaque changement de direction pour trouver la somme totale, comme on peut le voir à la figure 2.2. Les cas où il y a un changement dans le plan vertical doivent également être inclus dans la somme totale.

Le déplacement angulaire total du parcours limite la longueur du parcours entre les trous d'homme. Plus l'angle total augmente, plus la longueur de parcours permise diminue. La figure 2.3 montre un graphique qui peut être utilisé comme guide pour déterminer la longueur pratique du parcours pour un angle de déflexion total spécifié. Ces chiffres déposés ne sont pas des limites, mais des lignes directrices, car de nombreuses variations sont possibles d'un emploi à l'autre. De nombreuses parcours utilisant le conduit FRE® avec son faible coefficient de traînée ont dépassé les 1000 pieds ou 304.8 m sans aucune difficulté. En outre, les coudes à faible rayon permettent généralement des parcours beaucoup plus longs que les coudes préfabriqués à faible rayon.

Lorsqu'un changement angulaire se produit dans le parcours, le rayon de courbure reliant les deux sections droites doit être maintenu aussi grand que possible pour faciliter le tirage des câbles. Pour de très petits changements de direction, il est généralement possible de courber les longueurs de conduit suffisamment pour fournir un changement de direction sans utiliser de coudes ou de raccords préfabriqués. Cette méthode est idéale lorsque cela est possible car elle ne confère qu'un minimum de traînée à l'opération de traction du câble. Ces coudes réalisés avec des longueurs de conduit rectilignes FRE® sont généralement limités à 5° ou moins par pige (longueur) pour éviter d'imposer des contraintes excessives au conduit, ce qui peut causer des dommages.

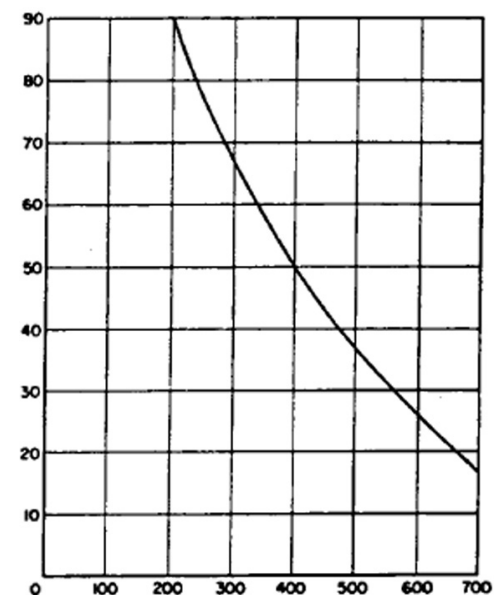


Figure 2.3  
Relation approximative entre la déflexion angulaire et la longueur de la course

### 2.3 Trous d'homme

Les emplacements des trous d'homme pour le système sont basés sur les conditions du site, la commodité d'accès et la longueur admissible de la traction du câble. Un bon emplacement pour les trous d'homme est à une intersection de rue. Il permet aux parcours des conduits de s'étendre dans quatre directions sans qu'il soit nécessaire d'utiliser des coudes ou des raccords supplémentaires. L'espacement entre les trous d'homme dépendra de divers facteurs, mais dans la pratique, il dépasse rarement 700 à 800 pi ou 213.4 à 244 m afin de maintenir des tensions de traction relativement faibles et de garder la traction du câble simple. Le faible coefficient de frottement du conduit FRE<sup>®</sup> peut permettre d'augmenter l'espacement des trous d'homme sans modifier sensiblement la tension de traction du câble.

Les parcours des conduits entre les regards sont nivelés de manière à ce que l'eau qui s'infiltré dans le conduit s'écoule dans le regard. Une teneur minimale de 3 po ou 76 mm par 100 pi ou 30.5 m est recommandée pour assurer un drainage adéquat de l'eau. Cette pente peut être continue d'un trou d'homme à l'autre ou alternativement peut être conçue avec l'élévation élevée à un point médian, et le conduit descendant vers chaque trou d'homme.

Le site d'entrée du trou d'homme est souvent un site particulièrement préoccupant en raison du tassement excessif du sol dans cette région. Un tassement irrégulier à cette interface peut produire des contraintes de cisaillement extrêmement élevées sur le conduit, ce qui peut entraîner une défaillance. Par conséquent, le conduit à l'entrée d'un trou d'homme doit être installé sur un sol bien compacté ou autrement supporté par les manchons de dilatation FRE<sup>®</sup>, spécifiquement conçus pour subir des déflexions axiales et latérales modérées sans mettre en danger le conduit.

## Théorie Du Comportement De Conduite

### 3.1 Conduit Rigides

Aux fins de la classification électrique, le conduit de câbles et le conduit d'air sont classés comme rigides ou flexibles selon que le produit peut ou non être transporté sous forme de bobine. Cependant, aux fins de la conception mécanique, le conduit de câbles et le conduit d'air peuvent être considérés comme rigides ou flexibles en fonction de leurs caractéristiques de performance mécanique.

Conduit enterré dans le sol et dont les performances mécaniques ultérieures sont de nature rigide est mécaniquement considéré comme « Conduit rigide ». Être classés comme rigides implique qu'ils ne peuvent pas subir de déflexions au-delà de quantités infimes sans subir une sorte de dommage structurel. Ils ont tendance à être à haut module, des matériaux de paroi épais tels que le béton, le ciment à l'amiante ou le conduits de tuiles. Ce conduit peut supporter toute contrainte de charge externe par compression pure et on peut supposer qu'il ne tire aucun support du sol environnant comme le montre la figure 3.1. En raison de ce comportement, le conduit rigide doit être conçu assez fort pour supporter toute charge prévue qui peuvent lui être imposées, et tout sur-la contrainte provoque une défaillance immédiate et catastrophique.

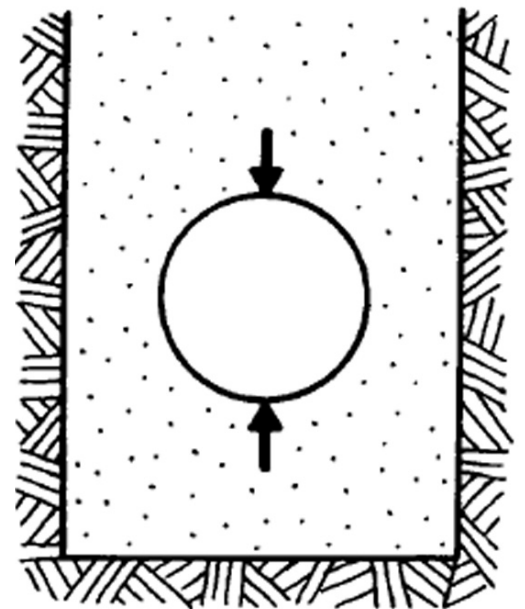


Figure 3.1  
Charge sur les conduits rigides

### 3.2 Conduit Flexible

Le conduit flexible est répertorié comme rigide aux fins de la classification électrique, mais à des fins de conception mécanique, il appartient à une catégorie communément appelée « conduit flexible ». Parce que FRE® conduit fonctionne comme un conduit flexible n'implique pas que le matériau n'a pas de rigidité, mais plutôt qu'il reflète le comportement du conduit lorsqu'il est enterré. Un conduit flexible tire ses capacités de transport de charge du sol environnant. Cela résulte de la capacité du matériau à se déformer et donc à transmettre et à distribuer la poussée du tuyau vers l'extérieur contre le remplissage latéral et à transférer ainsi la majeure partie de la charge verticale dans une pression horizontale sur le sol. Cette pression vers l'extérieur sur le matériau de remplissage latéral provoque la mobilisation de la pression passive de résistance du sol. Cette pression de terre passive agissant de part et d'autre du conduit réduit fortement la déformation du conduit et l'importance des contraintes dans la paroi du conduit.

### 3.3 Considérations relatives à la conception des conduites flexibles

Des essais ont montré que les charges développées sur conduite rigide sont supérieures à celles développées sur conduite flexible.\* Il a également été noté que la charge plus importante sur le conduit rigide avait tendance à se concentrer sur les surfaces supérieure et inférieure, créant des moments de flexion élevés dans la paroi du conduit. Les charges superficielles développées sur le conduit flexible se sont toutefois révélées être réparties plus uniformément autour de la circonférence du conduit avec moins de concentration sur les surfaces supérieure et inférieure. La pression passive de la terre a également permis à ces charges d'être transportées sous forme de forces de compression dans la paroi du conduit par opposition aux forces de moment de flexion comme dans le cas d'un conduit rigide.

Puisque le conduit flexible disperse les charges qui lui sont imposées avec le sol environnant, il s'ensuit que les conditions et le comportement du sol sont de la plus haute importance lorsqu'il s'agit d'installations de conduites flexibles. Les figures 3.2 et 3.3 illustrent ce phénomène.

Dans la Figure 3.2, nous voyons un échantillon de conduit sous charge en mode libre l'air. Dans ce cas, sans support latéral, le conduit subit une considérable essai de chargement de plaques parallèles en air libre déflexion due à la charge appliquée. Cela ne serait pas acceptable pour une installation de conduit.

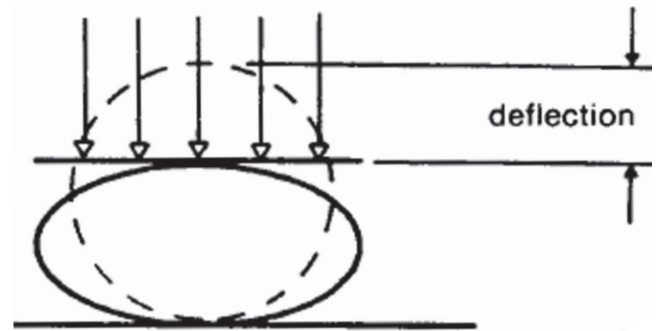


Figure 3.2  
Essai de chargement de plaques parallèles en air libre

\* Référence AWWA Manual M-II « Steel Pipe Design & Installation » American Water Works Association. Denver Colorado 1964 p.73.

## Théorie Du Comportement De Conduite

La figure 3.3 montre le même conduit supportant la même charge, mais cette fois, parce que ce conduit est enterré dans le sol, sa déviation est minimale et bien dans les limites acceptables. Le sol de remplissage latéral porte une partie de la charge sur le conduit par des forces de compression sur les côtés du conduit alors qu'il tente de devenir ovale. Naturellement, plus la qualité et le compactage du matériau de remplissage sont meilleure qualité, plus il apportera de soutien au conduit et moins les déviations seront importantes.

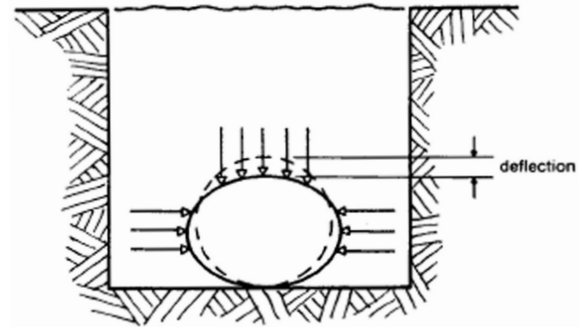


Figure 3.3  
Chargement sur conduit enterré

### 3.4 Conditions et considérations du sol

Bien que les capacités de charge maximales d'un conduit flexible dépendent dans une mesure de l'épaisseur de la paroi du conduit et du module du matériau, le sol joue un rôle important dans la détermination de la capacité de charge finale du conduit enterré.

Fondamentalement, le conduit doit avoir une rigidité suffisante pour résister à la déformation pendant le remplissage et le compactage ; et une résistance suffisante pour résister au flambage après l'application des charges ainsi que la ténacité habituelle requise pour résister à la manipulation, au transport et au stockage défavorable. Le sol, d'autre part, doit fournir la rigidité pour limiter la déflexion du conduit sous charge et répartir les charges pour aider le conduit à résister au flambage. Pour que le sol fournisse ce support au conduit, il doit agir comme un milieu rigide, uniforme et élastique.

En règle générale, la conception de la canalisation multitubulaire sera contrôlée de sorte que, sous les charges maximales prévues, le conduit lui-même sera limité à des déflexions de 5% ou moins. Étant donné que la déflexion d'un conduit donné pour une charge spécifiée varie inversement en fonction de la rigidité du sol sur les côtés du conduit, il s'ensuit que la déflexion ne peut être réduite ou restreinte qu'en augmentant la rigidité du sol. La rigidité du sol s'améliorera soit avec un compactage accru, soit avec une sélection de matériaux de remplissage de meilleure qualité. Les meilleurs matériaux de remplissage sont ceux qui se révèlent généralement grossiers et bien drainés.

Un examen attentif de la formule suivante, qui définit la déflexion du conduit dans un environnement enterré, révèle la dépendance du sol dans la relation comme suit :

$$\text{DÉFLEXION CONDUITE} = \text{FONCTION DE } \frac{\text{CHARGE APPLIQUÉE}}{\text{MODULE DU CONDUIT} + \text{MODULE DU SOL}}$$

Il est clair que pour réduire et/ou limiter la déflexion à 5%, on a trois alternatives :

- 1. Réduire la charge (qui peut être imposée par le réacheminement de la canalisation multitubulaire) ou modifier la profondeur d'enterrer.**
- 2. Augmenter la rigidité du conduit.**
- 3. Augmenter la rigidité du sol, ce qui peut être réalisé en améliorant la qualité du matériau de remblai ou des techniques de remblai de bourrage.**

Ces variantes montrent qu'une marge de manœuvre considérable est possible. Habituellement, cependant, l'utilisateur constatera que les alternatives 1 et 2 ont été réglées et sont hors de son contrôle. Cela signifie qu'il ne peut affecter la conception qu'avec ses techniques de remblai et son choix de matériaux.

Le problème n'est donc pas de concevoir le conduit en fonction du sol et du chargement, mais plutôt de sélectionner et de concevoir les conditions du sol en fonction d'un conduit dans une situation de chargement spécifique. Le choix du matériau devra être fait de manière à ce que le matériau choisi ait un module élevé et soit capable d'atteindre une densité de compactage suffisante pour que la déflexion du conduit enterré soit limitée à 5% ou moins.

En tant que guide général, les règles suivantes aideront à choisir le matériel approprié :

- 1. Habituellement, un sol plus granuleux a un module plus élevé qu'un sol cohésif.**
- 2. Un sol granulaire est beaucoup plus facile à compacter qu'un matériau cohésif.**
- 3. Les sols granulaires sont beaucoup moins sensibles à l'humidité que les matériaux cohésifs.**
- 4. Un degré de compactage plus élevé peut-être obtenu à partir d'un matériau granulaire.**
- 5. Le module d'un matériau cohésif n'est généralement pas affecté par la pression exercée sur lui.**
- 6. Le module d'un matériau granulaire s'améliore avec l'augmentation de la pression et du compactage.**

## Théorie Du Comportement De Conduite

Tous ces facteurs indiquent que les matériaux plus grossiers et bien drainés seront plus appropriés comme matériaux de remplissage. Le tableau A-6 présente la répartition des différents types de sols et leur composition de base. A-6 présente la répartition des différents types de sols et leur composition de base. Le haut du tableau indique les matériaux de remblayage idéaux avec les matériaux de plus en plus pauvres rencontrés au fur et à mesure que l'on progresse dans le tableau. Les classes tout en bas du tableau ne conviennent probablement pas comme matériaux de remplissage, sauf dans les zones où un chargement très minime est attendu. Pour les profondeurs d'enterrer moyennes, en particulier lorsque des charges H-20 sont prévues, il faudra des matériaux de meilleure qualité tels que ceux du tiers supérieur du tableau, au moins pour la zone de conduite immédiate. Des matériaux de qualité inférieure peuvent être utilisés pour le remplissage et le classement final, à condition de prendre soin de leur placement.

Le Tableau A-7 fournit un guide pour estimer la quantité de compactage possible pour chaque groupe de matériaux pour différentes techniques de bourrage. En règle générale, il est évident que le matériau qui se compacte bien fournira un bon support au conduit. En général, l'utilisation d'argiles n'est pas recommandée car ce ne sont pas des matériaux appropriés où des charges de surface sont prévues. De plus, les matériaux argileux sous charge peuvent s'écouler avec le temps, réduisant ainsi l'appui sur le conduit. Une attention particulière doit être accordée à la teneur en humidité de l'argile. Il a tendance à contenir des quantités considérables d'eau, ce qui affecte ses performances. Encore une fois, il convient de souligner que seuls les matériaux granulaires sont utilisés pour les zones de circulation dense.

Après avoir fait un choix sur le matériau de remplissage et le compactage estimé qui sera réalisé sur le terrain, l'ingénieur sera en mesure de calculer assez précisément la déflexion réelle du conduit pour une profondeur et une charge de surface données. L'annexe I passe en revue ces calculs en détail. Le tableau A-5 fournit un module approprié de réaction du sol en fonction du choix des matériaux et du compactage par l'ingénieur. Ce module sera également utilisé pour calculer la déflexion réelle du conduit pour la charge et la profondeur d'enterrer prévues.

### 4.1 Excavation et préparation des tranchées

La première considération avant l'excavation de la tranchée est la profondeur du tranché. Cette profondeur sera calculée par l'ingénieur, en fonction du jeu requis pour les autres lignes et équipements de la plateforme et de la hauteur du couvercle nécessaire pour que le conduit supporte correctement et soit protégé contre les charges de surface (sous tension). En règle générale, lorsque le trafic est prévu, le conduit devrait avoir un couvercle d'environ 30 po ou 762 mm ou plus, avec un minimum absolu de 24 po ou 610 mm dans des circonstances spéciales. Pour le chargement H-20, 36 po ou 914 mm serait préférable.

Le fond de la tranchée est critique et doit être inspecté pour s'assurer qu'il est intact, ferme et uniforme sur toute sa longueur. Cette uniformité doit être maintenue pour éviter un tassement différentiel du conduit, qui pourrait entraîner une surcharge et des dommages du matériau. Si l'uniformité dans la tranchée n'est pas atteinte, elle devrait être surexcitée et le fond rempli de matériaux de literie de bonne qualité et correctement compactés. Dans les cas extrêmes, où le sous-sol est très pauvre. Il peut être nécessaire de poser une fondation en béton au fond de la tranchée pour fournir un soutien.

Lorsque le béton est utilisé comme coussin de base, une couche de matériau granulaire utilisée comme coussin entre le conduit et la base en béton est nécessaire. Avec un fond très dur ou rocheux, une base en béton peut être évitée, mais il est toujours recommandé d'utiliser une couche similaire de litière granulaire comme coussin. Pour la plupart des installations, 4 po ou 101.6 mm est suffisant.

Lorsque le fond de la tranchée est intact, ferme et constitué d'une terre relativement lisse, aucune préparation particulière n'est nécessaire avant la pose des conduites FRE®.

Afin de faire une évaluation correcte du fond de la tranchée, il est suggéré que l'ensemble du parcours du d'un trou d'homme à l'autre soit excavé pour permettre une inspection initiale de l'ensemble du parcours et éviter les surprises plus tard. Une attention particulière doit être accordée aux zones où la canalisation multitubulaire traversera les routes car toute implantation ici causerait non seulement des dommages à la conduite, mais aussi à la route.

Des conditions peuvent être rencontrées lorsque de l'eau courante ou stagnante est découverte lors de l'excavation de la tranchée. Dans de tels cas, des pompes doivent être utilisées pour vidanger la tranchée. Ce pompage doit être poursuivi pendant les opérations de remblayage, car il est impératif que la tranchée soit maintenue exempte



## Techniques D'Enterrement Direct

d'eau afin de compacter le matériau de literie. Des niveaux de compactage appropriés de la literie ne peuvent être atteints qu'avec des matériaux relativement secs. Dans de tels cas, des couches de litière de drainage ou des points de puits peuvent être nécessaires sous la première couche de conduit pour favoriser un drainage futur et empêcher un lavage. Des conditions défavorables de ce type nécessiteront une consultation technique et une assistance pour éviter des problèmes futurs.

De telles conditions sortent du cadre du présent guide. En règle générale, les zones avec des nappes phréatiques élevées en permanence semblent coïncider avec de très mauvaises conditions du sol ; par conséquent, la roche concassée ou le gravier de pois sera nécessaire comme matériau de litière et de remblai.

La largeur de la tranchée sera généralement déterminée par la rigidité et la stabilité du sol natif. Avec un sol natif stable, il est souhaitable de garder la largeur de la tranchée aussi étroite que possible tout en offrant suffisamment d'espace pour un remblayage et un compactage appropriés. Habituellement, une largeur supérieure d'un pied à la largeur du faisceau de conduits est idéal. De cette façon, la plus grande résistance passive du sol non perturbé sur les parois latérales peut être réalisée. Cela s'applique à tous les sols natifs stables, ce qui signifie généralement qu'ils possèdent des capacités portantes de 3000 lb/pi ou 13,345 joules/mètre à 3500 lb/pi ou 15,569 joules/mètre ou plus.

Lorsque le sol natif est mou et instable (capacités portantes inférieures à 3000 lb/pi ou 13,345 joules/mètre), il peut être nécessaire d'élargir quelque peu la tranchée. Comme le montre la figure 4.1, une tranchée étroite dans un sol pauvre peut provoquer l'ovalisation des parois latérales dans le sol natif mou en raison de la pression verticale sur le conduit. Pour minimiser cela, il sera nécessaire d'élargir la tranchée de sorte que l'espace entre la canalisation multitubulaire et le côté de la tranchée soit égal à environ trois diamètres de canalisation multitubulaire. Ceci est basé sur la théorie de Barnard selon laquelle il a été constaté que la pression de la paroi latérale du conduit enterré se dissipe à environ deux diamètres de canalisation multitubulaire et demi.

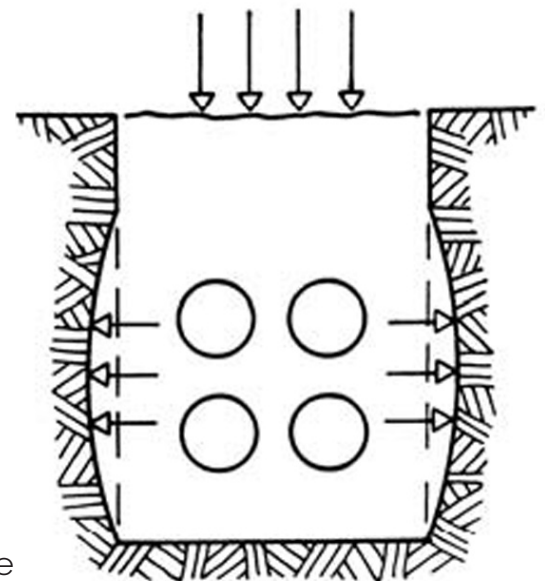


Figure 4.1  
Conditions des tranchées dans les  
sols mous et instables

### 4.2 Installation des conduits

L'installation du conduit doit commencer par placer une couche de matériau de remplissage de 2 po ou 50.8 mm dans le fond de la tranchée en tant que base pour le niveau de conduit inférieur. Ce matériau fournira un coussin de support lors de l'installation des couches suivantes et assurera la protection de la couche inférieure contre les dommages. Cela assurera une couverture adéquate sous les hanches du conduit. Cette protection pourrait être réduite si le remplissage était ajouté après la mise en place du conduit (comme le montre la figure 4.2).

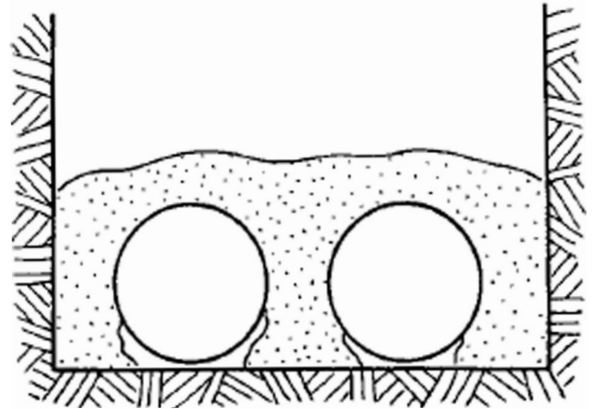


Figure 4.2  
Manque de Matériau de Remplissage Sous  
les Conduits en Raison de Procédures  
d'Installation Incorrectes

Des précautions doivent être prises pour creuser le matériau sous les extrémités du conduit afin d'assurer un parcours horizontal lisse, comme le montre la figure 4.3. Cela garantira un alignement parfaitement droit en parcours d'exécution et évitera des contraintes excessives au niveau des joints en raison d'un désalignement, comme le montre la figure 4.4.

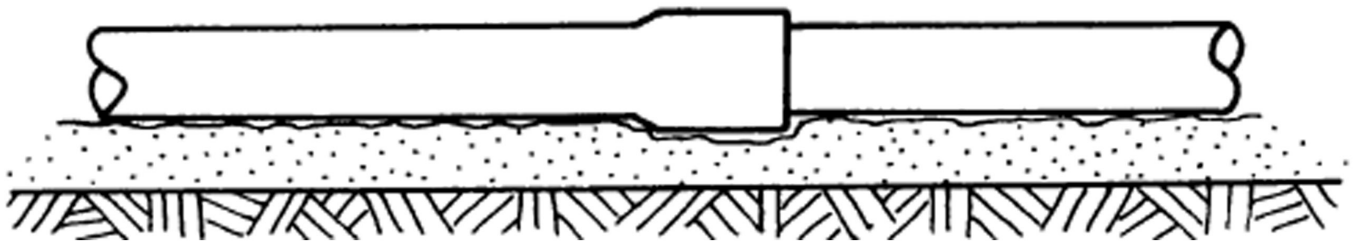


Figure 4.3  
Alignement approprié des conduits en raison de l'excavation au joint

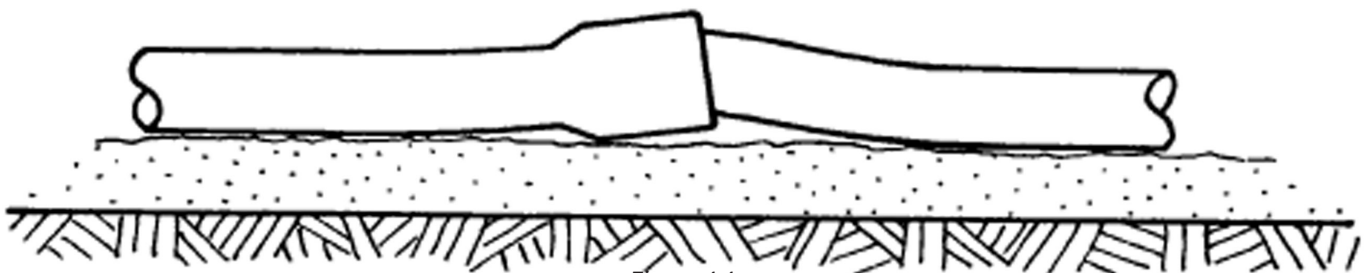


Figure 4.4  
Mauvais alignement des conduits en raison du manque d'excavation au niveau du joint

## Techniques D'Enterrement Direct

L'espacement horizontal de ce premier étage sera contrôlé par l'utilisation de séparateurs en peigne. Celles-ci peuvent être produites économiquement selon les besoins et construites sur mesure pour s'adapter à la configuration particulière de la canalisation multitubulaire de conduits, selon les besoins du travail. La figure 4.5 détaille la construction d'une conception, qui a été jugée appropriée pour ce type de travail.

La dimension « A » sera déterminée par la taille du conduit utilisé. La dimension « B » déterminera l'espacement latéral entre les conduits et il est généralement suggéré d'utiliser une valeur de 2 po ou 50.8 mm pour cette séparation. L'espace de 2 po ou 50.8 mm laissera suffisamment d'espace pour que le matériau de remblayage s'écoule entre les conduits et remplisse les vides. La dimension « C » régira l'espacement vertical par rapport aux niveaux et un espacement de 3 po ou 76.2 mm est généralement conseillé.

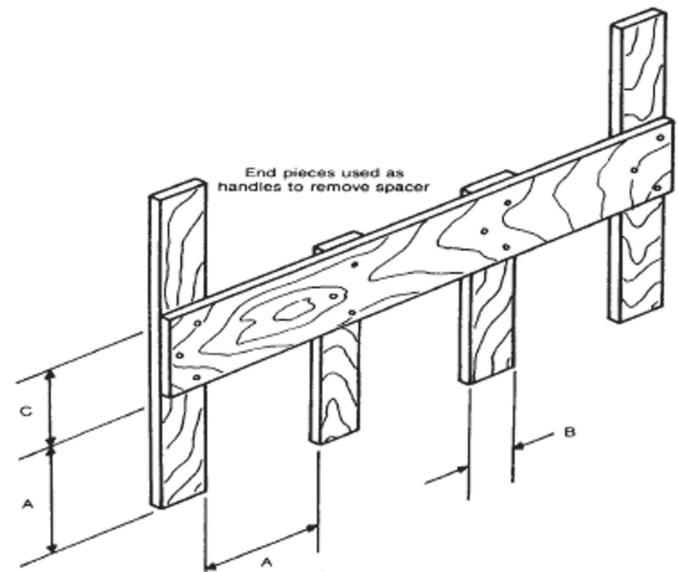


Figure 4.5  
Entretoise À Peigne En Bois

La caractéristique utile de ce type d'entretoise de peigne est qu'elle peut être adaptée à un travail spécifique même si deux ou trois tailles de conduits différentes sont à entretoise à peigne apparaissent côte à côte dans la même couche. Une de ces entretoises en peigne tous les 6 pieds ou 1.83 m se révélera adéquate pour la plupart des travaux. L'utilisation des entretoises rigides moulées en plastique ou en béton qui sont couramment utilisées lorsque le conduit doit être enrobé en béton n'est pas recommandée pour ce type d'installation, sauf si le remplissage est ferme et peut être bien compacté.

En raison de leur nature rigide, tout décalage ou dépôt dans la canalisation multitubulaire (avec un mauvais compactage) entraînerait une liaison et un chargement ponctuel avec des entretoises en plastique. Cette charge ponctuelle pourrait provoquer des contraintes de cisaillement élevées, ce qui pourrait endommager le conduit. Les séparateurs en peigne décrits dans ce guide, et qui sont retirés ultérieurement, ne permettent aucun point de contact si une petite quantité de décantation a lieu et, par conséquent, ils sont l'une des techniques préférées.

Lorsque le conduit a été posé, et les séparateurs positionnés entre eux, la première couche de remblai est ajoutée. Ce matériau sera choisi par l'ingénieur pour le travail en question et sera placé au même niveau que le haut des entretoises, comme le montre la figure 4.6. Matériau est maintenant tassé au besoin pour atteindre la densité Proctor souhaitée, moment auquel les espaces sont retirés. Lorsque les entretoises sont enlevées, il faut veiller à remplir et tasser les vides créés par leur enlèvement.

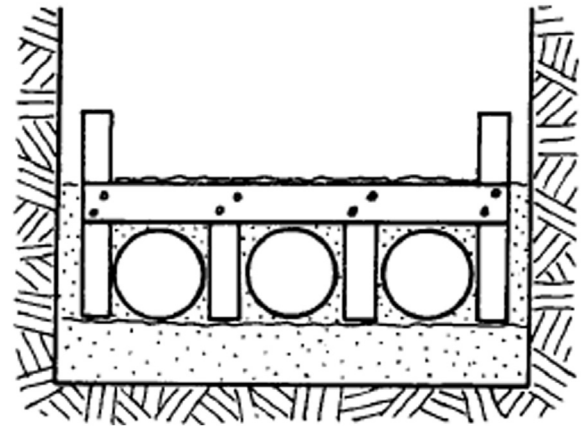


Figure 4.6  
Installation de la première couche du conduit

L'installation est maintenant prête pour la deuxième couche de conduit, qui est placée comme auparavant avec les entretoises utilisées pour maintenir la séparation, comme le montre la figure 4.7. En raison de la légèreté du conduit FRE®, il est possible de joindre plusieurs bâtons de FRE® à l'extérieur de la tranchée et de les poser en une seule unité. Cela permettra non seulement d'accélérer l'installation, mais aussi de limiter la jonction des conduits dans les limites étroites de la tranchée. En règle générale, trois ou quatre longueurs jointes ensemble se révéleront assez faciles à manipuler et à manœuvrer dans la tranchée.

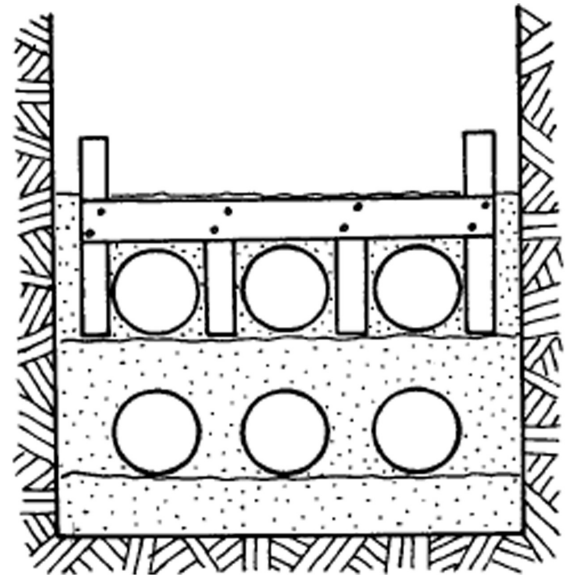


Figure 4.7  
Installation de la deuxième couche du conduit

La mise en place du conduit doit être effectuée de manière à décaler l'emplacement des extrémités de la belle à la fois horizontalement et verticalement. Cela facilitera non seulement l'installation et le montage, mais évitez toute interférence des cloches adjacentes lorsqu'elles sont enterrées. Il est conseillé de placer des bouchons temporaires sur les extrémités du conduit ouvert pendant le placement du remplissage pour empêcher le remplissage d'entrer dans le conduit et d'entraver le tirage futur du câble. Ces bouchons doivent également être laissés en place la nuit lorsque le site est laissé sans surveillance pour empêcher les rongeurs de faire une maison dans le nouveau conduit installé.

---

## Techniques D'Enterrement Direct

Cette procédure de pose de conduit, de remblayage et de bourrage est poursuivie jusqu'à ce que le nombre approprié de conduits ait été installé. Il est important de s'assurer que le remblayage et le bourrage sont effectués de manière minutieuse et uniforme jusqu'aux parois de la tranchée afin de minimiser les vides et d'assurer le compactage.

Une fois que la dernière couche de bourrage et de retrait du peigne est terminée, le matériau natif peut être utilisé pour terminer l'opération de remblayage jusqu'au niveau. Le matériau natif doit également être ajouté en couches et compacté pour minimiser le tassement plus tard. La première couche de ce matériau doit être délicatement tassée car elle peut perturber le conduit encastré en dessous et provoquer des déplacements. Cela n'a pas de conséquences graves, car le sol de cette région ne contribue pas à soutenir le conduit. Les couches suivantes de remblai natif doivent être tassées comme auparavant jusqu'à ce que le niveau soit atteint. Même si ce remblai final est effectué à l'aide du matériel excavé natif, il est toujours nécessaire d'enlever les grosses roches, les amas de sol gelés, etc., pour éviter d'éventuels dommages futurs.

Si des creusements répétés sont prévus à l'emplacement de la canalisation multitubulaire, des précautions doivent être prises pour éviter des dommages potentiels.

Une possibilité décrite dans la section 1.3 consistait à verser une couche de béton sur le dessus de l'installation finie pour agir comme une dalle de couverture protectrice. Une autre approche consiste à poser une bande de ruban d'avertissement souterrain sur le parcours. Cela agirait comme un avertissement aux ouvriers qu'une canalisation multitubulaire souterraine est présente et que la prudence devrait être utilisée dans ce voisinage. D'autres possibilités peuvent être viables, mais le choix dépendra de l'installation du conduit spécifique et des conditions environnantes.

Pour déterminer les exigences d'une canalisation multitubulaire enterrée réussie, quelques calculs de base doivent être effectués pour vérifier le comportement du conduit.

### Charge du sol

Le calcul initial implique la détermination de la charge de sol de couverture. Cette charge de sol (ou de sol mort) sera déterminée par la densité du sol, la profondeur d'enterrer et la géométrie de la tranchée. La formule de base de Marston pour la charge du sol est définie comme suit :

$$W_c = C_d \times B_d \times B_c \times w \quad (1)$$

Lorsque

$W_c$  = charge de terre sur le conduit (lb/pi linéaire)

$w$  = poids unitaire du sol (lb/pi<sup>3</sup>)

$B_c$  = diamètre extérieur du conduit

$B_d$  = largeur de la tranchée au sommet du conduit

$C_d$  = coefficient de charge reliant la profondeur de remplissage à la largeur de la tranchée (disponible dans diverses publications)

La solution de cette formule donnera les charges minimales exercées sur le conduit à partir du sol de morts-terrains. La raison de cette valeur minimale est que cette formule tenait compte de certains effets de tranchée pour les conduites flexibles. Ces effets de tranchée supposent essentiellement que lorsque la colonne de sol au-dessus du conduit descend par décantation, le sol non perturbé de chaque côté du conduit se décantera considérablement moins. Ce tassement différentiel fait que le sol latéral supporte partiellement le sol de tassement par des forces de frottement dans les deux plans de contact. De cette façon, le conduit lui-même subit une pression inférieure au poids réel de la colonne de sol au-dessus de lui. Le seul inconvénient de l'utilisation de cette formule est de pouvoir s'assurer que toutes les données sur le sol sont exactes et que toutes les instructions d'installation seront soigneusement respectées.



Dans la pratique générale, il est souvent préférable d'assumer une charge légèrement plus élevée sur le conduit pour compenser les erreurs d'installation et ajouter une petite marge de sécurité aux calculs. Cela se fait plus facilement en adoptant l'approche du prisme du sol, qui considère le poids de la colonne de sol directement sur le conduit sans tenir compte des effets de tranchée, La formule est la suivante :

$$W_s = \frac{w \times h \times D}{12} \quad (2)$$

Lorsque

$W_s$  = charge verticale du sol sur le conduit (lb/ft linéaire)

$w$  = poids unitaire du sol (lb/pi<sup>3</sup>)

$h$  = hauteur de remplissage au-dessus du conduit (pi)

$D$  = diamètre extérieur du conduit (pi)

Par souci de simplicité, cette formule est celle qui sera utilisée dans ce guide. Dans le tableau A-1 certaines charges de sol ont été tabulées à différentes profondeurs et avec différents types de sol (densités). Ces valeurs indiquent la pression par pouce carré à la profondeur indiquée. En multipliant ces valeurs par le diamètre extérieur du conduit en pouces, on peut obtenir les valeurs de charge en livres par pouce linéaire de conduit.

**TABLEAU A-1**  
**CHARGE DE SOL SUR CONDUITE ENTERRÉE FRE® (lb/po<sup>2</sup>)**

Profondeur de Couverture (pi)	Densité du sol (lb/pi <sup>3</sup> )			
	100	110	120	130
1	0.69	0.76	0.83	0.90
2	1.39	1.53	1.67	1.81
3	2.08	2.29	2.50	2.71
4	2.78	3.06	3.33	3.61
5	3.47	3.82	4.17	4.51
6	4.17	4.58	5.00	5.42
7	4.86	5.35	5.83	6.32
8	5.56	6.11	6.67	7.22
9	6.25	6.88	7.50	8.13
10	6.94	7.64	8.33	9.03

### Charge du trafic

Outre les charges de sol excessives, l'installation de la conduite sera également soumise à des charges de trafic (ou sous tension). Les calculs de ces charges en direct, bien que plus complexes, ont été simplifiés par la disponibilité générale des listes de graphiques et de tableaux au cours des dernières années. Le problème ici est d'anticiper la charge la plus élevée qui pourrait être nécessaire pour passer en toute sécurité sur l'installation.

Une bonne approximation dans les domaines de la circulation routière est de suivre les directives MSHO standard et de supposer que l'exigence est celle d'un chargement H-20. La désignation H-20 fait référence à une charge résultant de la circulation de camions d'un poids brut de 20 tonnes ou 18,144 kg (dont 80 % sur l'essieu arrière). L'espacement des essieux est désigné par 14 pieds ou 4.3 m centre à centre et l'espacement des roues est de 6 pi ou 1.8 m. Cette façon, l'essieu arrière du véhicule transporterait 16 tonnes ou 14,515 kg de la charge de 20 tonnes, chaque roue arrière subissant une charge de 8 tonnes ou 7,257 kg. Sur les unités multi-axes, la charge d'un essieu sera toujours supposée être un maximum de 16 tonnes ou 14,515 kg comme indiqué à la figure A-1. Aux fins du calcul, chacune des charges sur roue de 8 tonnes ou 7,257 kg est supposée agir sur une surface de 18 x 20 po ou 457 x 508 mm.

Les données de ce type ont été compilées et sont présentées dans le tableau A-2. Ces données peuvent ensuite être tracées sur un graphique avec la charge du sol pour obtenir un graphique de la charge totale comme dans la figure A-2. Il est intéressant de noter que les valeurs minimales de la charge totale se produisent à une profondeur d'enterrement d'environ 5 pi ou 1.5 m.

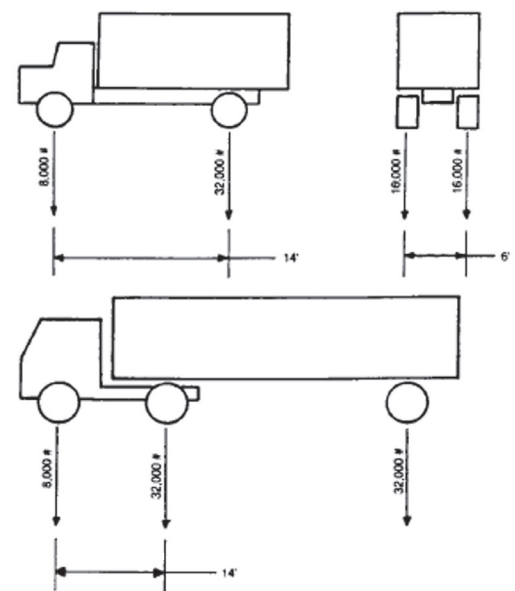


Figure A-1  
RÉPARTITION POIDS ESSIEU POUR  
CHARGEMENT H-20

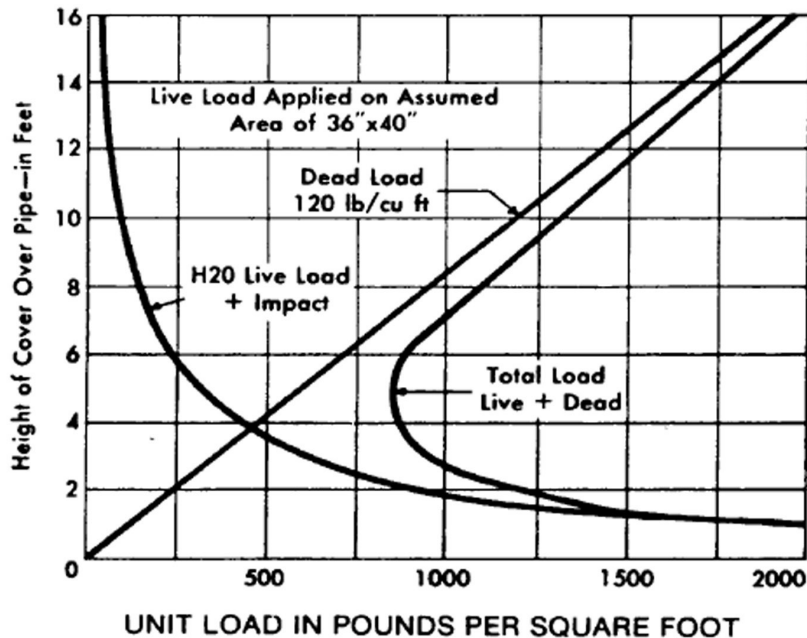


**TABLEAU A-2**  
**CHARGES DYNAMIQUE SUR CONDUIT ENTERRÉS À PARTIR DE LA CHARGE H-20**

Profondeur de Couverture (pi)	Chargement sur le conduit	
	(lb/pi <sup>2</sup> )	(lb/po <sup>2</sup> )
1	1800	12.50
2	800	5.56
3	600	4.17
4	400	2.78
5	250	1.74
6	200	1.39
7	175	1.22
8	100	0.69
9		négligeable
10		négligeable

Extrait du Handbook of Steel Drainage and Highway Construction Products publié par l'American Iron and Steel Institute, Copyright© 1971. Utilisé avec la permission de l'American Iron & Steel Institute, Washington, D.C

**FIGURE A-2**  
**CHARGES DYNAMIQUE ET DE MORTES COMBINÉES SUR H-20 DANS L'HYPOTHÈSE D'UNE CHAUSSÉE D'UN PIED D'ÉPAISSEUR**



Extrait du Handbook of Steel Drainage and Highway Construction Products publié par l'American Iron and Steel Institute, Copyright© 1971. Utilisé avec la permission de l'American Iron & Steel Institute, Washington, D.C

Les tableaux, cependant, supposent qu'une fondation de chaussée standard est présente généralement avec une épaisseur de chaussée d'environ 1 pi ou 0.3 m. Peut y avoir des cas où aucun revêtement routier spécial n'est prévu et, dans ces cas, des formules doivent être utilisées pour déterminer la charge réelle du conduit. Une façon de le faire est d'utiliser la formulation de Boussinesq, qui stipule :

$$W_T = \frac{3 \times P \times h^3}{2 \times R^5} \quad (3)$$

Lorsque

$W_T$  = charge de trafic (lb/pi<sup>2</sup>)

$P$  = charge sur roue (lb)

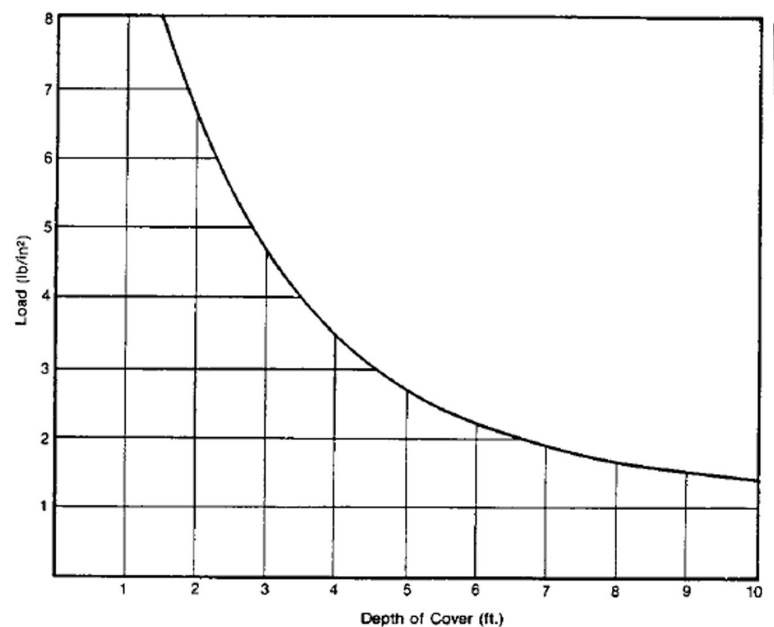
$R$  = distance radiale de la charge au circuit

Le problème avec cette équation est que les charges sont supposées être des charges ponctuelles concentrées au lieu d'être réparties sur une surface de 18 x 20 po ou 457 x 508 mm. De ce fait, les résultats ainsi obtenus sont généralement supérieurs aux valeurs réelles mais peuvent être utilisés comme approximations contenant un facteur de sécurité élevé.

Le ministère des Transports et des Communications de l'Ontario a présenté un autre tableau de la dispersion des charges vivantes. La figure A-3 indique une partie de la carte qu'ils ont développée pour montrer la dispersion de la charge vive à travers le remblai par rapport à la profondeur d'enterrer.

Ces chiffres sont un peu plus élevés que ceux du tableau A-3 parce qu'ici, des tolérances ont été faites pour le trafic à plusieurs voies, mais encore une fois une surface pavée finie est supposée. La figure A-3 a été décomposée sous forme de tableau comme l'indique le tableau A-3 et nous utiliserons ces valeurs pour nos calculs préliminaires. Le tableau A-3 indique également une répartition des charges par pouce de longueur de conduit pour différentes tailles de conduit pour référence future.

**LA FIGURE A-3**  
**Dispersion de la charge sous tension du H-20**



**TABLEAU A-3  
CHARGEMENT DE CONDUIT**

	$W_T$	$W_S$	$W_L$						
Profondeur d'Enterrer (pi)	Charge vive (trafic) H-20 (lb/po <sup>2</sup> )	Charge morte (sol) @ 120#/ (pi <sup>3</sup> ) (lb/po <sup>2</sup> )	Charge totale (lb/po linéaire) pour chaque taille de conduit						
			2	3	3½	4	4½	5	6
2	6.60	1.67	17.6	25.9	30.0	34.2	38.8	42.9	51.2
3	4.65	2.50	15.2	22.4	26.0	29.5	33.5	37.1	44.3
4	3.50	3.33	14.6	21.4	24.8	28.2	32.0	35.5	42.3
5	2.75	4.17	14.8	21.7	25.1	28.6	32.5	35.9	42.8
6	2.25	5.00	15.5	22.7	26.3	30.0	34.0	37.6	44.9
7	1.85	5.83	16.4	24.1	27.9	31.7	36.0	39.9	47.6
8	1.65	6.67	17.7	26.1	30.2	34.4	39.0	43.2	51.5
9	1.45	7.50	19.1	28.0	32.5	37.0	42.0	46.5	55.4
10	1.30	8.33	20.5	30.2	35.0	39.8	45.2	50.0	59.6

## Déflexion

Comme mentionné dans le corps du rapport, la déflexion est le facteur critique qui régit les performances des conduits flexibles. C'est la formule modifiée ci-dessous qui donne la déviation pour conduit flexible enterré. Cette formule s'énonce ainsi :

$$X = \frac{D_L \times K \times W_L \times r^3}{E \times I + 0.061 \times E' \times r^3} \quad (4)$$

Lorsque

$X$  = déflexion du conduit (po)

$D_L$  = facteur de traînée de déflexion

$K$  = constante du sol

$W_L$  = charge verticale sur le conduit (lb/pouce linéaire)

$r$  = rayon moyen du conduit (po)

$E$  = module d'élasticité du conduit (lb/po<sup>2</sup>)

$I$  = moment d'inertie par unité de longueur de section de paroi (po<sup>4</sup>/po)

$E'$  = module de réaction du sol (lb/po<sup>2</sup>)

Notez que  $E \times I$  peut être défini comme le facteur de rigidité avec les unités de lb-po.

Pour résoudre cette équation, il faut déterminer la valeur de  $E \times I$  pour le conduit et les valeurs des coefficients and  $E'$ .

Le  $E \times I$  (facteur de rigidité) du conduit est obtenu à partir d'essais d'écrasement de plaques parallèles sur des échantillons de conduit. En connaissant la charge nécessaire pour dévier le conduit de 5% de son I.D. à l'air libre, on peut alors résoudre la rigidité en :

$$S = \frac{F \times C}{Y} \quad (5)$$

Lorsque  
**S** = raideur (lb/po<sup>2</sup>)  
**F** = charge (lb/po du conduit)  
**Y** = déflexion du conduit (po)  
 (généralement défini à 5 %)  
**C** = facteur de correction

$$C = \frac{1 + Y^3}{2d} \quad (6)$$

Lorsque  
**d** = diamètre du conduit (po)

Ayant résolu pour S, le facteur de rigidité SF qui est égal à  $E \times I$  peut être résolu par :

$$SF = 0.149 r^3 \times S = E \times I \quad (7)$$

Lorsque  
**r** = rayon moyen du conduit (po)  
**SF** = facteur de rigidité (lb-po)  
**S** = rigidité (lb/po<sup>2</sup>)

Ces valeurs de  $E \times I$  ont été tabulées pour le conduit FRE® et sont répertoriées dans le tableau A-4.

**TABLEAU A-4  
RIGIDITÉ DU CONDUIT**

Taille (po)	d	r	E x I
2"	2.140	1.035	52
3"	3.140	1.535	64
3½"	3.640	1.785	69
4"	4.140	2.035	56
4" HW	4.190	2.047	161
4½"	4.690	2.297	177
5"	5.190	2.547	181
6"	6.190	3.047	221

Le coefficient  $D_r$ , K et  $E'$  doit être déduit de la littérature.



Le facteur de retard de déflexion ( $D_L$ ) compense le retard de décantation du remblai. Une fois le conduit enterré, il continuera à dévier pendant un certain temps après que sa charge maximale a été imposée. Cette déflexion se poursuit aussi longtemps qu'il faut au sol, qui supporte le conduit, pour atteindre la consolidation. Lorsque le sol a atteint la consolidation et atteint la densité requise pour supporter la charge imposée, la déflexion du conduit s'arrêtera.

Pour des raisons de sécurité, et en raison de l'absence de contrôle précis de la densité du sol lors du tassement. Une valeur de 1.5 est généralement souhaitable pour  $D_L$  et 1.5 sera utilisé dans cette annexe pour les calculs.

La constante du sol ( $K$ ) dépend de l'angle de stratification du conduit lors de l'installation. Les valeurs de  $K$  ont d'abord été déterminées théoriquement par Spangler lors de ses premiers travaux dans ce domaine. Les valeurs de  $K$  varient d'environ 0.110 pour des angles de stratification de  $0^\circ$  à 0.083 pour des angles de stratification de  $180^\circ$ . Aux fins de ce rapport, nous utiliserons une valeur de 0.100, ce qui correspond approximativement à un angle de stratification de  $90^\circ$  et est probablement ce qui sera réalisé lors de l'installation.

Le module de réaction du sol ( $E_1$ ) dépend du type de sol utilisé comme matériau de remblai et de son degré de compactage. L'un des tableaux les plus concis de  $E_1$  a été effectué par Amster K. Howard du Bureau of Reclamation des États-Unis et est donné dans le tableau A-5.

**TABLEAU A-5**  
**MODULE DE RÉACTION DU SOL (E1) VALEURS POUR CONDUIT SOUPLE ENTERRÉ**

Type de sol - matériau d'assise de la canalisation (Système de classification unifié *) (1)	E <sup>1</sup> pour le degré de compactage du matériau d'assise en livres par pouce carré			
	Décharge (2)	Léger, <85% Proctor <40% relative densité (3)	Modéré, 85%-95% Proctor 40%-70% relative densité (4)	Haute, <95% Proctor >70% relative densité (5)
Sols à grains fins (LL>50) <sup>b</sup> Sols de moyenne à haute plasticité CH, MH, CH-MH	Aucune donnée disponible : consulter un ingénieur des sols compétent : Sinon, utilisez E <sup>1</sup> = 0			
Sols à grains fins (LL>50) <sup>b</sup> Sols ayant une plasticité moyenne à nulle CL, ML, ML-CL, avec moins de 25% de particules à gros grains	50	200	400	1,000
Sols à grains fins (LL>50) <sup>b</sup> Sols ayant une plasticité moyenne à nulle CL, ML, ML-CL, avec plus de 25 % de particules à gros grains Les sols à gros grains avec des fines GM, GC, SM, SC c contiennent plus de 12 % de fines.	100	400	1,000	2,000
Les sols à gros grains avec peu ou pas de fines GW, GP, SW, SPc contiennent moins de 12% de fines.	200	1,000	2,000	3,000
Pierre concassée	1,000	3,000	3,000	3,000
Précision en termes de pourcentage de déflexion	±2	±2	±1	±0.5

ASTM Désignation D-2487, USBR Désignation E-3.

LL = limites de liquidité

Ou tout sol limite commençant par l'un de ces symboles (c.-à-d., GM-GC, GC-SC)

Pour une précision de + 1% et une déflexion prévue de 3%, la déflexion réelle serait comprise entre 2% et 4%.

Note : Valeurs applicables uniquement pour les remplissages de moins de 50 pi (15 m). Le tableau n'inclut aucun facteur de sécurité. Pour une utilisation dans la prédiction des déflexions initiales uniquement, le facteur de retard de déflexion approprié doit être appliqué pour les déflexions à long terme. Si la literie se trouve à la limite entre deux catégories de compactage, sélectionnez la valeur inférieure E<sup>1</sup> ou faites la moyenne des deux valeurs. Pourcentage Proctor basé sur la densité sèche maximale en laboratoire à partir d'étalons d'essai utilisant environ 598 000 j/m<sup>3</sup> (ASTM D-698, AASHTO T-99, désignation USBR E-11), 1 psi – 6.9 dN/m<sup>2</sup>.

Extrait de Soil Reaction for Buried Flexible Pipe par Amster K, Howard, U.S. Bureau of Reclamation Réimprimé avec la permission de l'American Society of civil Engineers Journal of Geotechnical Engineering Division Proceedings Paper # 12700 January 1977, page 34.

Il ressort du tableau A-5 qu'une variation importante de E<sup>1</sup> est possible pour tout type de sol en fonction de son degré de compactage. En raison de ces variations importantes de E<sup>1</sup>, on arrivera à des changements importants de déflexion lorsque ces valeurs seront utilisées dans la formule. Pour cette raison, il est souhaitable d'utiliser un certain jugement conservateur lors de la sélection des valeurs de E<sup>1</sup>. Pour les calculs initiaux de Ballard, une valeur de **E<sup>1</sup> = 700** psi est probablement souhaitable car cette valeur est réalisable dans la plupart des sols lorsque l'effort de compaction nécessaire est utilisé. Une fois que l'ingénieur a effectué une analyse du matériau de remblai et du sol natif dans la région, une valeur plus précise de E<sup>1</sup> peut être sélectionnée. Connaître le degré de compactage, que l'entrepreneur sera invité à fournir, permettra également une détermination plus précise de cette valeur. Il ressort de la formule (4) que la sélection de la valeur E<sup>1</sup> aura une grande influence sur la valeur finale de la déflexion du conduit.

**TABLEAU A-6**  
**DESCRIPTION DES CLASSIFICATIONS DES MATÉRIAUX D'ENCAPSULATION**

Classe De Sol	Type De Sol	Description des classifications de matériaux
Sol de classe I		Matériau angulaire et granulaire fabriqué, de 6 à 40 mm (¼ à 1 ½ po), y compris les matériaux ayant une importance régionale tels que la pierre ou la roche concassée, le corail brisé, le laitier concassé, les cendres ou les coquilles concassées.
Sol de classe II	GW	Graviers et mélanges gravier-sable bien calibrés, peu ou pas de fines, 50 % ou plus conservés sur le tamis n° 4, Plus de 95% retenus sur tamis n° 200. Nettoyer.
	GP	Graviers et mélanges gravier-sable mal calibrés, peu ou pas de fines, 50 % ou plus conservés sur le tamis n° 4, Plus de 95% retenus sur tamis n° 200. Nettoyer.
	SW	Sables bien calibrés et sables graveleux, peu ou pas de fines. Plus de 50% passe le tamis n° 4, Plus de 95% retenus sur tamis n° 200. Nettoyer.
	SP	Sables mal calibrés et sables graveleux, peu ou pas de fines. Plus de 50% passe le tamis n° 4, Plus de 95% retenus sur tamis n° 200. Nettoyer.
Sol de classe III	GM	Graviers limoneux, mélanges gravier-sable-limoneux, 50 % ou plus retenus sur le tamis n°4. Plus de 50% retenus sur tamis n° 200.
	GC	Graviers limoneux, mélanges gravier-sable-limoneux, 50 % ou plus retenus sur le tamis n°4. Plus de 50% retenus sur tamis n° 200.
	SM	Sables limoneux, mélanges sable-argile. Plus de 50% passe le tamis n° 4. Plus de 50% retenus sur tamis n° 200.
	SC	Sables argileux, mélanges sable-argile, Plus de 50% passe le tamis n° 4. Plus de 50% retenus sur tamis n° 200.
Sol de classe IV	ML	Limons inorganiques, sables très fins, farine de roche, sables fins limoneux et argileux. Limite de liquide 50% ou moins, 50% ou plus passe le tamis n° 200.
	CL	Argiles inorganiques de plasticité faible à moyenne, argiles graveleuses, argiles sableuses, argiles limoneuses, argiles maigres. Limite de liquide 50% ou moins, 50% ou plus passe le tamis n° 200.
	MH	Limons inorganiques, sables fins ou limons micacés ou diatomées, limons élastiques. Limite de liquide 50% ou moins, 50% ou plus passe le tamis n° 200.
	CH	Argiles inorganiques à haute plasticité, argiles grasses. Limite de liquide 50% ou moins, 50% ou plus passe le tamis n° 200.
Sol de classe V	OL	Silts organiques et argiles limoneuses organiques de faible plasticité, Limite de liquide 50% ou moins, 50% ou plus passe le tamis n° 200.
	OH	Silts organiques et argiles limoneuses organiques de faible plasticité. Limite de liquide 50% ou moins, 50% ou plus passe le tamis n° 200.
	PT	Tourbe, boue et autres sols hautement organiques.

\* Les sols définis comme matières de classe 1 ne sont pas définis dans la norme ASTM D2487.

\*\* Conformément à la norme ASTM D2487, plus de 12 % passent le tamis n° 200.

\*\*\* Les sols avec 5% à 12% de réussite N° 200 tamis tombent dans la classification limite, par exemple, GP-GC.

Tiré du Handbook of PVC Pipe Design and Construction publié par Uni-Bell Plastic Pipe Association, Copyright© 1979, Utilisé avec la permission de l'Uni-Bell Plastic Pipe Association, Dallas, Texas.

Pour faciliter la sélection de la valeur appropriée de E<sup>1</sup>, le tableau A-6 fournit des descriptions des différents groupes de sols et de leur type désigné. Des données supplémentaires dans le tableau A-7 aideront l'ingénieur à déterminer les densités Proctor qu'il peut attendre de diverses techniques de compactage. Ces tableaux sont destinés à servir de guides uniquement parce que des variations sont possibles et probables d'un emploi à l'autre et même dans différentes parties d'un même chantier.

**TABLE A-7**  
**GUIDE APPROXIMATIF POUR LA GAMME ESTIMÉE**  
**DEGRE DE COMPACTAGE PAR RAPPORT À LA CLASSE ET AU PROCÉDE D'INCLUSION**  
**DE PLACEMENT EN POURCENTAGE DE LA DENSITÉ PROCTOR STANDARD OU DE LA**  
**DENSITÉ RELATIVE \* POUR LES MATÉRIAUX GRANULAIRES ENTRE PARENTHÈSES\*\***

Catégorie d'intégration	I	II	III	IV
Désignation des matériaux	Matériaux granulaires manufacturés	Sol sableux et graviers - Propres	Mixtes - Sols à grains	Sols à grains fins
Limite de teneur en humidité optimale % de poids sec		9-12	9-18	6-30
Méthode de consolidation des sols	% de la plage de densité Proctor (ou Relative)			
Compact par bourrage électrique ou pilon	95-100 75-100	95-100 80-100	95-100	90-100
Densité par les vibrateurs portatifs	80-95 75-100	80-95 60-80		
Consolider par saturation	80-95 60-75	80-95 60-80		
Placement Manuel	60-80 40-60			
Tamponnage Manuel		60-80 50-60	60-80	60-75
Dumping	60-80 40-60	60-80 50-60	60-80	60-75

\* La densité relative est indiquée entre parenthèses.

\*\* Ce tableau sert de guide approximatif pour définir les densités moyennes de Proctor obtenues par diverses méthodes de consolidation du sol dans différentes classes de sol. Le tableau est destiné à fournir des conseils et n'est pas recommandé pour une utilisation de conception. Les valeurs de conception réelles doivent être élaborées par l'ingénieur pour des sols spécifiques à des teneurs en humidité spécifiques.

D'après le Handbook of PVC Pipe Design and Construction publié par Uni-Bell Plastic Pipe Association, Copyright© 1979, Utilisé avec la permission de l'Uni-Bell Plastic Pipe Association, Dallas, Texas.

Pour aider à déterminer les déflexions de différentes tailles de conduit FRE® lorsqu'il est enterré et sous charge, les tableaux A-8 à A-11 ont été compilés pour simplifier grandement cet effort. Les déflexions dans ces tableaux ont été calculées à l'aide de la formule (4) comme indiqué précédemment :

$$X = \frac{D_L \times K \times W_L \times r^3}{E \times I + 0.061 \times E^1 \times r^3} \quad (4)$$

Dans nos tableaux :

$$D_L = 1.5$$

$$K = 0.1$$

$W_L$  est calculé à partir de :

$$W_L = (W_T + W_S) \quad (8)$$





**TABLEAU A-8**  
**DONNÉES DE DÉFLEXION SOUS SOL IPS MS**

	Profondeur d'Enterrer (ft)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Mod. Du Sol (psi)	Diamètre (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)
E <sup>1</sup> =200	¾	0.005	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005	0.005
	1	0.011	0.010	0.009	0.009	0.010	0.010	0.011	0.012	0.013
	1¼	0.027	0.024	0.022	0.023	0.024	0.025	0.027	0.029	0.032
	1½	0.044	0.038	0.036	0.037	0.038	0.041	0.044	0.047	0.051
	2	0.077	0.066	0.063	0.064	0.067	0.071	0.077	0.083	0.089
	2½	0.135	0.117	0.112	0.113	0.119	0.126	0.136	0.147	0.158
	3	0.216	0.186	0.178	0.180	0.189	0.200	0.217	0.233	0.251
	4	0.351	0.304	0.290	0.294	0.308	0.326	0.354	0.380	0.409
	5	0.404	0.349	0.333	0.338	0.354	0.375	0.406	0.437	0.470
	6	0.492	0.426	0.407	0.412	0.432	0.457	0.495	0.533	0.573
	8	0.737	0.638	0.609	0.617	0.647	0.685	0.742	0.798	0.859
E <sup>1</sup> =400	¾	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005
	1	0.010	0.009	0.009	0.009	0.009	0.010	0.010	0.011	0.012
	1¼	0.023	0.020	0.019	0.020	0.021	0.022	0.024	0.025	0.027
	1½	0.036	0.031	0.029	0.030	0.031	0.033	0.036	0.039	0.042
	2	0.058	0.050	0.048	0.049	0.051	0.054	0.059	0.063	0.068
	2½	0.093	0.080	0.077	0.078	0.081	0.086	0.093	0.100	0.108
	3	0.134	0.116	0.111	0.112	0.118	0.125	0.135	0.145	0.156
	4	0.199	0.172	0.164	0.166	0.174	0.185	0.200	0.215	0.231
	5	0.236	0.204	0.195	0.197	0.207	0.219	0.237	0.255	0.274
	6	0.284	0.246	0.235	0.238	0.249	0.264	0.286	0.308	0.331
	8	0.401	0.346	0.331	0.335	0.351	0.372	0.403	0.433	0.466
E <sup>1</sup> =700	¾	0.004	0.004	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.005	0.005
	1	0.009	0.009	0.008	0.008	0.008	0.009	0.009	0.010	0.011
	1¼	0.019	0.017	0.016	0.016	0.017	0.018	0.020	0.021	0.023
	1½	0.028	0.024	0.023	0.023	0.024	0.026	0.028	0.030	0.033
	2	0.043	0.037	0.035	0.036	0.038	0.040	0.043	0.046	0.050
	2½	0.063	0.054	0.052	0.053	0.055	0.058	0.063	0.068	0.073
	3	0.086	0.074	0.071	0.072	0.075	0.080	0.086	0.093	0.100
	4	0.120	0.104	0.099	0.101	0.106	0.112	0.121	0.130	0.140
	5	0.145	0.125	0.120	0.121	0.127	0.135	0.146	0.157	0.169
	6	0.174	0.151	0.144	0.146	0.153	0.162	0.175	0.188	0.203
	8	0.238	0.205	0.196	0.199	0.208	0.221	0.239	0.257	0.277

TABLEAU A-8 (suite)

	Profondeur d'Enterrer (ft)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sol Mod (psi)	Diamètre (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)
E <sup>1</sup> =1,000	¾	0.004	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004
	1	0.008	0.007	0.007	0.007	0.007	0.010	0.008	0.008	0.009
	1¼	0.017	0.014	0.014	0.014	0.014	0.025	0.015	0.017	0.018
	1½	0.023	0.020	0.019	0.019	0.020	0.041	0.021	0.023	0.025
	2	0.034	0.029	0.028	0.028	0.067	0.030	0.031	0.034	0.037
	2½	0.048	0.041	0.039	0.040	0.119	0.042	0.044	0.048	0.052
	3	0.063	0.054	0.052	0.053	0.189	0.055	0.058	0.063	0.068
	4	0.086	0.075	0.071	0.072	0.308	0.076	0.080	0.087	0.093
	5	0.105	0.091	0.086	0.088	0.354	0.092	0.097	0.105	0.113
	6	0.125	0.108	0.104	0.105	0.432	0.110	0.117	0.126	0.136
	8	0.169	0.146	0.140	0.141	0.647	0.148	0.157	0.170	0.183
E <sup>1</sup> =2,000	¾	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.003	0.004	0.004
	1	0.006	0.006	0.005	0.005	0.006	0.006	0.006	0.007	0.007
	1¼	0.011	0.010	0.009	0.009	0.010	0.010	0.011	0.012	0.013
	1½	0.014	0.012	0.012	0.012	0.013	0.013	0.014	0.016	0.017
	2	0.020	0.017	0.017	0.017	0.017	0.018	0.020	0.022	0.023
	2½	0.026	0.023	0.022	0.022	0.023	0.024	0.026	0.028	0.031
	3	0.033	0.029	0.028	0.028	0.029	0.031	0.034	0.034	0.039
	4	0.044	0.038	0.037	0.037	0.039	0.041	0.045	0.045	0.052
	5	0.054	0.047	0.045	0.046	0.048	0.051	0.055	0.055	0.063
	6	0.065	0.056	0.054	0.054	0.057	0.060	0.065	0.065	0.076
	8	0.086	0.074	0.071	0.072	0.075	0.080	0.087	0.087	0.100



**TABLEAU A-9  
DONNÉES DE DÉFLEXION SOUS SOL IPS PE**

	Profondeur d'Enterrer (ft)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sol Mod (psi)	Diamètre (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)
E <sup>1</sup> =200	4	0.303	0.262	0.250	0.254	0.266	0.281	0.305	0.328	0.353
	5	0.353	0.305	0.291	0.295	0.309	0.328	0.355	0.382	0.411
	6	0.488	0.422	0.403	0.408	0.428	0.453	0.491	0.528	0.568
E <sup>1</sup> =400	4	0.176	0.152	0.146	0.147	0.154	0.164	0.177	0.191	0.205
	5	0.211	0.183	0.175	0.177	0.185	0.196	0.213	0.229	0.246
	6	0.238	0.005	0.227	0.230	0.241	0.255	0.277	0.297	0.320
E <sup>1</sup> =700	4	0.094	0.005	0.089	0.091	0.095	0.101	0.109	0.117	0.126
	5	0.114	0.005	0.109	0.111	0.116	0.123	0.133	0.143	0.154
	6	0.144	0.005	0.137	0.139	0.146	0.154	0.167	0.180	0.193
E <sup>1</sup> =1,000	4	0.068	0.005	0.065	0.065	0.068	0.073	0.079	0.095	0.091
	5	0.083	0.005	0.079	0.080	0.084	0.089	0.097	0.104	0.112
	6	0.103	0.005	0.098	0.100	0.104	0.110	0.120	0.129	0.139
E <sup>1</sup> =2,000	4	0.035	0.005	0.033	0.034	0.036	0.038	0.041	0.044	0.047
	5	0.043	0.005	0.042	0.042	0.044	0.047	0.051	0.054	0.059
	6	0.053	0.005	0.051	0.051	0.054	0.057	0.062	0.066	0.071

**TABLEAU A-10**  
**DONNÉES DE DÉFLEXION SOUS SOL IPS MS**

	Profondeur d'Enterrer (ft)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sol Mod (psi)	Diamètre (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)
E <sup>1</sup> =200	2	0.055	0.048	0.045	0.046	0.048	0.051	0.055	0.059	0.064
	2½	0.105	0.091	0.087	0.088	0.092	0.098	0.106	0.114	0.123
	3	0.167	0.145	0.138	0.140	0.147	0.155	0.168	0.181	0.195
	3½	0.235	0.203	0.194	0.196	0.206	0.218	0.236	0.254	0.273
	4	0.303	0.262	0.250	0.254	0.266	0.281	0.305	0.328	0.353
	4½	0.285	0.246	0.235	0.238	0.249	0.264	0.286	0.308	0.331
	5	0.353	0.305	0.291	0.295	0.309	0.328	0.355	0.382	0.411
	6	0.488	0.422	0.403	0.408	0.428	0.453	0.491	0.528	0.568
E <sup>1</sup> =400	2	0.044	0.038	0.036	0.037	0.038	0.041	0.044	0.047	0.051
	2½	0.076	0.065	0.063	0.063	0.066	0.070	0.076	0.082	0.088
	3	0.110	0.095	0.091	0.092	0.096	0.102	0.110	0.119	0.128
	3½	0.144	0.124	0.119	0.120	0.126	0.133	0.145	0.155	0.167
	4	0.176	0.152	0.146	0.147	0.154	0.164	0.177	0.191	0.205
	4½	0.178	0.154	0.147	0.149	0.156	0.165	0.179	0.193	0.208
	5	0.211	0.183	0.175	0.177	0.185	0.196	0.213	0.229	0.246
	6	0.275	0.238	0.227	0.230	0.241	0.255	0.277	0.297	0.320
E <sup>1</sup> =700	2	0.034	0.029	0.028	0.028	0.030	0.031	0.034	0.036	0.039
	2½	0.053	0.046	0.044	0.045	0.047	0.049	0.054	0.058	0.062
	3	0.072	0.063	0.060	0.061	0.064	0.067	0.073	0.078	0.084
	3½	0.091	0.078	0.075	0.076	0.080	0.084	0.091	0.098	0.106
	4	0.108	0.094	0.089	0.091	0.095	0.101	0.109	0.117	0.126
	4½	0.114	0.099	0.094	0.096	0.100	0.106	0.115	0.124	0.133
	5	0.132	0.114	0.109	0.111	0.116	0.123	0.133	0.143	0.154
	6	0.166	0.144	0.137	0.139	0.146	0.154	0.167	0.180	0.193



**TABLEAU A-10 (suite)**

	Profondeur d'Enterrer (ft)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sol Mod (psi)	Diamètre (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)
E <sup>1</sup> =1,000	2	0.027	0.024	0.023	0.023	0.038	0.023	0.024	0.025	0.028
	2½	0.041	0.035	0.034	0.034	0.066	0.034	0.036	0.038	0.041
	3	0.054	0.047	0.045	0.045	0.096	0.045	0.047	0.050	0.054
	3½	0.066	0.057	0.055	0.056	0.126	0.056	0.058	0.062	0.067
	4	0.078	0.068	0.065	0.065	0.154	0.065	0.068	0.073	0.079
	4½	0.084	0.073	0.069	0.070	0.156	0.070	0.074	0.078	0.085
	5	0.096	0.083	0.079	0.080	0.185	0.080	0.084	0.089	0.097
	6	0.119	0.103	0.098	0.100	0.241	0.100	0.104	0.110	0.120
E <sup>1</sup> =2,000	2	0.017	0.015	0.014	0.014	0.030	0.014	0.015	0.016	0.017
	2½	0.023	0.020	0.019	0.019	0.047	0.019	0.020	0.022	0.023
	3	0.029	0.025	0.024	0.024	0.064	0.024	0.026	0.027	0.029
	3½	0.035	0.030	0.029	0.029	0.080	0.029	0.031	0.032	0.035
	4	0.041	0.035	0.033	0.034	0.095	0.034	0.036	0.038	0.041
	4½	0.045	0.039	0.037	0.037	0.100	0.037	0.039	0.041	0.045
	5	0.050	0.043	0.042	0.042	0.116	0.042	0.044	0.047	0.051
	6	0.061	0.053	0.051	0.051	0.146	0.051	0.054	0.057	0.062



**TABLEAU A-11  
DONNÉES DE DÉFLEXION SOUS SOL IPS PE**

	Profondeur d'Enterrer (ft)	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Sol Mod (psi)	Diamètre (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)	Déflexion (po)
E <sup>1</sup> =200	4	0.218	0.188	0.180	0.182	0.191	0.202	0.219	0.236	0.254
	4½	0.220	0.190	0.182	0.184	0.193	0.205	0.222	0.238	0.256
	5	0.284	0.246	0.235	0.238	0.249	0.264	0.286	0.308	0.331
	6	0.420	0.363	0.347	0.351	0.368	0.390	0.422	0.454	0.489
E <sup>1</sup> =400	4	0.144	0.125	0.119	0.121	0.126	0.134	0.145	0.156	0.168
	4½	0.151	0.131	0.125	0.126	0.132	0.140	0.152	0.163	0.176
	5	0.185	0.160	0.153	0.155	0.162	0.172	0.186	0.201	0.216
	6	0.252	0.218	0.209	0.211	0.221	0.234	0.254	0.273	0.294
E <sup>1</sup> =700	4	0.096	0.083	0.079	0.080	0.084	0.089	0.096	0.103	0.111
	4½	0.103	0.089	0.085	0.086	0.090	0.095	0.103	0.111	0.120
	5	0.122	0.105	0.101	0.102	0.107	0.113	0.122	0.132	0.142
	6	0.158	0.137	0.131	0.132	0.139	0.147	0.159	0.171	0.184
E <sup>1</sup> =1,000	4	0.072	0.062	0.059	0.060	0.063	0.066	0.072	0.077	0.083
	4½	0.078	0.067	0.064	0.065	0.068	0.072	0.078	0.084	0.091
	5	0.091	0.078	0.075	0.076	0.079	0.091	0.091	0.098	0.106
	6	0.115	0.099	0.095	0.096	0.101	0.116	0.116	0.124	0.134
E <sup>1</sup> =2,000	4	0.039	0.034	0.032	0.033	0.034	0.036	0.039	0.042	0.045
	4½	0.043	0.037	0.036	0.036	0.038	0.040	0.043	0.047	0.050
	5	0.049	0.042	0.040	0.041	0.043	0.045	0.049	0.053	0.057
	6	0.060	0.052	0.050	0.050	0.053	0.056	0.061	0.065	0.070







Allied Tube & Conduit ^ AFC Cable Systems ^ Heritage Plastics ^ Cii ^ Unistrut ^ US Tray  
Unistrut Construction ^ Marco ^ Calpipe Security ^ Calbrite ^ Calbond ^ Flexicon ^ Kaf-Tech  
Power-Strut ^ Calconduit ^ FRE Composites ^ United Poly Systems ^ Sasco Strut ^ Columbia-MBF  
Elite Polymer Solutions ^ Four Star Industries ^ Eastern Wire + Conduit ^ ACS/Uni-Fab ^ Vergokan  
Northwest Polymers ^ Cascade Poly Pipe + Conduit ^ Razor Ribbon ^ Queen City Plastics ^ Cope

## Atkore

1202 North Bowie Drive  
Weatherford, TX  
États-Unis 76086

**TÉLÉPHONE** / 817-594-8791  
**FAX** / 817-594-8211

[frecomposites.com](http://frecomposites.com)

Envie de rejoindre une entreprise qui vous aide à  
construire l'état d'esprit, les compétences et les  
outils pour réussir ?  
Visitez-nous à [atkore.com/careers](http://atkore.com/careers)