

GUIDE TECHNIQUE 1



MICROTUNNELS



FSTT
*Comité Français
pour les Travaux
Sans Tranchée*

10, rue Washington
75008 PARIS
Tel : 43.59.95.61
Fax : 43.59.95.60

Construisons ensemble sans tranchée

L'OBJET DE L'ASSOCIATION

L'association FSTT de caractère scientifique et technique a pour objet la promotion, la connaissance, la formation et la pratique des méthodes sans tranchée pour les travaux relatifs aux canalisations des réseaux enterrés de toute nature.

Ces méthodes sans tranchée s'entendent en souterrain, sans creusement de tranchée pour l'entretien, la rénovation et le remplacement des ouvrages existants et la construction d'ouvrages neufs de réseaux publics, privés ou concessionnaires. Ce domaine d'activité couvre toutes les techniques de repérage ou de cartographie de ces réseaux.

Le champ d'application s'étend au domaine non visible soit tout ouvrage enterré de dimension inférieur ou égal à 1200 mm ou équivalent s'il s'agit d'un ouvrage non circulaire.

LES STATUTS DE LA FSTT

Créé le 4 Juillet 1990, le Comité Français pour les travaux sans tranchée - FSTT dans sa dénomination française et French Society for Trenchless Technology pour ses rapports internationaux est une association régie par la loi 1901 à but non lucratif. Il se compose de membres fondateurs, de membres actifs et de membres honoraires. Cette association est administrée par un conseil élu par assemblée générale ; ce même conseil d'administration élit un bureau exécutif.

LES OBJECTIFS DE L'ASSOCIATION

Les diverses actions doivent se développer selon plusieurs axes :

- La promotion des techniques sans tranchée (faire connaître ces techniques par de l'assistance, expertise en encouragement et même enseignement).
- La réglementation - normalisation (élaboration de normes, de cahiers techniques contractuels, réglementations diverses).
- La recherche (matériel, guidage, reconnaissance, matériaux, outils d'aide au diagnostic...).
- L'information, Communication (revues, brochures, livres, conférences, colloques, centre de documentation).
- Vie associative (Missions, Voyages d'études, séminaires, remises de prix).



Construisons ensemble sans tranchée

INTRODUCTION

VOCABULAIRE

le concept plus général de réalisation des tunnels et mini tunnels nous conduit naturellement à nommer les ouvrages dont les dimension seront inférieures ou égales à 1200 mm de diamètre "**microtunnels**".

La construction du microtunnel se définit par sa méthode de creusement, de progression ou de guidage.

L'économie et l'écologie se donnant la main ont provoqué au Japon, en Allemagne, au Royaume Uni, et aux USA un remarquable bond en avant des techniques dites sans tranchées. La FSTT (Comité français pour les travaux sans tranchées) créée en 1990 s'est à l'instar de ses homologues étrangers affiliée à l'ISTT (International society for trenchless technology). La FSTT s'est donnée pour mission la promotion de ces techniques au rang desquels figurent la réalisation de microtunnels.

L'espace souterrain est encombré jusqu'à deux mètres de profondeur dans les zones urbaines. La densité extrême de ce

maillage est une raison importante du développement des techniques sans tranchée.

Elles nous permettent ainsi de réduire considérablement les nuisances qu'engendrent couramment les travaux dans nos professions : la gêne, en particulier à la circulation des véhicules et la détérioration continue de la voirie.

Cette première mouture de notre guide a pour but d'éclairer ceux qui cherchent à :

- *installer des réseaux au moindre coût,*
 - *réduire la nuisance à la circulation, les dommages aux voies,*
 - *minimiser la nuisance à l'environnement et aux usagers,*
- en leur décrivant les techniques à leur disposition. Il est naturellement voué à évoluer.*

Nous traitons dans ce guide de la réalisation d'ouvrages neufs et non de réhabilitation.



Construisons ensemble sans tranchée

SOMMAIRE

non guidé

battage de tubes	4
forage à la tarière	5
fusées	6

guidé à distance

forage horizontal dirigé humide	7
forage horizontal dirigé à sec	8
fusées dirigées (cf fusées)	9
pousse-tige dirigé	9
Microtunneliers.	10

guidé

fonçage	12
---------	----

Ne figurent pas dans le guide

Rotary, Roto-percussion, Marteau fond de trou.

Ont conçu ce Guide :

*Monsieur Mercenne (ATG),
Monsieur Schroeyers (SADE),
Monsieur Butterworth (WIRE),*

avec la participation des autres membres de l'atelier n° 7.

Construisons ensemble sans tranchée

CONSTRUCTION DE MICROTUNNELS PAR BATTAGE DE TUBES

CARACTERISTIQUES D'EMPLOI

MARCHES <i>Traversées de points spéciaux (routes, autoroutes, voies ferrées, canaux, bâtiments, pistes d'aérodromes).</i>	diamètres	Mini 50 maxi 1500.
	distances Maxi	100 m couramment 60 ou 70 m.
	Négociation de courbes	Possible mais aléatoire, requiert un savoir faire important.
	Précision	Système non dirigeable. La précision de pose est fonction de l'orientation initiale du fourreau, du bon alignement des éléments successifs soudés, de la nature du terrain et des obstacles éventuels. Une précision de l'ordre de 1% du linéaire installé est accessible. Elle est meilleure en grand diamètre.
HISTORIQUE <i>Le procédé s'est développé au début des années soixante dix, totalisant le plus grand nombre de pose de fourreaux en acier dans les diamètres inférieurs au 600 mm. Très développé en EUROPE.</i>	Travail en nappe	Sans risque
	Branchements	Permet la réalisation de branchements sur collecteurs d'assainissement visitables sans nécessité de puits d'arrivée.
	Géologie	Travaux dans la majorité des terrains sauf en cas de roches de trop grande dureté.

DESCRIPTION DU MODE OPERATOIRE

Principe de creusement	Le fourreau ou la canalisation en acier progresse en carottant le terrain en place. Le tuyau de tête est en général pourvu d'une trousse coupante.
Principe d'évacuation	Les déblais sont souvent évacués après réalisation du microtunnel, par hydrocurage ou poussée à l'air comprimé.
Principe de pose	Fourreaux en acier (épaisseurs 3 à 15 mm), soudés bout à bout ou à clin. Une injection de boues de forage permet dans certains terrains d'améliorer notablement les performances en réduisant la friction.
Systèmes de canalisations et revêtements	Tuyaux en acier qui peuvent être revêtus au préalable de revêtements anti-corrosion en brai, polyéthylène, ou brai epoxy. Ils peuvent aussi être revêtus intérieurement, in situ de brai-epoxy pour une utilisation comme canalisation d'assainissement.

ENCOMBREMENT EN SURFACE

Dimensions des puits	Puits de départ de 8,5 ml à 10 ml pour des éléments de tubes de 6 ml. La longueur peut exceptionnellement être réduite à 3,5 ml au détriment de la précision et de la rapidité d'exécution donc du prix de revient.
Installation de chantier	De 30 à 50 m ² pour le stockage des tuyaux, des outils de manutention, portique, grue, du camion, du compresseur et du groupe de soudure.

PERFORMANCES

Cadence	De (1 à 50 m/j) selon (terrains, diamètres, matériels, personnels).
----------------	---

EXPLOITATION DU PROCEDE

Commercialisé	Parmi les marques commercialisées en France : USIBA (RsoL), AQUAREX (terra) TRACTO-TECHNIQUES (grundomat), DITCH WITCH (pierce arrow), SPEC (mtm)...
Travaux	Soit une équipe spécialisée, au sein d'une entreprise, soit quelques entreprises spécialisées, sous-traitantes.

SECURITE

Personnel entreprise	Casque anti-bruit.
-----------------------------	--------------------

Construisons ensemble sans tranchée

CONSTRUCTION DE MICROTUNNELS PAR FOREUSES A TARIERE

CARACTERISTIQUES D'EMPLOI

MARCHES <i>Sites urbains et traversées.</i>	Diamètres	Mini 50 maxi 1500.
	Distance maxi	80 ML en DN 900.
	Négociation de courbes	Non possible.
	Précision	De 1 à 2% du linéaire à forer, voire moins de 1% pour de courtes longueurs ; des blocs ou des galets peuvent faire dévier le microtunnel.
	Travail en nappe	Possible sous de faibles profondeurs.
	Géologie	Le procédé est peu indiqué pour des terrains instables.

LIMITATIONS ET RISQUES

Risques aux structures	Dans les terrains présentant une bonne cohésion, et le diamètre de l'outil de forage ayant été choisi supérieur au diamètre du tube, les risques d'affouillement sont pratiquement nuls. Dans certains cas de terrains meubles, l'outil à utiliser doit au contraire être inférieur au diamètre du tube, et il faut veiller pendant les travaux à ce que le volume de matériaux extraits soit en rapport avec le volume théorique. L'entrée de déblais en trop grande quantité risquerait de provoquer des surcreusements, puis des affaissements en surface. En cas de rencontre d'une poche d'eau il faut obturer le tube en dehors des périodes de travail (la nuit).
-------------------------------	--

DESCRIPTION DU MODE OPERATOIRE

Principe	Pose en général tubée avec une gaine en acier, également avec du PEHD et PVC, dans certains cas sans tubage.
Principe de creusement	L'outil de forage est entraîné par un arbre autour duquel s'enroule une tôle soudée en spirale dite tarière.
Evacuation des déblais	Les déblais sont refoulés par cette tarière.
Guidage	Orientation au lancement sans possibilité de correction ultérieure.
Principe de pose de la canalisation	Possibilité en petit diamètre de forer sans tubage simultané. En général, ligne de fourreaux en acier foncés hydrauliquement et soudés à l'arc bout à bout. Le fourreau est définitif, il reçoit ultérieurement la canalisation de service ou les câbles.
Systèmes de canalisations	En assainissement, il existe des foreuses qui permettent la pose directe de diamètres inférieurs à 318 mm et sur des longueurs maximum de 20 mètres soit en acier (BOHRTEC), soit en plastique (WITTE). Certaines foreuses se logent à l'intérieur de canalisation à section circulaire Ø1400 pour réaliser les branchements.

ENCOMBREMENT EN SURFACE

Dimension des puits de départ et de réception	Branchements particuliers (L = 2,4 ml l = 1,4 ml).
Installation de chantier	Pose en ligne (L = 10 ml, l = 2,5 ml pour Ø 300 l = 4,5 ml pour Ø 1500) Groupe hydraulique autonome diesel ou branchement sur engin de terrassement.

EXPLOITATION DU PROCEDE

Commercialisé	S.P.E.C.
Exploité	En sous-traitance par des spécialiste.



Construisons ensemble sans tranchée

CONSTRUCTION DE MICROTUNNELS PAR FUSEES

CARACTERISTIQUES D'EMPLOI

Diamètres	Mini 45 mm. Maxi Ø 180 mm pilote et Ø 355 mm en élargissement.
Profondeur	Mini 10 fois le diamètre du microtunnel.
Distance maxi	En pratique 5 à 25 m.
Négociation de courbes	Non négociables.
Traitement des obstacles imprévus	Marche arrière possible sur la plupart des équipements modernes.
Précision	Pour des distances usuelles de 5 à 20 m dans des terrains homogènes, 90% des opérations parviennent à moins de 1% de la cible (écart rapporté à la distance effectuée).
Eloignement mini des autres concessionnaires	Pas de réglementation spécifique aux fusées : Respecter les règles de pose traditionnelle. Veiller aux effets de la compression.
Géologie	Fonctionnent dans un très grand nombre de terrains, dits "compactables", tels que : limons, argiles et marnes. La présence de cavités naturelles ou artificielles neutralisent totalement l'outil. Les terrains trop meubles n'exerçant pas une force de frottement suffisante sont défavorables. De même, en terrains peu compressibles, la progression est ralentie.

LIMITATIONS ET RISQUES

Risques aux structures enterrées et aux autres concessionnaires	Limités, sauf en cas de méconnaissance de leur position.
Désordres en surface	Outil non dirigé qui peut être dévié par un obstacle vers une trajectoire non prévue.
Sensibilité climatique	En cas de faible hauteur de couverture.
	En dessous de 5° C, certains outils à air comprimé sont exposés au phénomène de givrage. Des réchauffeurs d'air comprimé sont nécessaires.

DESCRIPTION DU MODE OPERATOIRE

Principe de creusement	Compression du terrain en place, compactage (pas de déblais).
Suivi du creusement	Possible depuis la surface, sur les matériels munis d'une sonde électromagnétique.
Guidage	La trajectoire est orientée au moment du lancement de l'outil (affût de lancement), par la suite aucune possibilité de guidage dans le cas d'outils courants, sauf pour les fusées dirigeable.
Principe de pose de la canalisation	Mise en place directe derrière l'outil ou par traction en retour derrière l'élargisseur.
Systèmes de canalisations	PE en touret, PE en barres, PVC à liaison par emboîtement ou par collage, acier à joints soudés.

ENCOMBREMENT EN SURFACE

Dimension des puits, fouilles de départ et de réception	Les fusées sont lancées à partir de puits ou tranchées de faible dimension. Soit une longueur de 20 cm de plus que l'outil lui-même, 1 à 2 m.
Installation de chantier	Compresseur d'air jusqu'à 6 m ³ /mn.

PERFORMANCE

Cadence	En fonction du terrain : 5 à 20 m/h.
----------------	--------------------------------------

EXPLOITATION DU PROCEDE

Commercialisé	Parmi les marques commercialisées en France : USIBA (Rsol), AQUAREX (terra) TRACTO-TECHNIQUES (grundomat), DITCH WITCH (pierce arrow), SPEC (mtm)...
Exploité	Outil de l'entreprise, ou en location.
Formation	Possibilité d'une formation incluse dans l'offre d'achat.

EXECUTION DES TRAVAUX

Difficultés spécifiques natures et solutions	L'usage est de faire un microtunnel plus large que le diamètre extérieur du tuyau (10 à 30 mm). Une déviation de la trajectoire par des obstacles de taille importante que la fusée ne peut briser ou écarter peut endommager d'autres réseaux ou des structures enterrées. Sondages à réaliser aux points délicats.
---	--

MARCHES

Sites urbains et traversées.

HISTORIQUE

Premiers équipements Polonais KRET 1958 ou Russe (Machino-export) 1960. Introduction dans les années 1960 en Grande Bretagne, puis en R.F.A. et aux U.S.A.

La fiabilité de ces outils a largement été améliorée au milieu des années 70 par les fabricants en RFA. Des milliers de machines sont vendues chaque année sur un marché très disputé.

Principales applications en Allemagne et aux Etats unis, leur usage s'est généralisé en France dans les années 70. Les fusées sont l'outil de base pour le battage de tubes, l'éclatement et le forage dirigé à sec.



Construisons ensemble sans tranchée

CONSTRUCTION DE MICROTUNNELS PAR FORAGE HORIZONTAL DIRIGE HUMIDE

Sont exclus les matériels de forte puissance utilisés essentiellement par les pétroliers.

CARACTERISTIQUES D'EMPLOI

Diamètres	Inférieurs à 250 mm le plus couramment.
Profondeur	Maxi 10 ml.
Distance	Maxi 150 ml couramment 100 ml.
Négociation de courbes	Rayon mini 15 ml.
Précision	± 20 mm à ± 50 mm.
Eloignement des autres concessionnaires	Respecter les écartements réglementaires en prenant en compte le passage de l'alésage.
Géologie	Terrains homogènes, faiblement à moyennement compacts : argile, limon, sable.

LIMITATIONS ET RISQUES

Risques aux structures enterrées et aux autres concessionnaires	En cas de méconnaissance de leur position exacte lors de l'alésage.
Désordres en surface	En cas de faible hauteur de couverture, risque de remontée de bentonite.

DESCRIPTION DU MODE OPERATOIRE

Principe	Réalisation d'un microtunnel pilote de diamètre 50 mm, puis réalésages successifs avec traction en retour d'une gaine ou de la conduite.
Principe de creusement	Creusement à l'aide d'une tête d'injection de bentonite (100 à 300 bar) poussée par un train de tiges, ensuite par un alésage équipé d'injecteurs de bentonite et tiré par le train de tiges.
Evacuation des déblais	Boues (bentonite + déblais) évacuées par cuve à dépression.
Suivi du creusement	Emetteur situé dans la tête de forage et récepteur déplacé en surface.
Guidage	L'émetteur permet de connaître l'orientation du méplat situé sur la tête de forage. Poussée et rotation simultanées font aller droit, la poussée sans la rotation provoque la déviation.
Canalisations mises en oeuvre	PE en tourets ou en barres soudées bout à bout, acier en barres soudées.

PREPARATION

Le procédé requiert	La connaissance géologique du sous sol, la connaissance de la situation précise des ouvrages des différents concessionnaires, la connaissance des obstacles de toutes natures.
----------------------------	--

ENCOMBREMENT EN SURFACE

Dimension des puits de départ et de réception	Il n'est pas obligatoire d'exécuter des fouilles de départ, l'opération peut débuter de la surface du sol, néanmoins, elles sont nécessaires pour les opérations de raccordement des tuyaux. La longueur de la fouille de départ doit être limitée afin d'éviter le flambement des tiges sous l'effort de poussée.
Aire de préparation	En cas d'utilisation de barres PEHD ou acier.

PERFORMANCE

Cadence	Maxi 150 m/j, 50 m/j en moyenne pour DN 100 mm.
----------------	---

NUISANCES

Bruit vibrations fumées	Limitées à celles de groupes de puissance insonorisés.
--------------------------------	--

EXPLOITATION DU PROCEDE

Commercialisé par	DB. CRAELIUS (terrabor), K.S.K., DITCH WITCH (jettrac), TRACTOTECHNIQUES (grundogjet), TERRA (terrajet)...
Exploité	URBAINE DE TRAVAUX, SADE, BARRIQUAND.

EXECUTION DES TRAVAUX

Difficultés spécifiques	Procédé sensible à la variation de la nature du sol. Dommage aux ouvrages des concessionnaires en cas de méconnaissance de leur emplacement exact.
Pérennité de l'ouvrage	La bentonite lubrifie la canalisation ou le câble lors du tirage et garantit la pérennité de l'ouvrage. Un examen visuel de la surface du tube ou du câble dans la fouille de réception est cependant souhaitable.
Localisation	Lors de l'avancement du microtunnel le repérage de la tête fait partie du principe de suivi et du guidage. L'enregistrement des positions successives de la tête permet l'établissement du plan de recollement de la canalisation.

Construisons ensemble sans tranchée

CONSTRUCTION DE MICROTUNNELS PAR FORAGE HORIZONTAL DIRIGE A SEC

CARACTERISTIQUES D'EMPLOI

Diamètres	Inférieurs à 200 mm.
Profondeur	Maxi 10 ml.
Distance maxi	240 ml couramment 100 ml.
Négociation de courbes	Rayon mini 75 ml.
Précision	± 20 mm à ± 50 mm.
Eloignement des autres concessionnaires	Pas de réglementation spécifique : respecter les règles de pose traditionnelle. Veiller aux effets de la compression.
Travail en nappe	Possible.
Géologie	Compactage, pour les sols non bouillants et non rocheux. Fraisage, pour les sols rocheux massifs.

LIMITATIONS ET RISQUES

Risques aux structures enterrées et aux autres concessionnaires	En cas de méconnaissance de leur position.
désordres en surface	En cas de faible hauteur de couverture.

DESCRIPTION DU MODE OPERATOIRE

Principe	Réalisation d'un microtunnel pilote de diamètre 120 mm puis réalésages successifs avec traction d'une gaine ou conduite en retour.
Principe de creusement	Creusement à l'aide d'un marteau pneumatique poussé par un train de tiges. Ou en terrain rocheux par une turbine équipée d'une fraise également poussée par un train de tiges.
Evacuation des déblais	Compactage : (pas de déblais) Fraisage : (récupération de poussières).
Suivi du creusement	Par un émetteur situé dans la tête de forage et un récepteur déplacé en surface.
Guidage	Compactage : par orientation d'un méplat situé sur la tête. La rotation de la tête et la poussée simultanée, créent une trajectoire rectiligne. La poussée sans rotation crée une déviation.
Principe de pose de la canalisation	Traction de la conduite ou du câble au retour du train de tiges, avec éventuellement passage d'un ou de plusieurs élargisseurs.
Systèmes de canalisations	PE en tourets ou en barres soudées bout à bout, acier en barres soudées.

OPERATIONS PREPARATOIRES

Le procédé requiert	La connaissance géologique du sous sol ainsi que celle des obstacles naturels ou artificiels, celle des autres ouvrages.
---------------------	--

ENCOMBREMENT EN SURFACE

Dimension des puits de départ et de réception	Le départ depuis la surface est possible néanmoins les opérations de raccordement des réseaux imposeront également des fouilles. (L = 3,30 m / l = 1,20 m).
Installation de chantier	Unité de forage sur châssis: 3,30 m x 1,10 m. Centrale hydraulique: 1,80 m x 1,00 m. Compresseur 50 cv
Aire de préparation	En cas d'utilisation de barres PEHD ou acier une aire d'assemblage est nécessaire.

PERFORMANCE

Cadence	Fonction du terrain Maxi 100 m/j, moyenne 50 m/j pour DN 120 mm.
---------	--

GENE AUX RIVERAINS

Bruit vibrations fumées	Groupes de puissance insonorisés.
-------------------------	-----------------------------------

EXPLOITATION DU PROCEDE

Commercialisé	DITCH WITCH (true trac). TRACTO TECHNIQUES (grundomole).
Exploité	WIRE, SFRE.

EXECUTION DES TRAVAUX

Difficultés spécifiques	Endommagement de canalisations existantes en cas de méconnaissance de leur emplacement exact.
Pérennité de l'ouvrage	L'état de surface de la canalisation doit être vérifié. En cas de doute sur la nature des sols traversés, poser un fourreau.
Localisation	Lors de l'avancement du microtunnel le repérage de la tête fait partie du principe de suivi et du guidage. L'enregistrement des positions successives de la tête permet l'établissement du plan de recollement de la canalisation.

MARCHES

Pose de câbles et de conduites en site urbain.
Traversées de points spéciaux.

HISTORIQUE

Matériel DITCH WITCH introduit en France en 1989. Une vingtaine d'appareils en service dans le monde, une dizaine en Europe.

Construisons ensemble sans tranchée

CONSTRUCTION DE MICROTUNNELS PAR POUSSE TIGE DIRIGE

CARACTERISTIQUES D'EMPLOI

Diamètres	Inférieurs à 250 mm.
Profondeur	Maxi 10 m.
Distance maxi	70 m.
Négociation de courbes	Rayon mini 35 m.
Précision	Précision ± 20 à ± 50 mm.
Travail en nappe	Possible.
Géologie	Pour sols compactables non bouillants et exempts de blocs rocheux.

LIMITATIONS ET RISQUES

Risques aux structures enterrées et aux autres concessionnaires	En cas de méconnaissance de leur position.
Désordres en surface	En cas de faible hauteur de couverture.

DESCRIPTION DU MODE OPERATOIRE

Principe	Réalisation d'un microtunnel pilote de diamètre 50 mm puis réalésages successifs avec traction d'une gaine ou conduite en retour.
Principe de creusement	Poussée de tiges vissables par un vérin hydraulique. Les tiges passent par l'intérieur d'un vérin creux.
Evacuation des déblais	Compactage, pas de déblais.
Suivi du creusement	Par émetteur situé dans la tête de forage et récepteur déplacé en surface
Guidage	Par orientation d'un méplat situé sur la tête. La rotation et la poussée simultanée du système de tiges solidaire de la tête font aller droit. La poussée seule sans rotation fait dévier la tête.
Principe de pose de la canalisation	Traction de la conduite ou du câble au retour du train de tiges. avec éventuellement passage d'un ou de plusieurs élargisseurs.
Systèmes de canalisations	PE en tourets ou en barres soudées bout à bout, acier en barres soudées.

OPERATIONS PREPARATOIRES

Le procédé requiert	La connaissance géologique du sous sol ainsi que celle des obstacles naturels ou artificiels, celle des concessionnaires.
---------------------	---

ENCOMBREMENT EN SURFACE

Dimension des puits de départ et de réception	2,4 x 1,5 m.
Installation de chantier	Quelques m² pour une petite centrale hydraulique à moteur thermique.
Aire de présentation	

PERFORMANCE

Cadence	De 10 à 100 m/j.
---------	------------------

EXPLOITATION DU PROCEDE

Commercialisé	DITCH WITCH (P 40 P 80) pour l'instant seul distributeur en Europe.
Exploité	Matériel propre à l'entreprise ou en sous-traitance.

EXECUTION DES TRAVAUX

Difficultés spécifiques	Endommagement de canalisations existantes en cas de méconnaissance de leur emplacement exact.
Pérennité	En cas de pose d'une canalisation son état de surface doit être vérifié. En cas de doute sur la nature des sols traversés, poser un fourreau.
Localisation	Lors de l'avancement du microtunnel le repérage de la tête fait partie du principe de suivi et du guidage. L'enregistrement des positions successives de la tête permet l'établissement du plan de recollement de la canalisation.

**MARCHES**

Sites urbains et traversées.

HISTORIQUE

Au Japon depuis 1977 :
25 Km en 1980,
600 Km/an en 1990.

Principaux fabricants
représentés en Europe :
ISEKI et OKOMURA
Plusieurs centaines de
machines vendues chaque
année au Japon.

En R.F.A, projet national à
HAMBOURG de 1980 à
1984. A fin 90, 80 Km
réalisés, 15 Km en 1990
dont 12 à BERLIN.

Principaux fabricants :
SOLTAU et
HERRENKNECHT,
pour un parc en R.F.A.
de 85 à 90 machines à
mi 91. Au Royaume-Uni,
15 machines investies par
les entreprises à mi 91.

Principaux fabricants :
DECON (SOLTAU) -
MARCKHAM
6 Km posés en 1990.

En France, plus de
50 chantiers terminés
ou en cours à fin 92.
Environ 600 m posés
en 1989, 3 Km en 1990,
6 Km en 91 et 8 km en 92.
10 machines investies
à fin 92.

Projet national
microtunnelier du
Ministère de l'Équipement.
Étude de faisabilité confiée
à la F.S.T.T.

L'utilisation actuelle du
microtunnelier est
essentiellement pour la
pose de collecteurs
d'assainissement.

L'emploi en transport ou
distribution d'eau potable
se limite à des passages
spécifiques (traversées).

En France, la pose par
microtunnelier en
DN 400 à 600 se compare à
la pose traditionnelle dans
les conditions suivantes :
5 m de couverture,
blindage classique,
pas de nappe, hors
amortissement du
microtunnelier.

Construisons ensemble sans tranchée**CONSTRUCTION DE MICROTUNNELS PAR MICROTUNNELIER**

Nature des travaux : travaux neufs et réhabilitation (remplacement place pour place).

CARACTERISTIQUES D'EMPLOI

Diamètres	Mini 150 maxi 1200.
Profondeur	Mini 3 m maxi 20 m actuellement.
Distance maxi	Plus de 300 m déjà réalisés sans station de poussée intermédiaire à l'étranger. En principe 100 mètres, dernièrement 155 mètres (record français).
Négociation de courbes	En général, trajectoire rectiligne. Un exemple curviligne à BERLIN, pour un rayon de courbure de 105 m en DN 600. Le microtunnelier LDC de SHOWA prétend à des rayons de courbure de 50 m (DN 600 et au-delà).
Traitement des obstacles imprévus	Pas de contournement possible. Certains équipements permettent de faire marche arrière et de récupérer le microtunnelier : MARKHAM grâce à son procédé par tuyaux provisoires boulonnés, HERRENKNECHT et ISEKI par l'intermédiaire de tiges vissées, DECON-SOLTAU à l'aide du train de vis de marinage.
Précision	± 25 mm entre 0 et 4 à 5 cm de précision.
Travail en nappe	Profondeur maxi sous la nappe : selon le modèle, ISEKI UNCLEMOLE sous 30 m de hauteur d'eau. Tous les microtunneliers à marinage hydraulique peuvent travailler sous nappe, certains microtunneliers à vis également (DECON-SOLTAU).
Géologie	Les têtes de forage sont spécialisées : ISEKI UNCLEMOLE (argile, graviers, sable, galets) et TELEMOLÉ (terrains instables sans inclusions). Les terrains où la technique est délicate d'emploi ou inappropriée : Obstacles naturels (blocs) ou artificiels dont les dimensions excèdent 30 % du diamètre du forage ne peuvent pas être traités. Les terrains rocheux et ceux recelant des blocs ainsi que les terrains argileux et compacts.

LIMITATIONS - RISQUES

Risques aux structures enterrées	Pas de risque si l'on connaît exactement l'emplacement des autres concessionnaires.
Désordres en surface	Peu de risques : espace annulaire réduit. Pas de mise en compression du terrain.
Sensibilité climatique	Risques de gel pour les systèmes à marinage hydraulique (bacs de séparation).

DESCRIPTION DU MODE OPERATOIRE

Principe	Travaux neufs / réhabilitation. Surtout travaux neufs, marginalement en réhabilitation (mange-tube).
Principe de creusement	A VIS : mécanique par vis sans fin. A MARINAGE : abattage par bouclier avec concassage dans chambre derrière le bouclier et reprise des déblais par marinage.
Evacuation des déblais Suivi du creusement	Mécanique (vis sans fin) ou hydraulique (circulation de boues). Visée laser : signal émis depuis le puits de poussée, impact sur une mire placée à l'arrière de la tête de forage. Suivi depuis le poste de pilotage en surface (image vidéo).
Guidage	Guidage automatique ou manuel. Correction de la trajectoire de forage par orientation de la partie avant de la tête du microtunnelier (vérins hydrauliques).
Principe de pose de la canalisation	Canalisation livrée en tuyaux courts. Chaque tuyau est descendu dans le puits de poussée, placé sur le châssis de poussée. La pose est effectuée par poussée hydraulique. En général, les tuyaux de service sont installés directement ; MARKHAM emploie des tuyaux provisoires en acier, repoussés dans le puits d'arrivée lors de l'installation de la canalisation de service.
Systèmes de canalisations ou nature du revêtement	FOURREAUX : acier joints soudés, béton âme tôle (BONNA), béton armé AEP : béton âme tôle, fonte ductile (KUBOTA, STANTON), développement envisagé pour le PRV (essais HOBAS en Suisse). Jonctions par bague en acier inox, polypropylène, PRV et joints élastomère en face interne, coiffant les BU bout à bout. ASSAINISSEMENT : béton armé et amiante ciment (BONNA, ETERNIT).

**Construisons ensemble sans tranchée****OPERATIONS PREPARATOIRES**

La connaissance du sous-sol (géologique et encombrement) est primordiale. Elle permet de choisir un procédé de forage/marinage adapté au terrain et de définir la meilleure trajectoire. L'utilisation du géoradar et la réalisation de sondages ponctuels doivent être envisagées.

ENCOMBREMENT EN SURFACE

Dimensions des puits	Suivant les matériels et les diamètres de canalisation installés, puits de départ de 2 à 3,7 m de diamètre (SOLTAU) (4,7 m pour le RVS 500 AS). ISEKI UNCLEMOLE : puits de diamètre 2,3 m en DN 250 à 5,3 m en DN 900. Dans le cas de fouilles non circulaires, les dimensions indiquées ci-dessus doivent être tenues dans la longueur de la fouille. HERRENKNECHT et ISEKI Puits de poussée mini 2 m.
Installations du chantier	Les équipements auxiliaires sont conditionnés en containers placés au-dessus ou à proximité du puits de lancement. La surface ainsi occupée peut représenter une zone de 17 m x 3 m en moyenne.

PERFORMANCE

Cadence :	Fonction des terrains et de la présentation de la canalisation de service : 10 à 30 m/jour Terrains meubles : 10 à 30 m/j poste de 8 heures. Terrains argileux : 4 à 6 m/j poste de 8 heures. Terrains "durs" : 4 à 6 m/j poste de 8 heures.
------------------	---

EXPLOITATION DU PROCEDE

Procédé commercialisé	Oui, 2,5 à 5 MF suivant la sophistication. Formation et assistance technique offerte par le fournisseur : la fabrication assiste l'entreprise au niveau du projet, budget, planification des travaux, spécification des puits de poussée. Assistance d'un pilote pour le(s) premier(s) chantier(s). Formation des opérateurs sur 3 à 6 mois.
Exploité	Procédé spécialisé, en sous-traitance : cette solution est employée; certaines entreprises de TP ont mis en place une équipe spécialisée dans cette technologie (MONTCOCOL, UNION TRAVAUX, CHANTIERS MODERNES, BALLOT, DEVIN LEMARCHAND, SADE) etc..
Disponibilité	Malgré tout, il semble toujours difficile d'obtenir une machine pour une date précise.

EXECUTION DES TRAVAUX

Difficultés spécifiques nature et solutions	Blocage de la tête de forage ou de la vis de marinage sur un obstacle trop important. Bourrage des sections d'entrée dans la chambre de marinage (argiles). Marche arrière (si possible) ou fouille locale pour débloquer la tête. Inversion momentanée du sens de circulation des boues en cas de marinage hydraulique.
Travaux complémentaires	Traitement des prises et des raccordements (pour information, en assainissement) : possibilité de réaliser les branchements particuliers en assainissement par l'intérieur exemple du procédé BOHRTEC HABM 150 applicable à des collecteurs de DN 900 minimum pour des branchements en 150. Branchements depuis l'extérieur par tarière et battage de tube. Fouilles locales. Pérennité essais à l'eau et à l'air afin de s'assurer de l'étanchéité des joints.

Construisons ensemble sans tranchée

CONSTRUCTION DE MICROTUNNELS PAR FONÇAGE

CARACTERISTIQUES D'EMPLOI

Diamètres	Mini 900 maxi 1500.
Profondeur	Mini 2 ml.
Distance maxi	Usuellement 80 à 120 m. L'emploi de stations de poussée intermédiaire permettrait en théorie des fonçages de longueur illimitée. En pratique, la limitation est donnée par le temps de convoyage des déblais et par la ventilation.
Négociation de courbes	Rayon de courbure minimal de 100 m, même en utilisant des coupes biaisées
Traitement des obstacles imprévus	Pas de possibilité de modifier rapidement la trajectoire du fonçage.
Précision	Pour les techniques sophistiquées avec contrôle continu et ajustement de de l'orientation : ± 30 mm sur l'axe vertical ±100 mm sur l'axe horizontal.
Travail en nappe	Le travail sous air comprimé (moins de 1 bar) ou l'emploi d'outil de creusement à chambre de pression permet le travail dans la nappe, sans limitation pratique.
Géologie	Tous les terrains peuvent être traités. Les plus difficiles sont les sites glaciaires, composés d'argiles, mélangées à des strates de sable et de gros blocs.

3.DESCRPTION DU MODE OPERATOIRE

Principe de creusement	Terrassement manuel au front de taille (sous trousse coupante ou bouclier ouvert pleine section ou diaphragmé). Machine ouverte à bouclier mécanisé avec outil de creusement à attaque ponctuelle, piloté par un manipulateur immédiatement derrière.
Evacuation des déblais	Bande transporteuse ou convoyeur blindé sur de très courtes distances reprenant les déblais derrière l'outil d'attaque pour les acheminer au système de transport principal, généralement constitué de bennes véhiculées par des chariots électriques.
Suivi du creusement	Visée laser - Théodolites - Inclinomètres
Guidage	Orientation de la partie avant de la tête de fonçage, grâce à un ensemble de vérins hydrauliques articulant la machine.
Principe de pose de la canalisation	Descente en fouille tuyau par tuyau, puis poussage derrière la ligne de canalisation déjà en place. Pour la réalisation de grands linéaires en béton âme tôle ou en acier les soudures sont réalisées une fois la pose terminée pour le tronçon complet. Il faut éviter de rigidifier le train de tuyaux en cours de fonçage.
Systèmes de canalisations	Fourreaux : acier joints soudés et béton armé. Béton âme tôle sous les voies ferrées. Eau sous pression : acier joints soudés, béton âme tôle joints soudés.

ENCOMBREMENT EN SURFACE

Dimension des puits de départ et de réception	Des équipements modernes et compacts (tête de fonçage et châssis de poussée) peuvent être utilisés à partir de puits circulaires de dimensions réduites (3m de diamètre pour un DN 1000). La longueur des tuyaux est un élément important. Un DN 1500 peut être lancé à partir d'un puits de 7 x 4 m.
Installation de chantier	Le conditionnement intégré des équipements auxiliaires, la rationalisation des stockages (tuyaux, déblais, bacs de séparation) permettent aujourd'hui de limiter l'emprise des chantiers à une zone de 60 m² environ (15 x 4).

PERFORMANCE

Cadence	La cadence est fonction du DN, du terrain, du personnel et de sa rotation. 2 à 3 tuyaux par poste pour une équipe de 8 personnes, soit 10 à 15 m/j pour un chantier à 2 postes/j.
---------	--

GENE AUX RIVERAINS

Bruit vibrations fumées	Equipement moderne largement insonorisé.
-------------------------	--

EXPLOITATION DU PROCEDE

C'est un métier très spécialisé.
 Entreprises spécialisées, ou équipes spécialisées au sein d'entreprises : SADE, BONNA, DEVIN LEMARCHAND, SOBEA...

Construisons ensemble sans tranchée

ADAPTATION PROCEDE-SOL

Procédés	Nature des sols							
	Microtunnelier	Fusée	Foreuse à tarière	Pousse tige dirigé	Battage de tuipe	Forage horizontale dirige a sec	Forage horizontale dirige humide	Fonçage
Procédé généralement adapté, peut nécessiter un matériel spécifique. Mise en œuvre souhaitable par entreprise expérimentée.								
Difficultés possible. L'équipement ou les procédures de mise en œuvre peuvent exiger des adaptations.								
Procédé généralement inadapté à ces conditions.								
Limons								
Argile								
Mame								
Sable fin argileux								
- d° - en dessous niveau nappe								
Sable fin peu argileux								
Sable - Silt								
Grave								
Grave argileuse								
Argile à silex Meulière								
Alluvions grossières Eboulis Morraïnes								
Sable alluvionnaire								
- d° - en dessous niveau nappe								
Grave alluvionnaire								
Calcaire - Granit Pophyre - Grès Basalte								
Grès Schistes								
Terre végétale Humus Tourbes								



FSTT

Comité Français pour les Travaux Sans Tranchée

10, rue Washington 75008 PARIS

Tel : 43.59.95.61 / Fax : 43.59.95.60