

Annexe 14

FICHES TECHNIQUES DU GUIDE TECHNIQUE DE LA RÉFORME DT/DICT

Objet

Il s'agit d'une technique dirigée et localisable.

Le forage horizontal est une technique qui permet de poser des canalisations et des câbles, sans ouvrir de tranchée, en passant éventuellement sous des obstacles (*chaussées, bâtiments, cours d'eau...*) sans intervenir directement sur ces obstacles.



La pose de canalisations avec cette technique s'effectue en 3 phases :

- durant le forage pilote, des tiges de faible diamètre (*40-60 mm*) sont poussées par une foreuse. La tête de forage biseautée permet de diriger le forage. La sonde dont elle est équipée fournit en permanence sa localisation et son orientation. Selon la nature du terrain, le sol sera en partie comprimé en partie extrait. L'injection d'un fluide de forage permet de déliter le sol, de l'évacuer, de lubrifier et de refroidir le train de tiges et de consolider les parois du forage en formant un *cake* avec le terrain ;
- des alésages successifs en tirant le train de tiges en retour, permettent d'obtenir un conduit au diamètre voulu (*≈1,5 fois le diamètre de la canalisation à poser*). Le fluide de forage évacue le matériau extrait ;
- la canalisation, préparée à l'avance et lubrifiée par le fluide de forage, est ensuite tirée et mise en place.

Risques potentiels

Le forage dirigé est localisable avec une précision de quelques cm (*2 à 5% de la profondeur*), sauf en cas de fortes perturbations électromagnétiques. Il est dirigeable lorsque les présentes règles de l'art sont appliquées. En conséquence, les risques résultent :

- du manque de précision de la localisation des ouvrages enterrés ;
- des contraintes provoquées par la réaction du sol (*risque limité car une grande partie des déblais est évacuée par le fluide de forage*) lors du passage du forage ;
- de l'infiltration du fluide de forage sous pression dans des discontinuités du sol ;
- de la création de fontis, si le débit d'extraction est trop important par rapport à la vitesse d'avancement ;
- d'une modification de la trajectoire, par augmentation des rayons de courbure lors d'un alésage trop rapide ou tout simplement par cisaillement du terrain (*sol mou*).

- effondrement du front de taille ;
- résurgences de fluide de forage ;
- déformation de la géométrie des plates-formes de voies ferroviaires.

Recommandations et prescriptions

Prescription

- **disposer d'un plan de forage avec une coupe longitudinale indiquant la position des obstacles et des ouvrages existants compte tenu de leur fuseau de précision et une vue en plan, conformément aux éléments communiqués par le responsable du projet ;**

- utiliser de préférence les machines mini ou midi pour des forages à faible profondeur, pour des canalisations $\leq 200\text{mm}$. Pour des forages plus importants en longueur, et surtout en diamètre pour lesquels une machine maxi serait jugée nécessaire, il faut envisager de passer plus profond en s'affranchissant des ouvrages existants ;
- déterminer à l'avance les rayons de courbures, en tenant compte de la nature du terrain et de la canalisation à poser (*longueur, diamètre, matériau, contraintes acceptables*) ;
- choisir l'outil de forage et l'aléseeur en fonction de la nature du terrain ;
- adapter le fluide de forage en fonction de la nature du terrain ;
- adapter la vitesse d'alésage dans les courbes et en fonction du débit de fluide ;

- **surveiller en permanence la trajectoire lors du forage pilote ;**
- **surveiller en permanence la pression, le débit et le retour du fluide de forage ;**
- **vérifier que la réception du signal de la sonde n'est pas perturbée (*brouillage électromagnétique près de lignes HT, de voies SNCF...*) ;**

- étalonner la sonde et le récepteur sur le chantier en configuration de travail ;
- faire vérifier annuellement le matériel de mesure (*sondes et récepteur*) par un organisme agréé par le fabricant, ou selon une procédure interne validée par ce dernier ;

- **pour tout forage dirigé de plus de 15 mètres linéaires, disposer d'une étude géologique permettant de caractériser notamment la présence de vides ou de terrains décomprimés, de nappes, de terrains de faible cohésion, de blocs rocheux, de terrains collants ou gonflants... ;**

- **définir en accord avec les exploitants de voies ferroviaires les distances de sécurité ;**
- surveiller les tassements en surface et les résurgences éventuelles de fluide ;

- **Dimension du fuseau de la technique :**

Il s'agit de la distance entre la génératrice du dernier alésage et celle de l'ouvrage existant (*pris sur l'axe les reliant*). En cas de courbe, il faut tenir compte du risque de rectification de cette courbe lors des alésages.

Croisement de l'ouvrage existant		Tir parallèle à l'ouvrage existant	
Aléseeur < 300 mm	Aléseeur > 300 mm	Aléseeur < 300 mm	Aléseeur > 300 mm
20 cm	Diamètre de l'aléseeur	20cm	Diamètre de l'aléseeur
+ précision de localisation de l'ouvrage existant			

En cas de croisement ponctuel, ces distances peuvent être réduites sous réserve de dégager l'ouvrage existant.

Certains ouvrages (*compte tenu de leur pression, diamètre, tension...*) justifient de prendre des prescriptions particulières qui seront données par leurs exploitants pouvant aller jusqu'à la réalisation de sondages intrusifs au droit des croisements ou à la définition de distances entre la trajectoire prévue et l'ouvrage plus importantes.

A l'exception des prescriptions en rouge, il s'agit de recommandations génériques non exhaustives, qu'il appartient à l'entreprise d'adapter, le cas échéant, pour tenir compte de son analyse technique complémentaire préalable au chantier.

Objet

L'outil est constitué d'un cylindre à l'intérieur duquel un marteau pneumatique se déplace et frappe une tête-enclume tronconique.

Cette fusée réalise un tunnel par refoulement et compression du sol, dans lequel sera ensuite posé une canalisation ou un fourreau.

Des diamètres de 45 à 300 mm sont possibles en plusieurs passes dans des terrains très variés mais qui doivent être compressibles. Selon les conditions géologiques, les distances pratiquées varient de 5 à 25 m.

La précision du tir dépend de la position et du calage lors du départ, ainsi que des caractéristiques du sol.

Les fusées sont équipées d'une sonde qui permet de les localiser (*sauf en cas de fortes perturbations électromagnétiques*). Mais elles demeurent non-dirigeables. Il est impossible de rectifier leur trajectoire (*sauf en réalisant des fouilles intermédiaires préalable pour corriger la trajectoire le cas échéant*).

Risques potentiels

Le mode de fonctionnement des fusées nécessite un sol avec des caractéristiques de frottement suffisantes, compressible et fissible, sans être mou ou sableux pour éviter toute déviation. Très sensibles à la consistance du sol, les fusées privilégient le passage dans les couches les plus meubles et peuvent être déviées par des obstacles ou des interfaces de couches de sol de compressibilité différentes (*parois d'anciennes tranchées*).

Les risques résultent donc :

- des déviations de la trajectoire, qui peuvent être plus ou moins importantes ;
- des contraintes sur le terrain et les ouvrages à proximité, qui peuvent être fortes ;
- des vibrations dues à la percussion.

Recommandations et prescriptions

- placer la sonde en tête ;
- quand cela est possible, lancer la fusée du côté le plus proche de la canalisation à croiser. Quand il y en a plusieurs, choisir le côté le plus proche de celle qui présente le plus de risques ;

○ **utiliser cette technique à une profondeur ≥ 10 fois le diamètre de la fusée ;**

- positionner avec soin la fusée en utilisant un affût de départ, installé sur un plancher ou un radier stable au préalable nivelé et compacté ;

○ **régler l'orientation avec un niveau et un système de visée ;**

○ **surveiller en permanence la fusée et sa trajectoire à l'aide d'un récepteur ;**

○ **vérifier que la réception du signal de la sonde n'est pas perturbée (*brouillage électromagnétique près de lignes HT, de voies SNCF...*) ;**

- étalonner la sonde et le récepteur sur le chantier en configuration de travail, et vérifier son bon fonctionnement ;
- faire vérifier annuellement le matériel de mesure (*sondes et récepteur*) par un organisme agréé par le fabricant ou selon une procédure interne validée par celui-ci ;

○ **Dimension du fuseau de la technique :**

20 cm	+ 2 fois le diamètre de la fusée	+ précision de localisation de l'ouvrage existant
--------------	---	--

Ces distances restent valables en cas de tracé parallèle.

Certains ouvrages (*compte tenu de leur pression, diamètre, tension...*) justifient des prescriptions particulières qui seront données par l'exploitant. Elles peuvent aller jusqu'à la réalisation de sondages intrusifs au droit des croisements ou fixer des distances entre la trajectoire prévue et l'ouvrage existant plus importantes.

A l'exception des prescriptions en rouge, il s'agit ici de recommandations génériques non exhaustives qu'il appartient à l'entreprise d'adapter, le cas échéant, pour tenir compte de son analyse technique complémentaire préalable au chantier.

Objet

Une fusée réalise un tunnel par refoulement et compression du sol dans lequel sera ensuite posé une canalisation ou un fourreau. L'outil est constitué d'un cylindre à l'intérieur duquel un marteau pneumatique se déplace et frappe une tête-enclume tronconique.

Des diamètres de 45 à 300 mm sont possibles en plusieurs passes dans des terrains très variés sous réserve qu'ils soient compressibles. Selon les conditions géologiques, les distances pratiquées varient de 5 à 25 m.

La précision du tir dépend de la position et du calage lors du départ, ainsi que des caractéristiques du sol.

Non-dirigeable, il est impossible de rectifier la trajectoire, à moins de réaliser préalablement des fouilles intermédiaires.

Risques potentiels

Le mode de fonctionnement des fusées nécessite un sol avec des caractéristiques de frottement suffisantes, c'est à dire compressible et fissible, sans être mou ou sableux, afin d'éviter toute déviation. Très sensibles à la consistance du sol, les fusées privilégient le passage dans les couches les plus meubles et peuvent être déviées par des obstacles ou des interfaces de couches de sol de compressibilité différentes (*c'est notamment le cas avec des parois d'anciennes tranchées*).

Les risques résultent donc :

- des déviations de la trajectoire de la fusée, qui peuvent être plus ou moins importantes ;
- des contraintes sur le terrain et notamment de la présence d'ouvrages à proximité ;
- des vibrations dues à la percussion.

Recommandations et prescriptions

Prescription

- **proscrire les fusées de gros diamètres (>120 mm) sans dispositif de localisation (sonde) ;**
- **pour ces fusées non localisables, ouvrir une fouille afin de dégager les ouvrages sensibles pour la sécurité⁴¹ qui sont croisés à partir d'une distance parcourue supérieure à 2 fois la longueur de la fusée ;**
- ne pas utiliser cette technique sur des terrains trop hétérogènes,
- si possible, lancer la fusée du côté le plus proche de la canalisation à croiser. Quand il y en a plusieurs, choisir le côté le plus proche de celle qui présente le plus de risques ;
- **utiliser cette technique à une profondeur ≥ 10 fois le diamètre de la fusée ;**

⁴¹ à l'exception des réseaux d'éclairage public.

- positionner avec soin la fusée en utilisant un affût de départ, installé sur un plancher ou un radier stable préalablement nivelé et compacté ;

- régler l'orientation avec un niveau et un système de visée ;
- surveiller en permanence la fusée et sa trajectoire selon le bruit et la vitesse d'avancement ;
- Dimension du fuseau de la technique :

Cas	Distance entre ouvrage et trajectoire prévue	
Visualisation des ouvrages sensibles croisés dans des fouilles ouvertes	20 cm	Ajouter la précision de localisation de l'ouvrage existant
Ouvrages gaz	80 cm	

Il est à noter que ces distances restent valables en cas de tracé parallèle.

Certains ouvrages (*compte tenu de leur pression, diamètre, tension...*) justifient des prescriptions particulières qui seront données par l'exploitant. Elles peuvent aller jusqu'à la réalisation de sondages intrusifs au droit des croisements ou fixer des distances entre la trajectoire prévue et l'ouvrage existant plus importantes.

A l'exception des prescriptions en rouge, il s'agit de recommandations génériques non exhaustives, qu'il appartient à l'entreprise d'adapter, le cas échéant, pour tenir compte de son analyse technique complémentaire préalable au chantier.

Objet

Il s'agit d'une technique guidée.

Le train de tubes est battu à l'aide d'un « marteau » pneumatique. Le tuyau de tête est muni d'une frette de renfort ou d'une trousse coupante qui permet le carottage du terrain en place. Les tubes, en général de 3, 6 ou 12 m en acier, doivent être soudés à mesure de l'avancement.

Ces traversées, de 20 à 50 m en moyenne, permettent de poser des conduites ou des gaines en acier.

Le « décrochage », terme désignant la fonction d'enlèvement des déblais qui remplissent le tube, est assuré par curage à l'eau sous pression ou à l'air comprimé ou par une tarière.

Risques potentiels

Cette technique ne permet généralement pas de localiser la tête⁴². En effet, fixer une sonde sur le tube en tête est envisageable mais sans garantie de fiabilité.

La déviation du tube est limitée par sa faible flexibilité, mais elle est sensible à la consistance du sol. Comme les fusées, le tube a tendance à descendre dans les terrains trop meubles et à remonter avec une trop faible couverture.

Les risques résultent donc :

- des déviations de la trajectoire qui interviennent selon les caractéristiques du terrain, en l'absence de radier stable, ou suite à un mauvais alignement des tubes lors du soudage ;
- des contraintes sur le terrain et de la présence d'ouvrages à proximité ;
- des fortes vibrations dues à la percussion ;
- du déplacement de blocs dans des terrains hétérogènes (*remblais ou meulière*).

Recommandations et prescriptions

- avoir une bonne connaissance des caractéristiques géotechniques du terrain ;
- éviter les terrains avec des argiles gonflantes ou en présence de blocs importants ;
- **utiliser à une profondeur minimum de 1 mètre ;**
- positionner avec soin le tube au départ sur un radier préalablement nivelé et compacté, en utilisant un niveau et un système de visée ;
- si une grande précision est nécessaire :
 - installer la machine sur un radier nivelé en béton maigre, avec un bâti rigide de lancement ;
 - soigner particulièrement l'alignement des tubes lors du soudage ;

⁴² A moins d'utiliser, sous certaines conditions de terrain, des appareils de type radar géophysique.

○ **augmenter le diamètre et l'épaisseur du tube avec la longueur du tir ;**

○ éviter la proximité d'ouvrages sensibles aux vibrations (*fontes, grès...*).

○ **surveiller en permanence le tube ;**

○ **Dimension du fuseau de la technique :**

Diamètre du tube	Distance entre ouvrage et trajectoire prévue	
< 200 mm	20 cm + 5% de la longueur	+ précision de localisation de l'ouvrage existant
Entre 200mm et 400mm	20 cm + 2% de la longueur	
> 400 mm	20 cm + 1% de la longueur	

Ces distances restent valables en cas de tracé parallèle.

Certains ouvrages (*compte tenu de leur pression, diamètre, tension...*) justifient de prendre des prescriptions particulières qui seront données par l'exploitant pouvant aller jusqu'à la réalisation de sondages intrusifs au droit des croisements ou à la fixation de distances plus importantes.

A l'exception des prescriptions en rouge, il s'agit de recommandations génériques non exhaustives, qu'il appartient à l'entreprise d'adapter, le cas échéant, pour tenir compte de son analyse technique complémentaire préalable au chantier.

Objet

Il s'agit d'une technique dirigée et localisable.

La technique du pousse-tube opère à partir d'un puits vertical. Le train de tubes est foncé à l'aide d'un vérin hydraulique. Il peut être équipé d'une trousse orientable dans les trois dimensions en combinant :

- un creusement à front ouvert éventuellement préssurisable ;
- la construction à l'avancement de l'ouvrage par fonçage à l'aide de vérins ;
- le transport et l'évacuation vers la surface des matériaux excavés.

Cette technique permet de réaliser des tronçons de quelques dizaines de mètres jusqu'à plusieurs centaines de mètres (*pour des diamètres de 1 000 à 2 500 mm*). Elle met en œuvre des matériaux variés, tels le PRV, le grès, le béton (*armé, âme-tôle, résine*), voire l'acier.

L'outil permet la traversée de terrains meubles et/ou rocheux de géologies très variées.

Il peut s'affranchir dans certains cas de la présence de nappes souterraines. Afin de limiter les risques, la reconnaissance des sols est indispensable.

Risques potentiels

L'outil est localisable avec une incertitude inférieure à 5 cm. Il est continuellement dirigeable. En conséquence, les risques résultent :

- de la création de fontis et/ou de tassements, suite à des infiltrations dues à la présence de nappes souterraines ;
- de la création de fontis, si le volume extrait est supérieur au volume théorique de creusement ou lorsque la stabilité du front de taille n'est pas assuré.

Recommandations et prescriptions

Prescription

- **réaliser une analyse géotechnique et géophysique du terrain et connaître le niveau de la nappe phréatique par rapport au projet ;**
- **vérifier la résistance du sol à la poussée et le frottement sol/ouvrage afin de choisir la station de poussée ;**
- surveiller le débit de déblais en fonction de la vitesse d'avancement de la machine ;
- contrôler régulièrement le guidage de la machine ;
- contrôler régulièrement le nivellement du terrain en surface ;

- **Dimension du fuseau de la technique :**

20 cm	+ précision de localisation de l'ouvrage existant
-------	---

Cette distance reste valable en cas de tracé parallèle.

Certains ouvrages (*compte tenu de leur pression, diamètre, tension...*) justifient de prendre des prescriptions particulières qui seront données par l'exploitant pouvant aller jusqu'à la réalisation de sondages intrusifs au droit des croisements ou à la fixation de distances plus importantes.

A l'exception des prescriptions en rouge, il s'agit de recommandations génériques non exhaustives, qu'il appartient à l'entreprise d'adapter, le cas échéant, pour tenir compte de son analyse technique complémentaire préalable au chantier.

Objet

Il s'agit d'une technique guidée avec possibilité de localisation.

Cette technique consiste à excaver le sol à l'aide d'une tarière avec le fonçage d'un tube avec un vérin hydraulique. A l'intérieur du tube, une vis sans fin munie d'une tête de forage excave et évacue les produits de maritage.

Ces matériels permettent de réaliser des traversées de 5 à 80 m avec des conduites en acier. Ils permettent également de réaliser des branchements particuliers de petits diamètres.

Certains de ces matériels sont aujourd'hui équipés d'un dispositif de correction de trajectoire mais seulement dans un seul plan. C'est en règle générale le plan vertical pour maintenir la pente.

Risques potentiels

Les risques résultent donc :

- de la création de fontis par excavation excessive dans des terrains bouillants ;
- des déviations de la trajectoire selon les caractéristiques du terrain et en l'absence d'un radier stable ;
- des contraintes sur le terrain et de la présence d'ouvrages à proximité.

Recommandations et prescriptions

Prescription

- **utiliser avec une couverture minimum de 1,5 fois le diamètre du tube ;**
- **positionner avec soin le tube au départ sur un radier préalablement nivelé et compacté en utilisant un niveau et un système de visée,**
- vérifier la capacité de réaction du terrain pour l'appui du vérin ;
- si une précision importante est nécessaire, installer la machine sur un radier nivelé en béton maigre ;
- éviter l'utilisation dans des terrains bouillants et surveiller le débit de déblais ;

- **surveiller en permanence le tube ;**
- **Dimension du fuseau de la technique :**

Diamètre du tube	Distance entre ouvrage et trajectoire prévue	
< 300 mm	20 cm + 5% de la longueur	+ précision de localisation de l'ouvrage existant
Entre 300mm et 500mm	20 cm + 2% de la longueur	
> 500 mm	20 cm + 1% de la longueur	

Ces distances restent valables en cas de tracé parallèle.

Certains ouvrages (*compte tenu de leur pression, diamètre, tension...*) justifient de prendre des prescriptions particulières qui seront données par l'exploitant pouvant aller jusqu'à la réalisation de sondages intrusifs au droit des croisements ou à la fixation de distances plus importantes.

A l'exception des prescriptions en rouge, il s'agit de recommandations génériques non exhaustives, qu'il appartient à l'entreprise d'adapter, le cas échéant, pour tenir compte de son analyse technique complémentaire préalable au chantier.

Objet

Cette technique consiste à foncer une barre pilote guidée par un dispositif optique ou laser dont la précision est millimétrique. Il s'agit en général de la première phase d'un forage à la tarière lorsqu'il faut respecter une trajectoire rectiligne précise.

La tarière est ensuite raccordée aux tiges mises en place, qui servent alors de guide.

Cette variante du forage à la tarière permet donc d'assurer un bon contrôle de la trajectoire.

Risques potentiels

Les risques résultent :

- des contraintes sur le terrain et de la présence d'ouvrages à proximité ;
- de la création de fontis par excavation excessive dans les terrains pouvant s'ébouler.

Recommandations et prescriptions*Prescription*

- **utiliser à une profondeur permettant d'obtenir une couverture de 1,5 fois le diamètre de l'outil qui sera guidé ;**
- éviter toute utilisation dans des terrains pouvant s'ébouler et surveiller le débit de déblais ;
- surveiller en permanence les barres ;

- **Dimension du fuseau de la technique :**

20 cm	+ demi-différence de diamètre entre la tarière et la barre pilote	+ précision de localisation de l'ouvrage existant
--------------	--	--

Cette distance reste valable en cas de tracé parallèle.

Certains ouvrages (*compte tenu de leur pression, diamètre, tension...*) justifient de prendre des prescriptions particulières qui seront données par l'exploitant qui peuvent aller jusqu'à la réalisation de sondages intrusifs au droit des croisements.

A l'exception des prescriptions en rouge, il s'agit ici de recommandations génériques non exhaustives, qu'il appartient à l'entreprise de travaux d'adapter, le cas échéant, pour tenir compte de son analyse technique complémentaire préalable au chantier.

Objet

Cette technique est non seulement dirigée mais également localisable.

Le microtunnelier est un robot opérant à partir d'un puits vertical. Il est piloté grâce à une tête orientable dans les 3 dimensions depuis la surface, en combinant :

- un creusement à front fermé, complété par un confinement du front de taille et un concassage des matériaux ;
- la construction à l'avancement de l'ouvrage par fonçage à l'aide de vérins ;
- le transport et l'évacuation vers la surface des matériaux excavés.

Cette technique permet la réalisation de tronçons de quelques dizaines de mètres (*pour des diamètres variant de 500 à 1000 mm*) jusqu'à plusieurs centaines de mètres (*pour des diamètres de 1200 à 2500 mm*). Elle met en œuvre des matériaux variés, tels le PRV, le grès, le béton (*armé, âme-tôle, résine*), voire l'acier.

L'outil permet :

- de traverser des terrains meubles et/ou rocheux de géologies très variées,
- et de s'affranchir de la présence de nappes souterraines.

Toutefois, afin de limiter les risques, la reconnaissance des sols est indispensable.

Risques potentiels

Le microtunnelier est localisable avec une incertitude inférieure à 5 cm. Il est dirigeable en permanence. En conséquence, les risques résultent :

- des contraintes provoquées par la pression exercée en tête lors du creusement du sol. Ce risque est très limité car l'ensemble des déblais est évacué au fur et à mesure du creusement ;
- de l'infiltration du fluide de forage sous pression dans des discontinuités du sol ;
- de la création de fontis, si le volume extrait est supérieur au volume théorique de creusement.

Ces risques restent cependant faibles et limités à la partie avant du creusement.

Recommandations et prescriptions

Prescription

- **réaliser ou disposer d'une analyse géotechnique et géophysique du terrain et connaître le niveau de la nappe phréatique par rapport au projet ;**
- **vérifier la résistance du sol à la poussée et le frottement sol/ouvrage afin de choisir la station de poussée ;**

- adapter la technique de « marinage »⁴³ en fonction des terrains traversés ;

- **surveiller le débit de déblais en fonction de la vitesse d'avancement de la machine ;**

- contrôler régulièrement le guidage de la machine ;

- **surveiller les déformations des ouvrages de génie civil situés à proximité ;**

- **Dimension du fuseau de la technique :**

20 cm	+ précision de localisation de l'ouvrage existant
--------------	--

Cette distance reste valable en cas de tracé parallèle.

Certains ouvrages (*compte tenu de leur pression, diamètre, tension...*) justifient de prendre des prescriptions particulières qui seront données par l'exploitant qui peuvent aller jusqu'à la réalisation de sondages intrusifs au droit des croisements.

A l'exception des prescriptions en rouge, il s'agit ici de recommandations génériques non exhaustives, qu'il appartient à l'entreprise de travaux d'adapter, le cas échéant, pour tenir compte de son analyse technique complémentaire préalable au chantier.

⁴³ Evacuation des déblais

Cette technique aujourd'hui très peu utilisée, présente beaucoup de risques pour peu d'avantages.

Prescription

Son utilisation près d'ouvrage existant est de fait à proscrire en site urbain.

Objet

Il s'agit d'une technique guidée. Certaines versions sont localisables.

Le tubage par éclatement permet la mise en place d'une nouvelle conduite après le refoulement latéral de l'ancienne conduite et du sol.

Cette technique permet de remplacer des conduites de différentes natures, dans des diamètres compris entre 50 et 900 mm. Pour l'acier, la fonte ductile, et certains matériaux organiques, des outils de découpe appropriés sont utilisés.

Les différents procédés utilisent :

- des cônes d'éclatement de diamètres qui doivent être un peu plus importants que la conduite défectueuse à remplacer
- ou des matériels plus complexes munis de dispositifs hydrauliques d'expansion latérale.

Les éclateurs sont soit tractés (*par câble ou barre rigide*), soit poussés ou soit tractés et poussés en même temps. Ils « tirent » la nouvelle conduite mise en place à l'emplacement de l'ancienne.

Cette technique peut également utiliser des matériels de forage dirigé pour tracter ou tirer les éclateurs et le tube à poser.

Risques potentiels

Les risques, fonction de la profondeur de l'éclatement, des caractéristiques géotechniques du sol, du diamètre et du matériau éclaté résultent :

- des contraintes sur le terrain et de la présence d'ouvrages à proximité (*qui peuvent être très fortes, car des forces importantes sont mises en jeu pour éclater l'ancienne conduite*) pouvant conduire à des soulèvements et/ou fissuration du sous-sol, mouvements et/ou fissurations en surface, endommagements des ouvrages adjacents ;
- des vibrations pour les machines à percussion.

Recommandations et prescriptions

- s'assurer que le tracé de la canalisation existante (*d'allure rectiligne sur toute sa longueur*) garantit le maintien de l'outil sur sa trajectoire ;
- disposer des résultats de l'étude de reconnaissance géotechnique ;
- contrôler l'avancement de l'outil pour connaître à tout moment sa position ;

○ **ralentir la vitesse d'avancement lors du croisement de canalisations ;**

○ **Dimension du fuseau de la technique**

20 cm	+ 3 fois l'écart entre le diamètre intérieur de l'ancienne conduite et le diamètre de l'aléteur	+ précision de localisation de l'ouvrage existant
--------------	--	--

Certains ouvrages (*compte tenu de leur pression, diamètre, tension...*) justifient de prendre des prescriptions particulières qui seront données par l'exploitant qui peuvent aller jusqu'à la réalisation de sondages intrusifs au droit des croisements.

A l'exception des prescriptions en rouge, il s'agit ici de recommandations génériques non exhaustives, qu'il appartient à l'entreprise de travaux d'adapter, le cas échéant, pour tenir compte de son analyse technique complémentaire préalable au chantier.

Objet

Il s'agit d'une technique guidée.

La découpe de tuyaux en plomb consiste, après l'introduction d'un câble dans la conduite de faible diamètre (*le plus souvent en plomb de 20/7 à 35/12 mm*), à tirer un outil qui découpe la conduite avant son élargissement. Elle est suivie par l'introduction d'une canalisation de remplacement dans un matériau conforme à la législation et qui peut être d'un diamètre supérieur.

Il existe d'autres versions avec un outil localisable.

Risques potentiels

Les risques résultent :

- de la modification possible de la trajectoire : la coupe du tuyau existant et la forte traction peuvent conduire l'outil à suivre une trajectoire rectiligne différente de celle du branchement, en particulier lorsque celui-ci contourne d'autres ouvrages ;
- de la création d'une boule (*de plomb, de PE, etc.*) en cas de non-découpe ;
- de la coupe franche et/ou de l'endommagement d'un autre ouvrage s'il entre au contact de l'outil ou de la canalisation découpée ;
- des contraintes sur le terrain et de la présence d'ouvrages à proximité (*soulèvement, écrasement...*) quand il y a augmentation du diamètre par création d'une boule.

Recommandations et prescriptions

Prescription

- **exclure cette technique lorsque le tracé n'est pas rectiligne pour cause de contournement proche (Cf. la distance indiquée ci-après) d'un autre ouvrage risquant d'être endommagé, ou ouvrir une fouille pour dégager cet ouvrage ;**
- affûter régulièrement les couteaux ;
- **connaître précisément la trajectoire du branchement, ainsi que les techniques et les pièces utilisées lors des réparations qu'il a le cas échéant subies (soudures, brides de réparation, raccords mécaniques, ...) et prévoir un examen endoscopique si besoin ;**
- ouvrir des fouilles à l'emplacement de ces réparations,
- **après démarrage (quelques centimètres), ne pas découper avec une force supérieure à la résistance à l'écrasement dans le sens longitudinal du tuyau de plomb, afin de ne pas faire de « boudin ». Cela nécessite soit une mesure permanente de la force de traction, soit un bridage de la machine. La force maximale recommandée est 15 kN. ;**
- **la force de traction doit s'exercer dans l'alignement du branchement ;**
- découper et élargir en 2 phases (*une force supérieure peut être utilisée pour l'élargissement*) ;

○ **Dimension du fuseau de la technique :**

10 cm	+ 75% du diamètre extérieur du tube découpé (en raison de la présence des couteaux)	+ précision de localisation de l'ouvrage existant
--------------	--	--

- **si les ouvrages existants ne respectent pas la distance inter-ouvrages réglementaire, les exploitants concernés doivent être prévenus.**

Certains ouvrages (*compte tenu de leur pression, diamètre, tension...*) justifient de prendre des prescriptions particulières qui seront données par l'exploitant qui peuvent aller jusqu'à la réalisation de sondages intrusifs au droit des croisements.

A l'exception des prescriptions en rouge, il s'agit ici de recommandations génériques non exhaustives, qu'il appartient à l'entreprise de travaux d'adapter, le cas échéant, pour tenir compte de son analyse technique complémentaire préalable au chantier.

Objet

Il s'agit d'une technique guidée.

La découpe de tuyaux autres qu'en plomb consiste, après l'introduction d'un câble dans la conduite de faible diamètre, à tirer un outil qui découpe la conduite avant son élargissement. Elle est suivie par l'introduction d'une canalisation de remplacement dans un matériau conforme à la législation et qui peut être d'un diamètre supérieur.

Risques potentiels

Les risques résultent :

- de la modification possible de la trajectoire : la coupe du tuyau existant et la forte traction peuvent conduire l'outil à suivre une trajectoire rectiligne différente de celle du branchement, en particulier lorsque celui-ci contourne d'autres ouvrages ;
- de la coupe franche et/ou de la blessure d'un autre ouvrage s'il entre au contact de l'outil ou de la canalisation découpée ;
- des contraintes sur le terrain et les ouvrages à proximité (*soulèvement, écrasement...*) en cas d'augmentation du diamètre par création d'une boule.

Recommandations et prescriptions

Prescription

- **exclure cette technique lorsque le tracé n'est pas rectiligne pour cause de contournement proche (Cf. la distance indiquée ci-après) d'un autre ouvrage risquant d'être endommagé, ou ouvrir une fouille pour dégager cet ouvrage ;**
- **connaître précisément la trajectoire du branchement, ainsi que les techniques et les pièces utilisées lors des réparations qu'il a le cas échéant subies (soudures, brides de réparation, raccords mécaniques, ...) et prévoir un examen endoscopique si besoin ;**
- ouvrir des fouilles à l'emplacement de ces réparations ;

- **la force de traction doit s'exercer dans l'alignement du branchement ;**
- **Dimension du fuseau de la technique :**

10 cm	+ 75% du diamètre extérieur du tube découpé (en raison de la présence des couteaux)	+ précision de localisation de l'ouvrage existant
-------	--	---

- **si les ouvrages existants ne respectent pas la distance inter-ouvrages réglementaire, les exploitants concernés doivent être prévenus.**

Certains ouvrages (*compte tenu de leur pression, diamètre, tension...*) justifient de prendre des prescriptions particulières qui seront données par l'exploitant qui peuvent aller jusqu'à la réalisation de sondages intrusifs au droit des croisements.

A l'exception des prescriptions en rouge, il s'agit ici de recommandations génériques non exhaustives, qu'il appartient à l'entreprise de travaux d'adapter, le cas échéant, pour tenir compte de son analyse technique complémentaire préalable au chantier.

Objet

Il s'agit d'une technique guidée.

L'extraction par traction consiste à introduire des câbles dans la conduite jusqu'à une tête de tirage sur laquelle est arrimée la nouvelle conduite. L'extraction de l'ancienne conduite et la pose de la nouvelle sont ainsi réalisées simultanément.

Pour l'extraction des conduites en fonte (*de diamètre ≤ 200 mm*), la tête de tirage sert en même temps d'outil de rétro-poussage des différents tronçons à extraire, qui sont délimités par des fouilles intermédiaires. Un outil « fer de lance » associé aux câbles permet l'éclatement de la fonte pour son évacuation hors de fouille. Un outillage complémentaire, généralement de découpe au plasma, est le cas échéant nécessaire pour détruire les pièces en acier ou en fonte ductile.

Pour l'extraction des branchements en plomb, une variante permettant d'accroître la sécurité consiste à « accrocher » la conduite par l'intérieur, à l'aide de « dents » ou de cônes excentriques positionnés sur le câble. Lors du tirage de la conduite, le câble est tendu et les dents entrent dans l'épaisseur du plomb et répartissent ainsi les efforts de traction. Ceci facilite l'extraction de l'ancienne conduite et permet de réduire sensiblement les risques de modification de la trajectoire.

Cet accrochage de la conduite à extraire peut aussi être assuré par adhérence d'une « chaussette » gonflable en kevlar.

Risques potentiels

Les risques résultent :

- des contraintes sur le terrain et de la présence d'ouvrages à proximité ;
- de la modification de la trajectoire de la conduite par la tension du câble. Ce risque est toutefois plus faible que dans la technique par découpe ;
- de l'utilisation éventuelle du plasma pour les autres canalisations proches.

Recommandations et prescriptions

Prescription

- **exclure cette technique lorsque le tracé n'est pas rectiligne pour cause de contournement proche (cf. la distance indiquée ci-après) d'un autre ouvrage ou ouvrir une fouille pour dégager cet ouvrage ;**
- connaître précisément la trajectoire du branchement ;
- en cas de non recours à l'accrochage par l'intérieur, ouvrir des fouilles aux emplacements des réparations antérieures et prévoir une endoscopie si besoin ;
- **la force de traction doit s'exercer dans l'alignement du branchement ;**
- **surveiller la force de traction et arrêter l'extraction en cas de variation brutale ;**
- **n'utiliser le plasma qu'avec une protection suffisante des autres ouvrages ;**

- **Dimension du fuseau de la technique :**

20 cm	+ précision de localisation de l'ouvrage existant
--------------	--

- **si les ouvrages existants ne sont pas situés à la distance réglementaire, les exploitants concernés doivent être prévenus.**

Certains ouvrages (*compte tenu de leur pression, diamètre, tension...*) justifient de prendre des prescriptions particulières qui seront données par l'exploitant qui peuvent aller jusqu'à la réalisation de sondages intrusifs au droit des croisements.

A l'exception des prescriptions en rouge, il s'agit ici de recommandations génériques non exhaustives, qu'il appartient à l'entreprise de travaux d'adapter, le cas échéant, pour tenir compte de son analyse technique complémentaire préalable au chantier.

Objet

Il s'agit d'une technique guidée.

Cette technique consiste à extraire une ancienne conduite après avoir foncé un tube métallique autour de la conduite à remplacer.

Elle est similaire au battage de tubes ouverts pour la pose de tubes métalliques.

Le guidage est assuré par un câble et des treuils aux points de départ et d'arrivée.

La conduite ancienne est détruite au passage du tube et extraite avec le terrain encaissant par curage.

Cette technique d'extraction, peu employée, permet aussi de remplacer de petites conduites en plomb sur de courtes distances.

Risques potentiels

Les risques résultent :

- des contraintes sur le terrain et de la présence d'ouvrages à proximité ;
- des fortes vibrations dues à la percussion.

Recommandations et prescriptions

Prescription

- **exclure cette technique lorsque le tracé n'est pas rectiligne pour cause de contournement d'un autre ouvrage ou ouvrir une fouille pour dégager cet ouvrage ;**
- **connaître précisément la trajectoire et l'emplacement des autres ouvrages ;**
- éviter la proximité d'ouvrages sensibles aux vibrations (*notamment les fontes*) ;
- éviter les terrains contenant des argiles gonflantes ;

- **Dimension du fuseau de la technique :**

20 cm	+ précision de localisation de l'ouvrage existant
--------------	--

Certains ouvrages (*compte tenu de leur pression, diamètre, tension...*) justifient de prendre des prescriptions particulières qui seront données par l'exploitant qui peuvent aller jusqu'à la réalisation de sondages intrusifs au droit des croisements.

A l'exception des prescriptions en rouge, il s'agit ici de recommandations génériques non exhaustives, qu'il appartient à l'entreprise de travaux d'adapter, le cas échéant, pour tenir compte de son analyse technique complémentaire préalable au chantier.