



Association de recherche sur  
les tuyaux en fonte ductile

**Résistance** et **durabilité** pour la **vie**<sup>MD</sup>

APPLICATIONS

# Forage dirigé horizontal avec tuyau en fonte ductile

by **Richard W. Bonds, P.E.**



Dernière révision :  
Janvier 2017

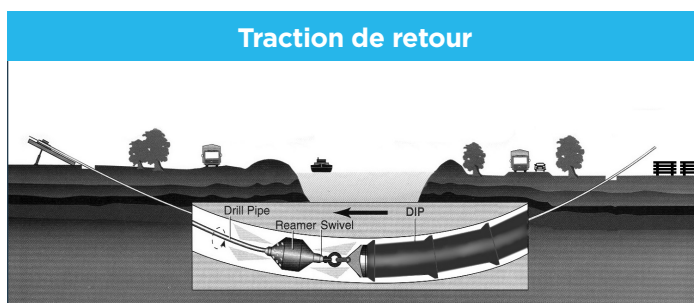
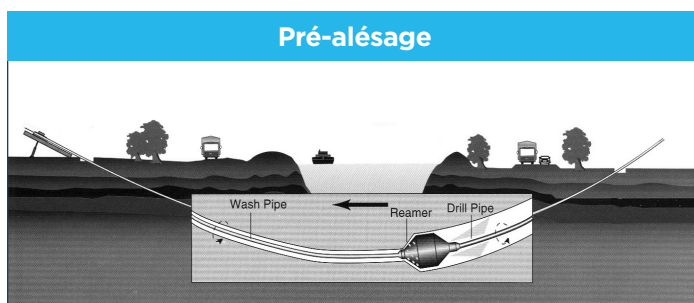
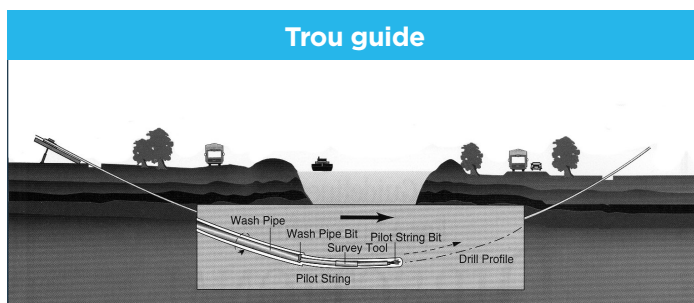
Le forage dirigé horizontal (FDH) est une méthode d'excavation sans tranchée qui fournit une alternative d'installation offrant certains avantages par rapport aux installations traditionnelles à tranchées ouvertes. Le forage dirigé horizontal peut être mis en application en ne perturbant que minimalement les activités de surface. Il exige moins d'espace de travail et peut être réalisé plus rapidement qu'en utilisant les méthodes à tranchée ouverte. De plus, il permet de simplifier ou même d'éliminer certains processus d'obtention de permis. Ce type d'installation de systèmes d'infrastructure souterraine municipale a pris un essor considérable au cours des dernières années. Bien qu'il n'existe actuellement pas de normes nationales concernant les installations par FDH, quel que soit le type de tuyau, de telles installations sont de plus en plus courantes et constituent probablement la méthode de construction sans tranchée dont l'évolution est la plus rapide à l'heure actuelle. Cette méthode peut être utilisée pour installer des nouvelles conduites ou remplacer des conduites existantes.

#### **Méthode**

Le FDH est une méthode de construction sans tranchée qui consiste à percer un trou guide en utilisant une technologie permettant au trépan d'être dirigé et suivi à partir de la surface. Un trou guide est lancé à partir de la surface à un angle variant entre 8 et 20 degrés et passe à l'horizontale à mesure que la profondeur exigée est atteinte. La trajectoire de forage s'incurve alors très progressivement ou devient pratiquement rectiligne afin de minimiser la friction et ainsi rester dans les limites permises de déformation de joint et de rayon de courbe du tuyau. Cela permet de minimiser les risques « de coincement » de la conduite dans le sol ou de dommages à la conduite.



Le trou guide est élargi (en général, d'environ une fois et demie le plus grand diamètre extérieur de la conduite du tuyau neuf) en tirant des aléuses-fraiseuses ou trépan aléateurs de plus en plus grands (alésage en sens inverse), du point d'insertion du tuyau à l'appareil de forage. Afin d'obtenir la taille appropriée pour la trajectoire de forage, il peut être nécessaire d'effectuer plusieurs opérations d'alésage. En général, on fait référence aux opérations d'alésage qui précèdent l'installation du produit par le terme « préalésages ». L'alésage final auquel le tuyau est fixé est appelé « alésage inverse ». À la suite des préalésages, la tête de traction et la conduite de raccordement sont fixés à l'aléateur par une tête d'injection, un dispositif permettant d'isoler la conduite de la rotation de la tige de forage dirigé horizontal. La conduite est ensuite tirée derrière l'aléateur final, dans la trajectoire de forage dirigé horizontal jusqu'au puits d'arrivée du côté de l'appareil de forage.



Les illustrations sont une gracieuseté de la Directional Crossing Contractors Association.

### Boue de forage

La « boue de forage » sert généralement à lubrifier la tête de coupe pendant l'opération de forage et à stabiliser la trajectoire alésée avant et pendant l'opération de traction de retour. La « boue de forage » se compose habituellement d'un mélange d'eau fraîche et de bentonite. Toutefois, d'autres substances, comme des polymères, sont parfois utilisées. La bentonite est une argile minérale

naturelle qui forme une boue lorsqu'elle est mélangée à l'eau. Les fluides de forage se caractérisent par leur viscosité, leur résistance gélatineuse, leur filtration, leur perte de fluide, leur densité de fluide, leur pH et leur pouvoir lubrifiant. Les principales fonctions des fluides de forage (ou boues de forage) utilisés pour le forage dirigé horizontal sont les suivantes :<sup>1</sup>

1. La remontée à la surface des déblais de forage par leur suspension et leur transport dans la boue qui circule dans l'espace annulaire entre la paroi de l'alésage et la tige de forage/le tuyau
2. L'élimination des débris qui s'accumulent sur les trépan en dirigeant les courants de fluide aux forets
3. Le refroidissement des outils de puits et de l'équipement électronique
4. La lubrification visant à réduire la friction entre la tige de forage/la conduite et la paroi de forage;
5. La stabilisation de la trajectoire d'alésage, en particulier dans les sols lâches ou mous, en construisant une couche de résidu à faible perméabilité et en exerçant une pression hydrostatique positive contre la paroi de l'alésage. La couche de résidu et la pression hydrostatique positive réduisent l'obstruction de la trajectoire d'alésage et empêchent la formation de fluides (c'est-à-dire les eaux souterraines) de couler dans l'alésage ou les boues de forage de quitter la trajectoire d'alésage et de se déverser dans les eaux de formation (perte de circulation);
6. La fourniture d'une puissance hydraulique aux moteurs des outils de forages de la trajectoire d'alésage.

En ce qui concerne le FDH, le mélange adéquat de boue de forage et la fourniture d'une pression appropriée dépendent beaucoup du type de sol présent. Le mélange doit être préparé en fonction des conditions géologiques anticipées. Afin de simplifier, les conditions du sol peuvent être définies par un sol de particules grossières (sable et gravier) ou un sol de particules fines (argile, limon et schiste). En général, la bentonite doit être utilisée pour les sols de particules grossières alors que les polymères sont recommandés (en y ajoutant possiblement de la bentonite) pour les sols de particules fines.<sup>1</sup>

### Puits de départ de FDH et pompe de recyclage de boue de forage





### Méthodes d'installation par FDH d'un tuyau en fonte ductile

L'installation du tuyau par FDH consiste à maintenir une trajectoire d'alésage sans obstruction de manière à ce que le tuyau soit tiré dans le passage créé aussi facilement et rapidement que possible. Les installations de tuyau en fonte ductile par FDH présentent un avantage sur d'autres types de conduites puisqu'elles peuvent être réalisées par la méthode dite « à cartouche », unique aux tuyaux segmentés comme les tuyaux en fonte ductile, ou encore par la méthode préassemblée où les tuyaux sont préassemblés dans l'emprise, puis tirés en bloc.

### Méthode à cartouche

La méthode à cartouche consiste à raccorder les joints un à la fois pendant l'installation et constitue la méthode à privilégier dans les lieux où les emprises ou servitudes sont limitées. Les tuyaux en fonte ductile à joint à emboîtement retenu peuvent être assemblés rapidement à mesure que les tiges de forage sont rétractées. Pendant la traction de retour, l'assemblage des joints nécessite normalement un peu plus de temps qu'il n'en faut pour désassembler les sections de la tige et les ranger. Cette méthode d'installation nécessite beaucoup moins d'espace ou d'exigences d'emprise que la méthode préassemblée.



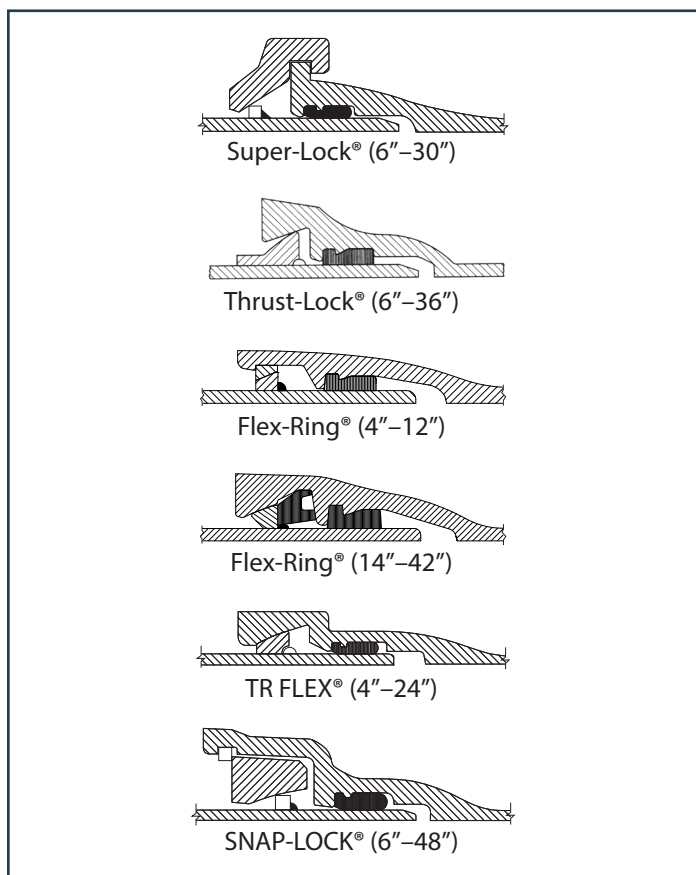
### Méthode préassemblée

La méthode préassemblée consiste à aligner le tuyau raccordé au sol avant de le tirer. Avec cette méthode, il est nécessaire de disposer d'un espace suffisant permettant de placer les sections de tuyau préassemblées à la surface du sol (en général sur des rouleaux), en alignement direct avec l'extrémité de la trajectoire de forage. Il s'agit normalement de la seule option pour les tuyaux en acier soudé et en polyéthylène à joint fusionné, en raison du temps qu'il faut pour positionner et souder ou fusionner correctement les sections individuelles de tuyau.



## Applications et déflexions des joints

Des joints retenus flexibles sont essentiels à la réussite des installations de tuyaux en fonte ductile par FDH. Ces joints se traduisent par une bonne distribution de la force de poussée ou de traction autour de la partie femelle du tuyau et du fût, et permettent de plus grandes forces de traction que les autres types de tuyaux. Ils permettent également une importante déflexion des joints avec retenue simultanée et un assemblage rapide et facile pour les installations à « cartouche » dans lesquelles les emprises ou servitudes sont limitées. Les fabricants de tuyaux en fonte ductile possèdent des joints à emboîtement retenus recommandés pour les applications de FDH. Contactez les fabricants de tuyaux en fonte ductile pour connaître les types de joints recommandés et les déflexions maximales qui y sont associées. Vous trouverez ci-dessous quelques joints recommandés pour les installations par FDH.



Les joints d'étanchéité à emboîtement qui utilisent des dents de verrouillage en acier inoxydable sont déconseillés pour les installations par FDH. Les déflexions de joint ou la rotation relative entre deux sections de tuyau pendant l'installation avec ces types de joints d'étanchéité utilisant des dents de verrouillage de retenue peuvent entraîner une fuite ou une séparation possible du joint.

## Tractions radiales

Le site de préparation et la trajectoire de forage doivent être prévus de manière à ne pas dépasser les déflexions permises des joints de tuyaux en fonte ductile déterminées par le fabricant lorsque le tuyau est tiré. Lors de la traversée d'une étendue d'eau, par exemple, les opérations de traction de FDH peuvent être, d'une certaine manière, plus sûres pour l'installation de tuyaux en fonte ductile à joints à emboîtement retenu que des joints retenus ayant une capacité de déflexion similaire dans une installation terrestre ou subaquatique à tranchée ouverte. Les entrepreneurs ne peuvent pas déformer aussi facilement les joints de manière excessive (ou les endommager lors de moments de flexion appliqués) dans une opération de traction par FDH. La trajectoire de forage dirigé horizontal généralement étroite restreint efficacement le mouvement latéral des joints et des tuyaux. Contrairement aux tuyaux soudés ou fusionnés, les joints à emboîtement retenus de tuyaux en fonte ductile utilisés dans une installation par forage dirigé horizontal sont flexibles (en fait, ce sont des charnières). En se conformant au rayon de courbure (conçu adéquatement) de la trajectoire d'alésage d'un tuyau en fonte ductile, la force de tirage exercée ne crée pratiquement aucune contrainte de traction supplémentaire sur les parois du tuyau en fonte ductile en raison du moment de flexion. Autrement dit, avec un tuyau en fonte ductile, la préoccupation primaire de conception relative à la traction du tuyau dans un rayon de courbure déterminé de manière adéquate ne se limite qu'à la charge de traction rencontrée, y compris tout effet de choc, s'il y a lieu.<sup>2</sup>

Il est important de noter que certains fabricants de tuyaux peuvent déconseiller les tractions sur de très longues courbes et recommander que les courbes soient plutôt réalisées par plusieurs tractions rectilignes de manière à éliminer la possibilité d'une déflexion excessive du joint et le dépassement de la force de traction maximale.

**TABLEAU 1**  
Rayon de courbure minimal permis

Déflexion maximale permise du joint (en degrés)	Rayon de courbure minimal permis pour un tuyau de 18 pi (5,48 m)	Rayon de courbure minimal permis pour un tuyau de 20 pi (6,09 m)
3,00	340	380
3,25	317	352
3,50	295	330
3,75	275	305
4,00	258	285
4,25	243	270
4,50	229	255
4,75	217	241
5,00	205	230



### Friction du tuyau sur la trajectoire d'alésage

Des observations antérieures ont démontré que « les charges de traction exercées sur les tuyaux en fonte ductile étaient typiquement inférieures à celles exercées sur les tuyaux en PEHD de diamètre similaire. »<sup>3</sup> L'une des raisons de cette observation est que la densité apparente d'un tuyau en fonte ductile vide est normalement plus proche de celle d'un sol/d'une bouillie liquide qu'elle ne l'est avec des tuyaux plus légers. Par conséquent, dans la plupart des cas, la force de gravité normale ou la poussée due à la flottabilité (poussée d'Archimède) se traduira rarement par une augmentation de la friction contre les parois du trou d'alésage à mesure que le tuyau est tiré.<sup>4</sup>

Dans les installations de FDH, les extrémités femelles de tuyau à emboîtement retenu peuvent être orientées de manière à minimiser la friction exercée sur le bout femelle lors de la traction par le trou d'alésage. Cela permet à la boue de forage et aux déblais d'excavation de circuler facilement par-dessus le contour lisse des extrémités femelles. Dans les conceptions à joints intégraux à faible profil, la partie mâle du tuyau est généralement orientée vers l'avant, mais cette orientation varie en fonction de la conception des joints et les fabricants de tuyaux doivent donc être consultés à cet effet.

### Capacité de force de traction

De nos jours, certaines machines pour FDH sont capables de produire de très grandes forces de traction. Le joint du tuyau doit donc pouvoir résister à telles forces. Les fabricants de tuyaux en fonte ductile recommandent des joints à emboîtement retenu très résistants conçus pour les applications de FDH. Consultez les fabricants de tuyaux pour connaître la force de traction maximale permise recommandée.

### Têtes de traction

Après avoir terminé les opérations de préalésage, un connecteur pivotant est attaché entre l'alésage final et la tête de traction. La tête de traction est ensuite fixée à l'extrémité mâle de la première section du tuyau. Il existe de nombreuses conceptions de tête de traction. Les têtes de traction peuvent être fabriquées par l'installateur ou obtenues auprès de certains fabricants de tuyaux.



### Contrôle de la corrosion

Si le sol d'origine ou la boue de forage sont considérés comme étant corrosifs pour le tuyau en fonte ductile, une protection contre la corrosion est alors nécessaire. De nombreuses installations de FDH et inspections de celles-ci ont démontré qu'un tuyau en fonte ductile peut être installé avec succès lorsqu'il est enveloppé dans une gaine de polyéthylène répondant à la norme ANSI/AWWA C105/A21.5.

Avec certaines modifications mineures, la méthode d'installation A pour conditions de tranchée humide (Alternate Method A for Wet Trench Conditions) précisée dans la norme ANSI/AWWA C105/A21.5 doit être utilisée pour recouvrir de polyéthylène un tuyau en fonte ductile dans les installations de FDH.

La première conduite tirée dans le trou de forage exige que la gaine de polyéthylène soit bien fixée au fût de tuyau par plusieurs tours de ruban adhésif, à un pied (30 cm) jusqu'à l'extrémité mâle du tuyau. Le ruban doit être collé directement à la gaine en polyéthylène et au fût métallique du tuyau. Cela minimisera tout risque d'infiltration de la boue de forage ou des déblais sous la gaine de polyéthylène. Lors de l'application de la gaine en polyéthylène au joint assemblé, la gaine du tuyau avant doit toujours chevaucher celle de la section de tuyau qui suit. Encore une fois, cela permet de s'assurer que la boue de forage et les déblais ne sont pas introduits sous la gaine de polyéthylène pendant la traction du tuyau. Pour bien fixer la gaine de polyéthylène au niveau du joint, une courroie d'attache en plastique doit être bien serrée ou du ruban doit être enroulé autour du tuyau de chaque côté du joint.

DIPRA a inspecté l'installation d'une gaine de polyéthylène par cette méthode et a conclu qu'elle offrait d'excellents résultats. Les enroulements complets de ruban autour du fût du tuyau à des intervalles de deux pieds (61 cm) permettent à l'air emprisonné de s'échapper au niveau du chevauchement de la gaine sur le joint à mesure que la pression hydrostatique de la boue de forage exerce une pression uniforme autour du tuyau. Une autre méthode de fixation consiste à enrouler du ruban en spirale continue autour de la gaine de polyéthylène sur toute la longueur du tuyau en laissant environ un pied (30 cm) entre les tours de ruban.

Les installations de tuyau en fonte ductile par forage dirigé horizontal ont généralement lieu dans une zone d'assemblage préparée adjacente au puits d'entrée du tuyau. Cela permet ainsi au tuyau recouvert de polyéthylène de pénétrer immédiatement la boue de forage lisse et lubrifiante sans être tiré sur un sol rugueux qui risquerait d'endommager la gaine.

## Conclusion

Les installations réussies de FDH ont fermement établi qu'un tuyau en fonte ductile à emboîtement retenu flexible constitue non seulement un choix valable dans une installation sans tranchée, mais, dans de nombreux cas, un choix supérieur. Les avantages du tuyau en fonte ductile à emboîtement retenu flexible dans les installations de FDH comprennent notamment :<sup>4</sup>

1. Des capacités de pression standard allant jusqu'à 350 lb/po<sup>2</sup> (supérieures sur demande spéciale)
2. Une grande résistance du matériau lors de la traction et pour les charges mortes et vives
3. Une meilleure distribution des forces de poussée ou de traction du bout femelle et du fût
4. Des forces de traction permises supérieures aux autres options de tuyaux
5. D'importantes déflexions permises des joints
6. Un assemblage rapide et simple des joints
7. Une option d'installation « à cartouche » dans le cas d'emprises ou de servitudes limitées
8. Une localisation facile à partir de la surface avec les outils de localisation couramment utilisés
9. Des capacités de rendement qui ne sont pas compromises par des températures élevées
10. Une résistance du matériau qui ne s'atténue pas ou ne diminue pas avec le temps
11. Une paroi de tuyau imperméable aux hydrocarbures volatils, minimisant ainsi la contamination potentielle du système d'eau actuelle et dans le futur
12. Pendant la traction du retour, il n'y a aucune contrainte de flexion résiduelle importante dans le tuyau, ce qui pourrait autrement compromettre sa performance future, y compris le perçage sous pression
13. Aucun « rétrécissement » important et un mouvement minimal du tuyau en raison de l'expansion thermique
14. L'élimination du cisaillement potentiel des sorties latérales taraudées en raison de l'expansion et de la contraction thermiques

En raison de la demande croissante en infrastructures d'adduction d'eau et d'évacuation des eaux usées, et du mouvement visant à réduire le fardeau social/économique des contribuables, les installations sans tranchée utilisant la méthode de FDH prendront assurément un rôle de plus en plus important. Pour ces installations, le personnel et les entrepreneurs de travaux publics ont l'option d'installer des tuyaux en fonte ductile de qualité supérieure et de faire ainsi le choix qui s'impose.

## Références

1. Ariaratnam, Samuel T., « Evaluation of the Annular Space Region in Horizontal Directional Drilling Installations », Université d'État de l'Arizona
2. Conner, Randy, « Horizontal Directional Drilling with Ductile Iron Pipe », Conférence spécialisée de l'ASCE Pipeline Division : Pipelines in the Constructed Environments, San Diego, Californie, 1998.
3. Carnes, Singh et Carpenter, « Trenchless Solutions Utilizing Ductile Iron Pipe », Conférence nationale de l'AWWA 2002, Nouvelle-Orléans, Louisiane, juin 2002.
4. Ariaratnam, Mistler et Carpenter, « Installation of Municipal Underground Infrastructure Systems Using Horizontal Directional Drilling and Ductile Iron Pipe ».

# Pour plus d'information, contactez DIPRA ou l'un de ses membres.

## DIPRA

Une association de fabricants de tuyaux de fonte ductile qui s'engage à maintenir un programme de recherche continu et une offre de services aux professionnels en distribution d'eau potable et d'eaux usées, contribuant ainsi aux plus hautes normes de qualité.

P.O. Box 190306  
Birmingham, AL 35219  
Tél. 205 402.8700  
[www.dipra.org](http://www.dipra.org)

## Réseaux sociaux

Tenez-vous au courant des dernières actualités sur les tuyaux en fonte ductile en nous suivant sur Facebook, Twitter, et LinkedIn.

Visitez notre site Web à [www.dipra.org/videos](http://www.dipra.org/videos) et cliquez sur l'icône YouTube pour y trouver des vidéos d'information sur la simplicité d'emploi, la résistance et la durabilité, de même que sur les avantages des tuyaux en fonte ductile par rapport à ceux en PVC.



## Membres

AMERICAN Ductile Iron Pipe  
P.O. Box 2727  
Birmingham, Alabama 35202-2727

Canada Pipe Company ULC  
1757, Burlington Street East  
Hamilton, Ontario Canada L8N 3R5

McWane Ductile  
P.O. Box 6001  
P.O. Box 6001  
Coshocton, Ohio 43812-6001

United States Pipe and Foundry Company  
Two Chase Corporate Drive  
Suite 200  
Birmingham, Alabama 35244

**Le tuyau en fonte ductile**  SMART certified