

La revue technique des entreprises de Travaux Publics

Travaux

n°835
Novembre 2006



- **Réseaux d'assainissement :**
les nouveaux référentiels pour une meilleure fiabilité
- **Vinci Networks :**
De l'hydraulique aux réseaux haut débit
- **De Tuen Mun à Tsz Wan Shan, un tunnelier français à Hong Kong**
- **Sogea hydraulique :**
Comprendre les évolutions du marché pour anticiper les besoins
- **Forage dirigé à Malakoff et sous le canal de la Sambre à Maubeuge**
- **Émissaire en mer de la STEP de Vallauris Golfe Juan (06)**
- **Réseaux d'assainissement sous vide en Côte-d'Or**
- **Nouvelle classification des techniques sans tranchée**
- **Franchissement du fleuve Elbe (Allemagne)**
- **Galeriers multiréseaux : Le guide Clé de Sol**
L'expérience de Besançon

Réseaux Galeries Multiréseaux



Réseaux - Galeries Multiréseaux



François Hurson
Directeur du CETE de l'Est

Aujourd'hui, dans le domaine de l'assainissement comme dans d'autres, le souci de protéger de façon globale et durable notre environnement est devenu une réalité. Cette préservation de notre patrimoine « eau » nécessite des réseaux d'assainissement de qualité, ce qui passe notamment par la rénovation des réseaux des années 1970 dont les professionnels du domaine s'accordent à dire que leur pose a laissé à désirer.

Les opérateurs du secteur sont donc face au double enjeu économique et environnemental : construire des réseaux neufs de qualité et renouveler ou réhabiliter un patrimoine de 250 000 km de réseau d'assainissement. Il s'agit là d'un marché important estimé à un milliard d'euros pour les 15 ans à venir qui justifie une mobilisation de tous les acteurs.

Pour atteindre ces objectifs de qualité, la recherche est déterminante et le ministère de l'Équipement a initié au cours de la dernière décennie, plusieurs programmes de recherche dans le cadre du RGCU (Réseau génie civil et urbain) et du Projet National RERAU (Réhabilitation des réseaux d'assainissement urbain). Ces programmes ont permis, grâce à la mobilisation de plusieurs dizaines de partenaires, de fédérer les actions de recherche et d'expérimentation menées dans ce domaine. Ils ont notamment contribué à améliorer la qualité des diagnostics sur l'état des ouvrages (grâce à la création d'outils méthodologiques d'auscultation et de diagnostic), à mieux cerner les conditions de mise en œuvre des procédés de réhabilitation et enfin à fournir aux gestionnaires les moyens d'une gestion globale et rationnelle de leur patrimoine.

Le RST (Réseau scientifique et technique du ministère de l'Équipement) est fortement mobilisé à travers ses organismes centraux tels le Certu

(Centre d'études et de recherche sur les transports urbains), le LCPC (Laboratoire central des ponts et chaussées), le Setra (Service d'études techniques des routes et autoroutes) et ses huit CETE, organismes d'études et de recherche répartis sur le territoire national.

Dans ce contexte, le CETE de l'Est avec en particulier ses équipes du Laboratoire régional de Nancy et de son Département d'études Environnement de Metz contribue à cet effort d'innovation :

- en participant à la recherche et développement au sein du RST, ce qui peut s'illustrer par son implication dans le groupement d'intérêt public GEMCEA (Groupement pour l'évaluation des mesures en continu dans les Eaux et en Assainissement) ; ce dernier associe plusieurs partenaires scientifiques et techniques, maîtres d'ouvrage et administrations avec comme objectif de faire progresser la gestion des eaux dans le domaine de la métrologie des réseaux d'assainissement en milieu urbain ;
- en assurant dans sa zone d'action du grand Est un rôle de centre de ressources pour les services de l'équipement, les collectivités locales et les autres partenaires intéressés en organisant régulièrement des journées techniques et des formations, en diffusant des connaissances sous des formes multiples.

Les livres de sagesse chinoise enseignent que seule l'eau est éternelle. Il appartient à chacun d'entre nous, professionnels de l'eau, par la persévérance de notre action de tout faire pour transmettre cette vérité à nos enfants.

Réseaux d'assainissement : pour une meilleure fiabilité

Le patrimoine des réseaux d'eaux usées en France est estimé à 250000 km en 1998, la moitié de ce linéaire est aujourd'hui âgée de cinquante ans et plus, selon une étude menée par l'Office international de l'eau. Les réseaux d'assainissement les plus anciens se situent en centre-ville. Ceux posés dans les années 50-60, en période de forte extension urbaine, arrivent aujourd'hui en fin de cycle de vie.

Une part importante de ce patrimoine est donc susceptible de nécessiter, soit un renouvellement complet, soit des travaux de réhabilitation sans tranchée afin de restaurer leurs performances tout en limitant les gênes générées en phase de chantier. Par ailleurs, la desserte de nouvelles zones d'assainissement collectif requiert la réalisation de travaux d'extension des réseaux d'eaux usées existants.

Pour améliorer la fiabilité des réseaux d'assainissement, neufs ou réhabilités, et permettre ainsi aux collectivités de répondre à leurs obligations d'assainissement, plusieurs référentiels techniques ont été publiés récemment. Ils sont à destination de l'ensemble des acteurs : maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, entreprises, organismes de contrôle. La pose de réseaux d'assainissement est encadrée par

la nouvelle version du fascicule 70 du CCTG – Titre I. Les travaux de réhabilitation et leurs contrôles préalables à la réception font l'objet de recommandations techniques, complétées par un dispositif normatif en plein développement.

L'ensemble de ces référentiels a été présenté lors d'une journée technique organisée par le CETE de l'Est à Metz le 19 octobre 2006, en partenariat avec l'Agence de l'Eau Rhin-Meuse, la FRTP Lorraine, l'ASTEE et Canaliseurs de France. Le présent article en dresse une synthèse : après une introduction portant sur les prescriptions de performances exigées des réseaux d'assainissement, sont présentés les référentiels techniques disponibles pour la pose des réseaux d'assainissement et pour leur réhabilitation.

■ Introduction : réseaux d'assainissement, les prescriptions de performances

La conception de l'assainissement vise différents objectifs : préserver la santé des citoyens, protéger la ressource en eau, ses usages et les milieux aquatiques associés, prévenir le risque d'inondation en ville. Dans ce sens, des niveaux de services du système d'assainissement ont été définis, modulant les exigences de performances selon les conditions météorologiques et les enjeux locaux : temps sec, pluies faibles, moyennes, fortes ou exceptionnelles [Certu, 2003]. Des performances hydrauliques, environnementales et structurelles sont ainsi exigées des réseaux d'assainissement, auxquelles s'ajoutent des exigences spécifiques liées aux conditions d'entretien [NF EN 752-2] (photo 1). Le patrimoine des réseaux d'eaux usées en France est estimé à 250000 km en 1998, la moitié de ce linéaire est aujourd'hui âgée de cinquante ans et plus selon une étude de l'Office International de l'eau. Les réseaux les plus anciens se situent en centre-ville. Ceux posés dans les années 50-60, en période de forte extension urbaine, arrivent aujourd'hui en fin de cycle de vie. L'auscultation des réseaux d'assainissement, menée dans le cadre de la gestion patrimoniale ou dans le cadre d'une étude diagnostic, met ainsi bien souvent en évidence différents types de défauts, susceptibles de générer des dysfonctionnements et de grever la pérennité des ouvrages. Ces défaillances peuvent trouver plusieurs origines : le vieillissement des ouvrages, l'évolution de l'environnement géotechnique et hydrogéologie, hydrauliques, mécaniques, etc. A cela, peut s'ajouter l'accroissement des performances hydrau-

EN 13508-2 : une norme pour le codage de l'inspection visuelle des réseaux d'assainissement

La norme NF EN 13508-2 (septembre 2003) – Conditions des réseaux d'évacuation et d'assainissement à l'extérieur des bâtiments – définit un système de codage de l'inspection visuelle des réseaux d'assainissement. Elle fournit ainsi un cadre-type qui permet de garantir la comparabilité et l'objectivité des résultats d'inspections visuelles, décrivant l'état interne des réseaux d'assainissement (branchements et collecteurs, regards de visite et chambres d'inspection).

Chaque observation est décrite par un code principal, composé de trois lettres, et d'informations supplémentaires. Par exemple, pour les branchements et collecteurs, ces informations supplémentaires peuvent concerner la caractérisation, la quantification, l'emplacement circconférentiel, l'assemblage et l'emplacement longitudinal.

Cette nouvelle norme est applicable à partir de fin 2006, ce délai de trois ans a permis l'adaptation des logiciels d'inspection et la formation des opérateurs (figure 1).

Figure 1

Observation d'un écrasement vertical (BAA-A) et de fissures longitudinales fermées sans rejet (BAB-B-A)

Observation of vertical crushing (BAA-A) and closed longitudinal cracks without discharge (BAB-B-A)



les nouveaux référentiels



Photo 1

La protection des milieux récepteurs, un des objectifs de l'assainissement

Protection of the receiving environments, one of the objectives of sewerage

liques et environnementales susceptibles d'être exigées des réseaux d'assainissement selon le contexte local. Sur la base de l'étude diagnostique du système d'assainissement et des milieux récepteurs et de l'analyse des besoins futurs, le programme d'assainissement, élaboré par le maître d'ouvrage, définit les moyens à mettre en œuvre pour respecter les objectifs de protection du milieu naturel et de protection hydraulique, adaptés au contexte local. Les solutions techniques recouvrent notamment la réhabilitation de l'existant et l'extension de collecte des nouvelles zones d'assainissement collectif.

Pour améliorer la fiabilité des réseaux d'assainissement, neufs ou réhabilités, et permettre ainsi aux collectivités de répondre à leurs obligations d'assainissement, plusieurs référentiels techniques ont été publiés récemment. Ces référentiels sont à destination de l'ensemble des acteurs : maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, entreprises, organismes de contrôle. Si la pose de réseaux d'assainissement est encadrée par la nouvelle version du fascicule 70 du CCTG - Titre I, le dispositif normatif relatif aux travaux de réhabilitation est en plein développement, complété par des recommandations techniques pour les marchés de travaux et pour les contrôles de réception (cf. encadré «EN 13508-2»).

■ Pose des réseaux d'assainissement : le fascicule 70 – Titre I du CCTG et son guide d'application

Le fascicule n° 70 du CCTG – Ouvrages d'assainissement a fait l'objet de plusieurs révisions depuis sa pre-

mière publication dans les années 1970. La nouvelle version, parue en 2004, intègre les évolutions techniques, les normes européennes en vigueur pour le cycle de l'eau et les exigences d'assurance qualité.

Le fascicule n° 70 est désormais divisé en deux titres : Titre I Réseaux (eaux usées, unitaires, pluviales) et titre II Ouvrages de recueil, stockage et restitution des eaux pluviales. Il vise ainsi l'application d'une doctrine technique commune pour l'ensemble des ouvrages d'assainissement. Si pour les collectivités, la référence aux normes homologuées dans les marchés de travaux est obligatoire, le fascicule n° 70 du CCTG ne s'applique qu'à leurs marchés y faisant explicitement référence. Il constitue alors une pièce contractuelle entre le maître d'ouvrage et les entreprises adjudicataires (figure 2).

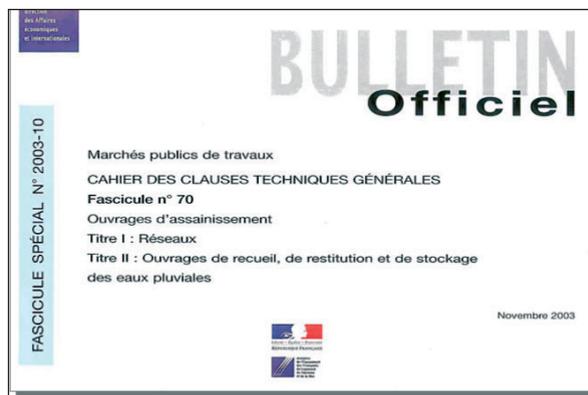


Figure 2

Le fascicule 70 du CCTG - Ouvrages d'assainissement
Fascicule 70 of the General Technical Specifications ("CCTG") - Sewerage structures

LES PRINCIPALES NORMES EUROPÉENNES DU CYCLE DE L'EAU

- NF EN 476 : prescriptions générales pour les produits
- NF EN 752 (1 - 7) : conception et exploitation
- NF EN 1610 : mise en œuvre et réception
- NF EN 1295-1 : calcul de la résistance mécanique
- NF EN 1091 : assainissement sous vide

Michel Montaut
Chargé d'études
CETE de l'Est - LRPC
de Nancy

Nathalie Le Nouveau
Ingénieur d'études
CETE de l'Est - LRPC
de Nancy

Jean-Claude Guignard
Saint-Gobain
PAM/ASTEE

Dominique Orditz
Ingénieur
CSTB

Jean-Michel Bergue
Animateur du groupe
de travail «Réhabilitation
des réseaux
d'assainissement»
ASTEE

Structure du Titre I du fascicule 70 du CCTG

- Chapitre 1 : Dispositions générales
- Chapitre 2 : Nature et qualité des produits et matériaux
- Chapitre 3 : Études préalables
- Chapitre 4 : Justification de la tenue mécanique
- Chapitre 5 : Mise en œuvre
- Chapitre 6 : Conditions de réception

RÉSEAUX - GALERIES MULTIRÉSEAUX

Réseaux d'assainissement : les nouveaux référentiels pour une meilleure fiabilité

Figure 3

Nouvelle classification des sols, basée sur les aptitudes au compactage et mise en cohérence avec la norme NF-P 11-300
New soil classification based on compactability, and harmonisation with French Standard NF-P 11-300

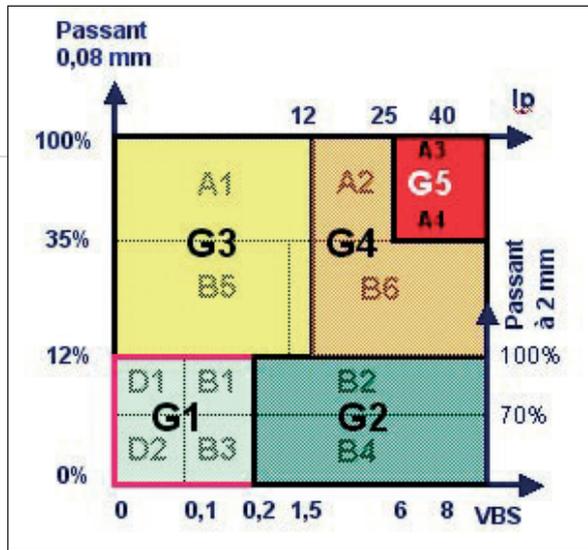


Photo 2

Épandage des plaquettes calcaires extraites sur une zone à proximité du chantier de pose d'un réseau de collecte
Spreading of limestone plates extracted from a zone near the site of installation of a sewage collection network



Le guide d'application du fascicule n° 70 – Titre I [ASTEE, 2006] constitue un outil pédagogique et pratique offrant un éclairage précis et détaillé des différents chapitres du nouveau fascicule. Suivant la même structure que le fascicule, il cherche à le vulgariser et à développer certains thèmes pour aider à son application.

La responsabilisation de tous les acteurs dans le cadre de la mise en œuvre d'une démarche qualité

Les rôles sont précisés selon le déroulement chronologique d'une opération d'assainissement, le rôle majeur du maître d'ouvrage et de son maître d'œuvre, en amont de l'exécution des travaux dans la préparation sont soulignés. L'entrepreneur fournit un SOPAQ et ensuite établira un PAQ. Le maître d'œuvre établira le schéma directeur de la qualité en liaison avec l'entrepreneur. Un bilan de fin de travaux est à définir.

La nature et la qualité des produits et des matériaux

L'accent est mis sur l'application de la recommandation relative à l'utilisation des normes et des certifications dans les spécifications et à l'appréciation des



Photo 3

Broyage des matériaux extraits avant réemploi en remblai de tranchée

Crushing of extracted materials before re-use as trench backfill

équivalences de la Commission centrale des marchés (T1-99). Par ailleurs, la classification des sols fait partie intégrante des points devant être pris en compte pour assurer la qualité d'un réseau d'assainissement, car l'environnement géotechnique de la canalisation joue un rôle essentiel dans la justification de la tenue mécanique (figure 3).

Le renforcement des études préalables

Il s'agit des données hydrauliques et environnementales, des caractéristiques des effluents, de l'implantation des ouvrages dans leur contexte géotechnique et le cas échéant des caractéristiques de la chaussée. Elles sont essentielles car elles permettent de valider les hypothèses de calcul, de mieux prendre en compte les phénomènes géotechniques autour de la canalisation et de fournir les paramètres indispensables à une bonne adaptation du projet lors d'un appel d'offres, mais aussi à la réalisation des travaux et l'optimisation du coût du chantier. Les propriétés mécaniques des matériaux de remblai de la zone d'enrobage, leurs conditions de mise en œuvre (granulométrie, compactage, sensibilité à l'eau...), ainsi que le réemploi éventuel des matériaux extraits, à favoriser, doivent être explicitées par l'étude géotechnique préalable (photos 2 et 3).

Photo 4

Mise en œuvre de blindage. Les conditions de retrait sont prises en compte dans le dimensionnement mécanique

Placing armouring. Shrinkage conditions are allowed for in mechanical sizing



Le dimensionnement mécanique des canalisations

La méthode de justification de la tenue mécanique développée dans le cadre du CCTG permet de vérifier à court et à long termes la tenue des canalisations aux sollicitations auxquelles elles sont soumises et d'optimiser l'adéquation « sol environnant / tuyau / mise en œuvre ». Les évolutions de la méthode de calcul concernent essentiellement les hypothèses d'entrées : la prise en compte de nouveaux matériaux de canalisation (PRV, PE, PP, etc.), la nouvelle classification des sols, la prise en compte de nouveaux matériaux d'enrobage tels que les gravettes et les matériaux auto-compactants liés, l'introduction de nouvelles modalités de mise en œuvre de l'enrobage (largeur de tranchée, compactage...), un ajustement des paramètres de calcul liés aux conditions de mise en œuvre, et l'introduction d'autres systèmes de charge que le convoi B_C . La méthode de vérification de tenue mécanique du Fascicule 70 n'est pas un système expert qui propose à chaque cas traité une seule et unique solution. L'utilisateur reste maître de ses choix, c'est à lui à se poser les bonnes questions. Dans le domaine des matériaux destinés à l'assainissement (tuyaux), les critères de dimensionnement et de limite d'emploi sont tous accessibles soient dans les normes françaises ou euro-

péennes, soient dans les Avis Techniques. De nouvelles versions des logiciels de vérification sont disponibles (photo 4).

La maîtrise de la qualité lors de la mise en œuvre

La mise en œuvre présente, dans le nouveau fascicule 70, de nombreux éléments d'évolution. En particulier la maîtrise de la qualité est certainement un élément fort avec l'arrivée officielle de différentes démarches qualité, et surtout l'obligation d'une phase préparatoire. La démarche qualité nécessite la responsabilisation de chaque intervenant qui se voit définir un rôle spécifique et précis, de la phase préparatoire jusqu'à la réception des travaux, par le maître d'ouvrage. Les plans d'assurance qualité avec les procédures établies et testées dans les chantiers sous chartes de qualité sont maintenant le pivot du chantier. À noter que les largeurs de tranchées ont été recalées afin de faciliter la manœuvre des engins de compactage et d'assurer la sécurité des intervenants. Ces évolutions doivent également inciter au réemploi des matériaux extraits.

Des conditions de réception renforcées

Les contrôles préalables à la réception des ouvrages ont été mieux formalisés, au regard de l'arrêté du 22 décembre 1994 et de la norme européenne NF EN 1610. Les réseaux d'assainissement (eaux usées, eaux pluviales et unitaires) font l'objet d'une procédure de réception prononcée par le maître d'ouvrage. Les examens préalables à la réception sont effectués avec une chronologie définie afin d'éviter des essais en surnombre. Ils comprennent au minimum :

- les épreuves de compactage : elles portent sur la totalité des remblaiements ainsi que sur la zone d'enrobage jusqu'au niveau du lit de pose, voire de la substitution, l'interprétation des essais pénétrométriques se fait conformément à la fonction B des normes XP-P 94-063 et XP-P 94-105 avec une classification en quatre types d'anomalies;
- la vérification des conditions d'écoulement;
- l'inspection visuelle ou télévisuelle : elle est effectuée sur 100 % du linéaire du réseau, branchements et boîtes de branchement inclus; la nouvelle norme de codage de l'inspection s'applique [NF EN13508-2];
- la vérification de la conformité topographique et géométrique des ouvrages;
- les épreuves d'étanchéité, à l'air ou à l'eau suivant les protocoles de la norme européenne NF EN 1610, seul l'essai à l'eau reste l'essai de référence;
- la vérification de la remise en état des lieux.

Les épreuves de compactage, d'étanchéité et l'inspec-

RÉSEAUX - GALERIES MULTIRÉSEAUX

Réseaux d'assainissement : les nouveaux référentiels pour une meilleure fiabilité



tion visuelle ou télévisuelle des ouvrages sont effectuées par un ou des organismes indépendants et qualifiés choisis par le maître d'ouvrage. Un moyen de s'assurer de ces deux critères importants est de faire appel à une entreprise accréditée Cofrac ou équivalent. Des guides techniques pour la réception des réseaux d'assainissement neufs par les organismes accrédités Cofrac ont été publiés [ASTEE, 2005] (photo 5).

Photo 5

Contrôle de la qualité de compactage du remblai de tranchée au pénétromètre dynamique à énergie constante

Quality control of trench backfill compaction by dynamic penetrometer at constant energy

Pose des réseaux d'assainissement : principaux référentiels

- ASTEE, 2006, Dossier « Guide d'application du fascicule 70 » – Titre I – Version 2004, TSM n° 3-2006.
- ASTEE, 2005, Dossier « Guides techniques pour la réception des réseaux d'assainissement neufs par les organismes accrédités Cofrac », TSM n° 9-2005.
- Bulletin officiel – Fascicule spécial n° 2003-10 – Novembre 2003. Marchés publics de travaux. Cahier des clauses techniques générales. Fascicule 70 – Ouvrages d'assainissement – Titre I – Les réseaux.
- CERTU, MEDD, 2003, La ville et son assainissement : principes, méthodes et outils pour une meilleure intégration dans le cycle de l'eau, CD-rom.
- Hanus F., Orditz D., Faucon F., 2006, Note d'information pour les maîtres d'ouvrage et leurs maîtres d'œuvre concernant l'application des normes et des certifications de conformité aux réseaux d'assainissement. TSM n° 2-2006.
- Recommandation T1-99 aux maîtres d'ouvrage publics, relative à l'utilisation des normes et des certifications dans les spécifications, et à l'appréciation des équivalences. 1999. www.equipement.gouv.fr

■ Réhabilitation des réseaux d'assainissement : recommandations et normalisation

La réhabilitation recouvre « toutes mesures entreprises pour restaurer ou améliorer les performances d'un réseau d'évacuation et d'assainissement existant » [NF EN 752-5]. Elle recouvre trois familles de techniques :

- réparation : rectification de défauts localisés;
- rénovation : travaux incorporant tout ou partie de l'ouvrage d'évacuation et d'assainissement existant et grâce auquel les performances actuelles sont améliorées;
- remplacement : construction d'un ouvrage d'évacuation et d'assainissement neuf sur ou hors de l'emplacement d'une conduite d'évacuation et d'assainissement existante et s'y substituant.

Au sein de chaque famille, plusieurs techniques sont généralement disponibles (figure 4), pouvant viser différents objectifs de réhabilitation (hydraulique, structurel, étanchéité, etc.) et couvrir différents domaines d'emploi [AGHTM, 1998], [Réseau Île de France, 2000]. À ces techniques spécifiques aux réseaux, s'ajoutent les techniques de réhabilitation des raccordements, des branchements et des regards de visite.

Les techniques de réparation, de rénovation et les techniques de remplacement sans tranchée permettent de limiter les nuisances associées aux travaux. Ces techniques bénéficient aujourd'hui, notamment pour le chemisage continu, d'un retour d'expérience considérable (figure 5).

Les travaux de réhabilitation des réseaux d'assainissement se distinguent des travaux de pose de réseaux neufs par la diversité des techniques disponibles, les conditions de réalisation et les transformations sur site que peuvent subir les matériaux mis en œuvre. S'ils ne font pas l'objet d'un fascicule du CCTG, des référentiels techniques, recommandations et normes, sont cependant disponibles pour aider les maîtres d'ouvrage et maîtres d'œuvre à élaborer leurs marchés de travaux de réhabilitation et procéder à leur réception.

| REPARATION | RENOVATION | REMPACEMENT |
|-----------------------------|---|-------------------------|
| Robot découpeur | Chemisage continu polymérisé en place | Tubage après extraction |
| Robot à fonctions multiples | Tubage par tuyau continu avec espace annulaire | Tubage après éclatement |
| Injection d'étanchement | Tubage par tuyaux courts avec espace annulaire | Forage dirigé |
| Chemisage partiel | Tubage par enroulement hélicoïdal avec espace annulaire | Fonçage |
| | Tubage par tuyau continu sans espace annulaire | Micro-tunnelage |
| | Tubage par éléments préfabriqués avec espace annulaire | Ouverture de tranchée |
| | Projection de béton ou de mortier | |

Figure 4

Principales techniques de réhabilitation des réseaux d'assainissement

Sewerage network renovation techniques



Photo: 1_2a, N° cassette: 1, 00:03:41
Manchette (RAS)

Figure 5

Chemisage partiel, après plusieurs années
Partial lining, after several years

Recommandations pour la réhabilitation des réseaux d'assainissement

Des recommandations pour la réhabilitation des réseaux d'assainissement (RRR98) [AGHTM, 1998; disponible en CD-rom] fournissent des CCTP-types de travaux par technique et un cadre pour bordereau des prix unitaires. Le maître d'œuvre doit renseigner les objectifs visés par les travaux de réhabilitation (capacité hydraulique, résistance mécanique, etc.) et fournir les données nécessaires à l'élaboration d'une offre. Un logiciel de calcul (tableur) permet de vérifier la justification de la tenue mécanique des chemisages et tubages. Les mêmes types de données d'entrée que pour la

pose de réseaux neufs sont requis (caractéristiques intrinsèques de la chemise ou du tube, environnement géotechnique et hydrogéologie, etc.).

Normalisation de la réhabilitation des réseaux d'assainissement

Depuis le début des années 2000, sont publiées des normes de conception et prescriptions générales [NF EN 752, NF EN 13 689, XP P 16-106] et des normes produits pour la rénovation [NF EN 13 566]. Ceci a permis de définir les exigences fondamentales et la création d'un référentiel de marque NF, notamment la certification NF 390 portant sur le chemisage continu polymérisé en place.

Recommandations pour la réception des travaux de réhabilitation des réseaux d'assainissement

Comme pour la pose de nouveaux collecteurs, les collectivités locales qui commandent des travaux de réhabilitation doivent faire procéder à un contrôle préalable à leur réception par un organisme compétent et indépendant de l'entreprise de travaux. Compte tenu de la spécificité des travaux de réhabilitation, les conditions de leur réception ne peuvent être les mêmes que celles des travaux de pose de réseaux neufs. Certains des essais préalables sont techniquement inutiles ou très difficiles de mise en œuvre ou sont économiquement déraisonnables au regard du coût des travaux réceptionnés. De même, il est aujourd'hui techniquement presque impossible de vérifier la reprise d'étanchéité d'un raccordement après la réouverture d'un branchement par un robot fraiseur. Pour dépasser concrètement ce constat, le groupe de travail spécialisé



Réhabilitation des réseaux d'assainissement : principaux référentiels

- ASTEE, à paraître, *Recommandations pour l'inspection visuelle des réseaux d'assainissement*, TSM.
- ASTEE (ex-AGHTM), 1998, *Recommandations pour la réhabilitation des réseaux d'assainissement*, Hors série TSM., CD-rom.
- ASTEE, 2004, *Recommandations pour la réalisation des contrôles préalables à la réception des travaux de réhabilitation des réseaux d'assainissement*, TSM n° 2-2004.
- FNDAE n° 32 (Berland J.-M.), 2004, *Réhabilitation des réseaux d'assainissement en zone rurale*.
- Le Gauffre P., Joannis C., Breyse D., Gibello C., Desmulliez J., 2005, *Gestion patrimoniale des réseaux d'assainissement urbains – Guide méthodologique*, éd. Hermès - Lavoisier, Tec et Doc.
- RERAU, RG&U, IREX, 2002 & 2004, *Restructuration des collecteurs visitables – Guide Technique – Tomes I & II*, éd. Lavoisier, Tec et Doc.
- R.E.S.E.A.U. d'Île de France, 2000, *Catalogue des procédés de réhabilitation en assainissement*.



de la Commission assainissement de l'ASTEE réunissant des experts de bureaux d'études et de contrôles, d'entreprises et de divers organismes (collectivités locales, administration, Agences de l'Eau) a entrepris de compléter les recommandations techniques qu'il avait rédigées en 1998. L'orientation de réflexion retenue a été de :

- se placer en droite ligne des RRR 98 [AGHTM, 1998], en rédigeant des « Recommandations pour la réalisation des contrôles préalables à la réception des travaux de réhabilitation des réseaux d'assainissement » [ASTEE, 2004], destinées à compléter et à préciser l'article 4.4 « Opérations préalables à la réception » des cahiers des clauses techniques particulières;
- distinguer les cas d'entreprises avec et sans démarche management de la qualité (type ISO 9000);
- procéder par technique et par objectif de réhabilitation.

Pour chaque technique une fiche de travail a été rédigée selon le plan suivant :

- 1 - définition (quantitative et qualitative) des objectifs des travaux de réhabilitation (étanchéité, hydraulicité, restructuration mécanique, anticorrosion et anti-abrasion) et des paramètres clés attachés à la technique;
- 2 - essais préalables à la réception (après travaux ou, éventuellement, avant leur achèvement) avec leur procédure de mise en œuvre (comprenant l'interprétation de leurs résultats) et leurs protocoles;
- 3 - essais de/et contrôles d'exécution (comprenant éventuellement le plan d'assurance qualité) pour les objectifs non mesurables par essais après travaux.

■ Conclusion

Pour améliorer la fiabilité des réseaux d'assainissement, neufs ou réhabilités, plusieurs référentiels techniques ont été publiés récemment et complètent ou apportent des évolutions importantes aux référentiels existants. Ces référentiels sont à destination de l'ensemble des acteurs, jouant un rôle dans la qualité des travaux et la fiabilité des ouvrages : maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, entreprises, organismes de contrôle. Leur appropriation et leur mise en œuvre doivent concourir à la réalisation d'ouvrages d'assainissement répondant aux exigences accrues de qualité et de services à l'usager.

■ Références normatives

- NF EN 752 - Parties 1 à 7 (1996 à 1998) : Réseaux d'évacuation et d'assainissement à l'extérieur des

bâtiments (*cet ensemble de norme est en cours de révision et sera remplacé par une norme unique à paraître en 2007*).

- NF EN 1610, déc. 1997 : Mise en œuvre et essai des branchements de collecteurs d'assainissement.
- NF EN 12889, mai 2000, Mise en œuvre sans tranchée et essai des branchements et collecteurs d'assainissement.
- NF EN 1091, juin 1997 : Réseaux d'assainissement sous vide à l'extérieur des bâtiments.
- NF EN 1671, oct. 1997 : Réseaux d'assainissement sous pression à l'extérieur des bâtiments.
- NF EN 476, nov. 1997 : Prescriptions générales pour les composants utilisés dans les réseaux d'évacuation, de branchements et d'assainissement à écoulement libre.
- NF EN 1295-1, mars 1998 : Calcul de résistance mécanique des canalisations enterrées sous diverses conditions de charge – Partie 1 : Prescriptions générales.
- NF EN 135081, mai 2004 : Etat des réseaux d'évacuation et d'assainissement à l'extérieur des bâtiments - Partie 1 : Exigences générales.
- NF EN 13508-2, sept. 2003 : Conditions des réseaux d'évacuation et d'assainissement à l'extérieur des bâtiments - Partie 2 : Système de codage de l'inspection visuelle.
- FD CEN/TR 15128, mars 2006 : Aperçu des normes européennes pour la réhabilitation des réseaux d'évacuation et d'assainissement.
- NF EN 13689, oct. 2002 : Guide pour la classification et la conception des systèmes de canalisations en plastique destinés à la rénovation.
- NF EN 13380, sept. 2001 : Prescriptions générales pour les composants utilisés pour la rénovation et la réparation des branchements et des réseaux d'assainissement à l'extérieur des bâtiments.

QUELQUES SITES INTERNET

- www.astee.org : Association scientifique et technique pour l'eau et l'environnement
- www.fstt.org : Comité français pour les travaux sans tranchée
- www.afnor.fr : Association française de normalisation
- www.cstb.fr : Centre scientifique et technique du bâtiment (Avis techniques)
- www.cete-est-equipement.gouv.fr : CETE de l'Est (présentations de la journée technique « Réseaux d'assainissement, pour une meilleure fiabilité », Metz, 19 octobre 2006).

- NF EN 13 566 - Systèmes de canalisations plastiques pour la rénovation des réseaux d'assainissement enterrés sans pression. Partie 1 (mai 2003) – Généralités, Partie 2 (fév. 2006) – Tubage par tuyau continu sans espace annulaire. Partie 3 (juin 2003) – Tubage par tuyau continu sans espace annulaire. Partie 4 (sept. 2003) – Chemisage continu polymérisé en place.
- XP P16-106, déc. 2005 : Gestion et contrôle des opérations de réhabilitation des réseaux d'évacuation et d'assainissement. ■

ABSTRACT
***Sewerage networks :
 new reference framework
 for improved reliability***

*M. Montaut, N. Le Nouveau,
 J.-Cl. Guignard, D. Orditz, J.-M. Bergue*

Existing sewerage networks in France were estimated at 250 000 km in 1998, and half of this length is now at least fifty years old, according to a study carried out by the International Office for Water. A large proportion of this heritage is therefore likely to need either complete replacement or trenchless renovation work.

To improve the reliability of the sewerage networks, new or renovated, several technical reference frameworks were published recently. A framework for the laying of sewerage networks is defined by the new version of fascicle 70 of the General Technical Specifications ("CCTG") - Title I. Renovation works and their pre-acceptance inspection are covered by technical recommendations, supplemented by a rapidly expanding set of standards.

All these reference frameworks were presented at a technical seminar held by CETE de l'Est on 19 October 2006 in Metz, in partnership with the Rhin-Meuse Water Agency, public works federation FRTP Lorraine, the scientific and technical organisation ASTEE and the pipelayers' association Canaliseurs de France. The present article presents a review of this work.

RESUMEN ESPAÑOL
***Redes de saneamiento :
 los nuevos sistemas
 de referencia para una
 mayor fiabilidad***

*M. Montaut, N. Le Nouveau,
 J.-Cl. Guignard, D. Orditz y J.-M. Bergue*

En 1998, el patrimonio de las redes residuales en Francia se estima en 250 000 km, Hoy en día, la mitad de este trazado tiene una edad de cincuenta años y más, según un estudio llevado a cabo por el Instituto Internacional del agua. Por consiguiente, una parte importante de este patrimonio es susceptible de precisar, ya sea una renovación completa, o bien diversos trabajos de rehabilitación sin zanja.

Para mejorar la fiabilidad de las redes de saneamiento, nuevas o rehabilitadas, se han publicado recientemente varios sistemas de referencia técnicos. El tendido de redes de saneamiento va regulado por la nueva versión del fascículo 70 del CCTG - título I. Los trabajos de rehabilitación y sus controles previos a la recepción son objeto de recomendaciones técnicas, completadas por un dispositivo normativo en pleno desarrollo.

El conjunto de estos sistemas de referencia se ha presentado con motivo de una jornada técnica organizada por el CETE del Este en Metz el 19 de octubre de 2006, en colaboración con la Agence de l'Eau Rhin-Meuse, la FRTP Lorraine, la ASTEE y Canaliseurs de France. En el presente artículo se propone una síntesis.

Leurs outils, leur expérience et leur connaissance des interlocuteurs clés en matière de réseaux ont fait des canaliseurs de Sogea (groupe VINCI) les premiers prestataires de travaux dans l'aménagement des grandes liaisons en fibre optique à la fin des années 1990 et ouvert la voie d'une nouvelle activité au service des opérateurs sous l'enseigne VINCI Networks. Après l'éclatement de la « bulle » Internet, dans un contexte de réorganisation du marché, cette jeune structure a réinvesti à son compte le modèle des concessions de VINCI, définissant le profil d'un métier à haute valeur ajoutée.

VINCI Networks. De l'hydraulique aux d'un nouveau métier

Des réseaux hydrauliques aux réseaux télécoms, il n'y a qu'un pas. Un petit pas si l'on considère leur aménagement d'un point de vue strictement technique, un grand pas si l'on englobe les facettes marché et métier, car en moins de 10 ans le secteur a vu ses perspectives sombrer avant de rebondir et se reconfigurer avec de nouveaux acteurs sur fond d'innovation technique accélérée (ADSL, Wimax, CPL, etc.).

Pour Sogea, tout commence dans les années 1990 avec le déploiement des réseaux de fibres optiques. Les opérateurs font alors appel au savoir-faire de ses canaliseurs et aux électriciens de VINCI Énergies (raccordements, maintenance de réseaux) qui associent ponctuellement leurs compétences pour exécuter des marchés de travaux. En 2000, la mise en synergie volontariste des deux pôles leur permet de remporter la conception¹ et la réalisation d'un projet aux dimensions inédites, soit l'aménagement, pour un montant de 150 M€, d'un réseau de fibres optiques de grande capacité (backbone) de près de 1 400 km entre Paris et Hendaye pour le compte de l'opérateur suédois Telia.

1. En pratique, il s'agissait dans un minimum de temps de définir un avant-projet sommaire et de le proposer à la validation du client puis d'établir l'avant-projet définitif permettant de demander les permissions de voirie indispensables pour l'exécution des travaux.

■ Une nouvelle activité

Divisé en quatre zones géographiques, ce chantier d'un nouveau type mobilise simultanément six directions régionales de Sogea et des équipes de VINCI Énergies, et est mené à bien en moins de 16 mois. Il s'annonce également riche en prolongements. « Plus encore que l'exécution des travaux, c'est la performance d'amont, c'est-à-dire la capacité de conception appuyée sur la très bonne connaissance des collectivités que l'on a dans le réseau Sogea qui se révélait prometteuse à un moment où les opérateurs semblaient devoir poursuivre l'aménagement des infrastructures. À tel point qu'en 2001, à l'initiative de Jean Rossi, le président de Sogea, est créée sous le nom VINCI Networks une société vouée à pérenniser cette activité », explique Étienne Dugas, le directeur de VINCI Networks.

Très vite ces perspectives sont brouillées par l'éclatement de la « bulle » Internet, qui entraîne l'effondrement du marché et la disparition de nombreux opérateurs. Pour VINCI Networks, dont l'effectif se limite alors à trois collaborateurs, c'est un passage difficile, même si à terme l'avenir de la fibre optique (cf. encadré « La fibre optique, un potentiel illimité ») ne fait de doute pour personne.

« La réglementation a contribué à redonner vie au marché, explique Patrick Marre, un des acteurs du projet Telia, aujourd'hui responsable des exploitations de VINCI Networks. En juillet 2001, la modification de l'article 1511-6 du Code général des collectivités locales avait en

La fibre optique, un potentiel illimité

« L'avènement de l'ADSL sur le réseau à paires de cuivre de France Télécom et des techniques sans fil (Wi-Fi, Wimax) n'y change rien, la fibre optique est la technologie par excellence des télécommunications de demain, car son potentiel comme sa durée de vie sont illimités, affirme Étienne Dugas. Alors que le débit des paires de cuivre plafonne théoriquement à 55,2 Mb/s, celui de la fibre se mesure en millions de millions de bit (Tb/s), ce qui représente la capacité maximale des systèmes émetteurs-récepteurs mais non celle de la fibre elle-même². Autres avantages, un réseau de fibres optiques s'affranchit des systèmes d'amplification et des raccordements électriques indispensables au réseau coaxial et ignore les perturba-

tions qui affectent les ondes radio. Elle est également incontournable du fait de la croissance exponentielle du volume des échanges et parce qu'elle répond à la stratégie des opérateurs qui rassemblent aujourd'hui tous les moyens d'accès autour d'une offre globale, la fameuse convergence. Ainsi, dans l'avenir, la fibre sera partout, et une seule prise et un seul abonnement donneront accès au téléphone, à Internet, à la télévision, etc. À quelle échéance ? Dans 20 ans peut-être, car aujourd'hui seulement 5 % des infrastructures nécessaires ont été aménagées – autrement dit de belles perspectives d'activité pour VINCI Networks... »

2. En mars 2006, un débit de 2,5 Tb/s a pu être enregistré – record provisoire, car la capacité des émetteurs-récepteurs ne cesse d'augmenter.

réseaux haut débit, genèse

effet autorisé les collectivités à devenir "opérateur d'opérateurs", c'est-à-dire à aménager des infrastructures – ce que nous appelons la "fibre noire" – sur leur territoire. En juillet 2004, l'article 1425-1 est allé plus loin en permettant aux collectivités d'"activer" leurs réseaux, devenant elles-mêmes opérateurs. »

Toutes sortes d'appels d'offres sont alors lancés par les collectivités pour l'affermage, la conception, la construction, la conception et la construction de réseaux et de boucles locales à haut-débit. Ce contexte nouveau où les clients ne sont plus des opérateurs privés mais des clients publics, et le cadre contractuel le code des marchés publics, conduisent VINCI Networks à préciser le contenu de son offre et à se positionner comme partenaire capable de répondre à l'ensemble des besoins, y compris l'exploitation et la maintenance, qui ne relèvent pas plus du « métier » des collectivités que la conception ou la construction des réseaux.

■ Un acteur complet

« Pour cela, poursuit Patrick Marre, nous avons inventorié toutes les formes juridiques pouvant servir de cadre à nos prestations, et nous avons trouvé la solution avec la délégation de service public (DSP), une forme de concession permettant de substituer un tiers, en l'occurrence une société ad hoc, à la collectivité et de lui confier la gestion d'un service (d'une infrastructure dans le cas d'une concession) dans le cadre d'un contrat à long terme. »

CleanFast : comme son nom l'indique

Pour répondre aux exigences de délais et minimiser les perturbations liées à l'aménagement des réseaux en milieu urbain, VINCI Networks bénéficie de l'un des procédés innovants développés par Marais : Cleanfast. Monté sur un véhicule au gabarit de camion benne, le système permet d'ouvrir dans la chaussée une tranchée de 100 mm de large et de 400 mm de profondeur sans interrompre le trafic automobile ni gêner la circulation des piétons sur les trottoirs (très étroite, la saignée peut être franchie par les véhicules sans aucun aménagement). Les déblais sont aspirés au fur et à mesure du rabotage et stockés dans la machine. Après mise en place des fourreaux, la tranchée est remblayée mécaniquement au moyen d'un mortier à prise rapide puis la couche de roulement est rétablie par application à chaud d'un matériau bitumineux. Le rythme de pose, de 350 m par jour en centre urbain peut atteindre 700 m/j (photo 1).

« Entre les marchés de travaux des débuts et la signature en juillet 2006, dans le Puy-de-Dôme, d'une convention de délégation de service public avec Clermont Communauté pour la construction et l'exploitation d'un réseau à très haut débit de 150 km sur une durée de 20 ans, nous avons d'une certaine façon reparcouru la trajectoire de VINCI, développant son savoir-faire de concessionnaire à partir des métiers de la construction et de la route, confirme Étienne Dugas. En parallèle, nous avons mis en place un partenariat avec Marais Contracting, le numéro un européen de la pose mécanisée de réseaux, qui fabrique et loue un ensemble de machines innovantes (cf. encadré « CleanFast : comme son nom l'indique »), afin de répondre à la problématique des délais d'exécution des travaux, et nous nous rapprochons actuellement d'Axia, un opérateur canadien, avec lequel nous souhaitons nous associer de manière privilégiée dans l'ensemble de nos contrats d'exploitation. »

Ainsi profilée et appuyée sur le réseau du groupe, VINCI Networks compte déjà de belles références (cf.

Photo 1

Le procédé Cleanfast a été développé par Marais pour accélérer les travaux en milieu urbain et minimiser la gêne occasionnée aux riverains. Il permet de réaliser quotidiennement des sections de 350 à 700 m

The Cleanfast process was developed by Marais to speed up work in urban environments and minimise the nuisance caused to frontage residents. It enables sections of 350 to 700 metres to be executed each day



Étienne Dugas
Directeur
VINCI Networks



Pascal Emond
Directeur
du développement
VINCI Networks



Patrick Marre
Responsable
des exploitations
VINCI Networks

RÉSEAUX - GALERIES MULTIRÉSEAUX

VINCI Networks. De l'hydraulique aux réseaux haut débit, genèse d'un nouveau métier



Photo 2

Un train de quatre engins long de quelques dizaines de mètres seulement compose l'atelier d'installation standard en accotement. Aucune intervention supplémentaire n'est nécessaire après son passage

A train of four machines just a few dozen metres long forms the standard installation equipment on road shoulders. No further operations are necessary after its passage



Photo 3

Lorsque le tranchage en accotement n'est pas possible, les installateurs doivent mobiliser des moyens traditionnels (pelle), plus onéreux. Sur le réseau mosellan, 80 km seulement sur un total de 1 000 km ont dû être réalisés ainsi

When trenching on the road shoulder is not possible, the contractors have to deploy traditional equipment (the shovel), which is more expensive. On the Moselle network, only 80 km out of a total of 1 000 km had to be executed in this way



encadré « Références express »). « Le chiffre d'affaires réalisé sur les trois dernières années avoisine 145 M€, et au total notre portefeuille représente près de 2 250 km de réseau, concerne 470 collectivités, une population de 2,6 millions d'habitants et plus de 100 000 entreprises », précise Pascal Emond, le directeur du développement de VINCI Networks. Mais la jeune entreprise est bien convaincue qu'elle ne va pas en rester là car elle étudie actuellement une douzaine de projets, les appels d'offres des collectivités ne tarissent pas et l'on voit apparaître de nouveaux projets très importants, comme celui de l'opérateur Free, qui, en septembre 2006, a annoncé son intention d'investir 1 milliard d'euros dans l'aménagement d'un réseau FTTH (fiber to the home) à Paris et en région parisienne (photos 2, 3 et 4).

RHD 57 : conception-construction et exploitation

Lorsqu'il projette de doter son département d'un réseau haut débit, le Conseil général mosellan souhaite, comme la plupart de ses homologues, réduire la « fracture numérique » sur son territoire et fournir aux administrations, aux établissements d'enseignement et aux acteurs économiques des moyens de communication modernes. Au départ, l'initiative se limite à un projet de conception-construction, auquel VINCI Networks répond en groupement avec Sogea Est, Sogea Construction, Marais Contracting et Alcatel (partenaire pour la fourniture de la fibre). Le marché du RHD 57, d'un montant de 57 M€, est notifié au groupement en juillet 2004 et porte précisément sur la réalisation en 22 mois (contre 24 prévus au départ) de 1 000 km d'études, le raccordement de 34 têtes de réseaux, de 95 collèges et 30 zones d'activité, et l'installation de 1 140 chambres (regards de visite) et de 115 nœuds de raccordement abonnés (NRA).

« Pas tellement moins long que le projet Telia, le RHD 57 représente une belle avancée en terme d'organisation et d'efficacité, juge Patrick Marre, le directeur opérationnel du projet, car il ne s'agissait pas cette fois d'avancer en ligne droite en rase campagne mais d'aller chercher les nœuds de raccordement dans les villes – Metz, Thionville, Forbach, Sarreguemines, etc. (330 km ont été réalisés avec le procédé Cleanfast de Marais Contracting) –, et d'établir un maillage de dessertes. »

Le réseau se compose en fait de deux parties : une « artère fédératrice » (câble 14 mm à 144 fibres), qui cerne globalement le département en reliant les principales agglomérations, et ses ramifications, les dessertes (câble à 36 fibres). « La productivité maximale vers quoi tendaient la préparation et l'organisation du chantier a été mise à l'épreuve par le rude hiver local. Les travaux ont dû être suspendus pendant cinq mois (dont trois en

Photo 4

À la fois regard et boîte de connexion, les chambres sont aménagées sur le réseau tous les 400 m en milieu urbain et tous les 2 400 m en rase campagne. Sur les cinq fourreaux installés, un est en service, les autres restent en réserve et dédiés à la maintenance

Acting as both a manhole and a junction box, chambers are prepared on the network every 400 metres in urban environments and every 2400 metres in the open country. Out of the five cable ducts installed, one is in service while the others remain on standby, dedicated to maintenance



Références express

2000

Réseau métropolitain Garonne Networks (Garonne)

Affermage de l'exploitation et de la maintenance du réseau Infrastructure métropolitaine de télécommunications (100 km).

Attributaire : Garonne Networks (VINCI, Caisse des Dépôts).

2003

Réseau départemental Melis@ (Maine-et-Loire)

Concession pour la conception, la réalisation et l'exploitation sur une durée de 20 ans d'un réseau de 688 km.

Concessionnaire : Melis@Infrastructure (Marais Contracting, Sogea Construction, VINCI Networks, Cofiroute, Sagem).

2004

Réseau de la communauté d'agglomération du Creusot-Montceau (Saône-et-Loire)

Délégation de Service public pour l'exploitation sur 15 ans d'un réseau de 75 km.

Concessionnaire : groupement Marais Contracting-Sogea Construction.

Boucle numérique d'Arras Networks (Nord)

Construction d'un réseau de 75 km et DSP pour l'exploitation et la maintenance pendant 15 ans.

Délégataire : groupement Marais Contracting - VINCI Networks.

Réseau haut débit de Caen (Calvados)

Concession pour la conception et la construction d'un réseau de 120 km (à terme).

Concessionnaire : Caen.Com Networks (Marais Contracting-VINCI Networks).

2005

Réseau haut débit du Grand-Chalon (Saône-et-Loire)

Conception et réalisation de 100 km de réseau et DSP pour l'exploitation sur 15 ans.



Délégataire : groupement Marais Contracting - VINCI Networks.

RHD 57 (Moselle – voir article)

2006

Backbone Universel de Services de la Manche

Construction d'une infrastructure passive de 650 km puis DSP pour l'exploitation du réseau.

Délégataire : groupement Axia-LD Collectivités - VINCI Networks.

Sicoval (Garonne)

Conception et réalisation d'un réseau très haut débit 100 % fibre optique pour la desserte FTTH des entreprises sur les zones d'activités de Labège Innopôle.

Délégataire : groupement VINCI Networks, Marais Contracting Services, Axia France.

Réseau Clermont Communauté (Puy-de-Dôme)

Conception et réalisation d'un réseau de 150 km et DSP pour l'exploitation sur 20 ans.

Délégataire : groupement VINCI Networks, Marais Contracting Services, Axia France (photo 5).

Photo 5

Le 6 juillet dernier a été signée à Clermont-Ferrand la convention de délégation de service public avec Clermont Communauté.

De gauche à droite : Clément Verhille (Axia France); Serge Godard, président de Clermont Communauté; Étienne Dugas, directeur de VINCI Networks; Jean-Louis Souche (Marais)

On 6 July last, the public service concession agreement was signed in Clermont-Ferrand with Clermont Communauté. From left to right : Clément Verhille (Axia France); Serge Godard, president of Clermont Communauté; Étienne Dugas, manager of VINCI Networks; Jean-Louis Souche (Marais)

RÉSEAUX - GALERIES MULTIRÉSEAUX

VINCI Networks. De l'hydraulique aux réseaux haut débit, genèse d'un nouveau métier

► 2006) pour intempéries, ce qui a ramené le délai réel de réalisation à 17 mois », note Patrick Marre. Cela n'a pas empêché VINCI Networks de tenir ses engagements et de livrer le réseau le 30 juin 2006 – ni de soumissionner et de remporter, associé à l'opérateur 9Télécoms (aujourd'hui Neuf Cegetel) l'appel d'offres lancé entre-temps par la Moselle pour l'exploitation du réseau sur 15 ans dans le cadre d'une délégation de service public (photo 6). ■



Photo 6

RHD 57 : la rudesse du climat mosellan a contraint à suspendre les travaux pendant trois mois en 2006

RHD 57 : The harsh Moselle climate forced work to be suspended for three months in 2006

ABSTRACT VINCI Networks. From hydraulic engineering to broadband networks, the genesis of a new business

É. Dugas, P. Emond, P. Marre

Their tools, their experience and their knowledge of key contact points in the area of networks made the pipe layers of Sogea (VINCI Group) the leading work contractors for the development of major optical fibre links at the end of the 1990s and opened the way to a new operator service activity under the VINCI Networks sign. Following the bursting of the Internet bubble, in a context of market reorganisation, this young organisation has appropriated the VINCI concession model, defining the profile of a high value added business.

RESUMEN ESPAÑOL VINCI Networks. Desde la hidráulica hasta las redes de alta velocidad, nacimiento de una nueva actividad profesional

É. Dugas, P. Emond y P. Marre

Sus herramientas, su experiencia y su conocimiento de los interlocutores claves en materia de redes han hecho de los canalizadores de Sogea (grupo VINCI) los primeros prestatarios de trabajos en la ordenación de los grandes enlaces de fibra óptica a finales de los años 1990 y permitió abrir la vía de una nueva actividad al servicio de los operadores bajo el abanderamiento VINCI Networks. Después del estallido de la "burbuja" Internet, en un contexto de reorganización del mercado, esta recién estructura ha recuperado a su modo el modelo de las concesiones de VINCI, al definir el perfil de una actividad profesional de elevado valor añadido.

RÉSEAUX - GALERIES MULTIRÉSEAUX

De Tuen Mun à Tsz Wan Shan, les tribulations d'un tunnelier français au service de China Light & Power Hong Kong

L'entreprise française CSM Bessac construit des tunneliers et réalise des ouvrages souterrains. Le groupement Bachy Soletanche Group Limited – CSM Bessac JV a terminé en avril 2005 le creusement de deux tunnels délicats à Hong Kong. Il s'agit de galeries techniques pour le transport d'électricité. Près de 18 mois auront été nécessaires pour réaliser un total de 800 m de tunnel au diamètre de creusement de près de 4 m, à travers des terrains très hétérogènes, dans un environnement urbain dense, sous un canal marin pour l'un d'eux. L'article présente les raisons qui ont justifié l'utilisation pour ce projet d'un tunnelier polyvalent à attaque ponctuelle à front fermé pressurisable, ainsi que les principales difficultés rencontrées et résolues.

■ Les conditions de terrain difficiles conduisent au choix d'un tunnelier à attaque ponctuelle CSM Bessac

Dans le cadre du développement de son réseau de distribution, China Light & Power Hong Kong Ltd qui fournit l'électricité à plus de deux millions de clients sur le territoire de Hong Kong, a lancé fin 2002 la construction de quatre tunnels de 3,20 m à 3,50 m de diamètre, destinés à recevoir des câbles électriques 132 kV. La réalisation des travaux a été confiée à Dragages (HK) JV dans le cadre de deux contrats en conception-réalisation.

Deux des quatre tunnels ont été creusés dans le rocher. Celui de Kwai Chung, d'une longueur de 1 100 m, a été réalisé de manière traditionnelle à l'explosif. L'autre, à Chi Ma Wan, d'une longueur de 3 500 m, a été réalisé au tunnelier Robbins.

En revanche, c'est dans des faciès très hétérogènes que les deux autres devaient être réalisés, à des profondeurs variant entre 10 et 25 m et en présence d'une charge hydrostatique atteignant 20 m.

La réalisation de ces tunnels plus délicats a été soustraite par Dragages (HK) JV au groupement Bachy Soletanche Group Ltd – CSM Bessac JV. Ces ouvrages se trouvent sur la partie continentale du territoire de Hong Kong. L'un est dans la ville côtière de Tuen Mun à une trentaine de kilomètres au nord-ouest de l'île, l'autre est à Tsz Wan Shan un quartier nord de la ville de Kowloon qui surplombe la baie.

Pour réaliser ces deux galeries de 3 200 mm de diamètre intérieur (photo 1), Bachy Soletanche Group Ltd – CSM Bessac JV a défini un tunnelier à front fermé pressurisable et à attaque ponctuelle de 3 790 mm de diamètre, conçu spécialement pour ce projet par CSM



Photo 1

Tunnel achevé à Tsz Wan Shan
Completed tunnel at Tsz Wan Shan

Bessac et fabriqué dans son usine de Saint-Jory près de Toulouse (photo 2). Ce type de tunnelier, développé et utilisé depuis de nombreuses années par l'entreprise toulousaine, a été choisi en raison des contraintes spécifiques du projet qui sont principalement :

- la nature hétérogène des terrains à traverser, avec des inclusions rocheuses dans des terrains meubles sujets au tassement;
- la présence d'une pression hydrostatique importante;
- la faible longueur des tronçons : 170 m, 200 m et 430 m;
- un tracé sinueux avec des rayons de courbure pouvant descendre à 160 m;
- des emprises de chantier de très petites surfaces au cœur de zones résidentielles de Hong Kong.



Photo 2

Descente du tunnelier dans le puits de départ à Tuen Mun
Lowering the TBM into the starting shaft at Tuen Mun



Arnaud Chapuis
Directeur de projet adjoint
CSM Bessac (groupe Solétanche Bachy)



Dick Yiu
Directeur de projet
Bachy Soletanche Group Ltd.

RÉSEAUX - GALERIES MULTIRÉSEAUX

De Tuen Mun à Tsz Wan Shan, les tribulations d'un tunnelier français au service de China Light & Power Hong Kong

Le projet de base est fortement amélioré grâce à la variante du tunnelier CSM Bessac polyvalent

Dragages (HK) JV et Bachy Soletanche Group Ltd – CSM Bessac JV ont proposé au client une solution variante basée sur l'utilisation d'un seul tunnelier polyvalent pour les deux tunnels en terrains hétérogènes. Cela a permis d'améliorer considérablement le projet :

- à Tuen Mun, en fournissant une galerie visitable alors que le projet de base comportait plusieurs conduites parallèles de faible diamètre ;
- à Tsz Wan Shan, en évitant la tranchée ouverte prévue en solution de base dans une zone encombrée de réseaux souterrains.

Le revêtement par voussoirs en béton armé préfabriqués de 240 mm d'épaisseur a été calculé et conçu selon la norme BS 8110 pour répondre aux exigences de durabilité sur une période de 120 ans imposées par le client. Ils comportent des joints compressibles EPDM, des broches plastiques de liaison entre anneaux et un enrobage des armatures supérieur à 40 mm.



■ Un seul tunnelier pour deux chantiers dans des conditions géologiques très différentes

Pour le tunnel de Tuen Mun il fallait passer à vingt mètres sous un canal situé à quelques centaines de mètres de la côte, soumis à la marée. Les berges étaient constituées d'une couche de remblais rocheux d'une quinzaine de mètres de profondeur posée sur des roches volcaniques totalement décomposées. Le lit central du canal était constitué d'argiles alluvionnaires très molles. La profondeur du tunnel a été déterminée de façon à garantir une couverture de terrain suffisante sous le canal dans les argiles molles, ce qui a conduit à traverser successivement du rocher décomposé, des argiles et des remblais rocheux (figure 1).

Le tunnel de Tsz Wan Shan, quant à lui, a été creusé dans un contexte totalement différent. Son tracé est à flanc de montagne et à moins de dix mètres sous une rue serpentant au pied des gratte-ciel. À cette faible profondeur, le terrain alterne entre des arènes granitiques plus ou moins altérées, des colluvions parsemées de blocs et des remblais réalisés pour combler les replis du relief. Le profil en long du tunnel a été déterminé

Figure 1
Profil en long du tunnel sous le canal de Tuen Mun
Longitudinal profile of the tunnel under the Tuen Mun canal

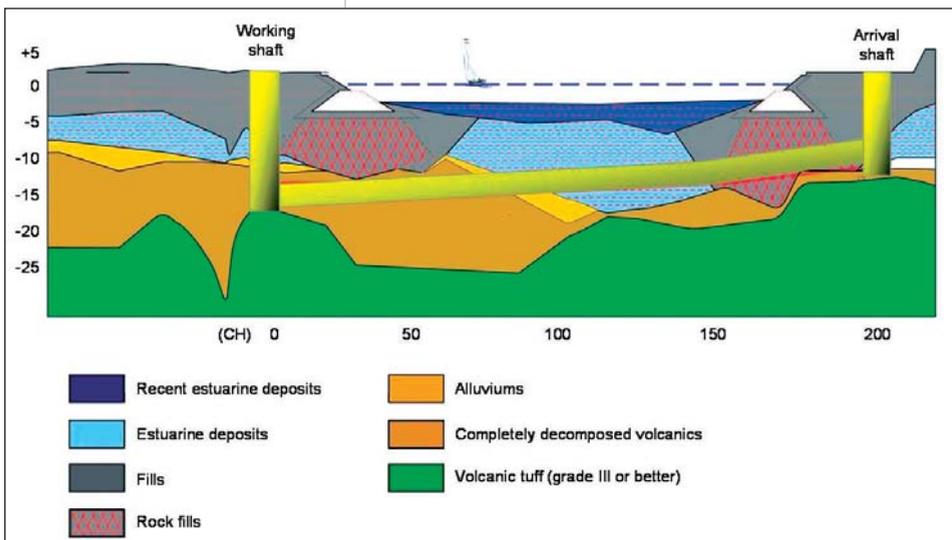


Photo 3

Face du tunnelier et son bras d'abattage
TBM face and extraction arm



de façon à éviter le socle rocheux ce qui a conduit à des pentes variant entre 0,7 % et 6,5 %.

CSM Bessac a tenu compte de ces conditions de terrain très variées lors de la conception du tunnelier. Celui-ci a été équipé en particulier d'un bras d'abattage renforcé (photo 3) capable de réduire des obstacles rocheux isolés. Des volets obturateurs modulables ont été prévus pour blinder la partie supérieure du front pendant les arrêts ou lors d'interventions du personnel dans la chambre d'abattage. Une foreuse hydraulique montée sur glissière a été installée pour le cas où du rocher serait rencontré sur une section importante du front de taille, suffisamment compacte pour être rangée à l'intérieur de la chambre et pour être fixée rapidement sur le bras du tunnelier.

On retrouve aussi sur cette machine l'ensemble des caractéristiques des autres tunneliers à attaque ponctuelle et à front fermé qui sont une spécialité de CSM Bessac :

- confinement par air comprimé limité à la chambre d'abattage uniquement ;
- vision directe et permanente du front par l'opérateur à travers le hublot du poste de pilotage ;
- accès aisé à la chambre d'abattage au travers des sas embarqués ;
- compacité du matériel conçu pour une installation et un démarrage rapides à partir de puits de dimensions réduites.

Le train suiveur et le train de marinage ont été conçus par CSM Bessac avec le même souci de compacité et d'efficacité, pour faciliter leur installation au démarrage des trois tronçons du projet (figure 2).

Un puits de travail circulaire de 12 m de diamètre, sans galerie de recul, a été suffisant pour réaliser le tunnel de Tuen Mun. À Tsz Wan Shan, le tunnel a été réalisé en deux tronçons à partir d'un puits rectangulaire

RÉSEAUX - GALERIES MULTIRÉSEAUX

De Tuen Mun à Tsz Wan Shan, les tribulations d'un tunnelier français au service de China Light & Power Hong Kong



Photo 6
Front entièrement rocheux à Tsz Wan Shan
Completely rocky tunnel face at Tsz Wan Shan



Photo 7
La traditionnelle photo de sortie du tunnelier, à Tsz Wan Shan
The traditional TBM exit photo, at Tsz Wan Shan



Photo 8
Câbles en cours d'installation dans le tunnel de Tuen Mun
Cables being installed in the Tuen Mun tunnel



- adapter la méthode d'abattage en fonction du type de terrain rencontré, particulièrement dans le cas de fronts hétérogènes constitués de blocs granitiques dans une matrice lâche, avec une utilisation modérée de la puissance du bras d'abattage, avec forages et utilisation de coins éclateurs hydrauliques. Cela a permis de réduire les vibrations générées par le tunnelier qui s'étaient avérées être une source majeure de tassements. Dans ce type de terrain (photo 6), une machine à attaque ponctuelle à front fermé présente un avantage certain sur les tunneliers pleine face ;
- garantir une injection de blocage efficace à l'arrière du tunnelier.

LES PRINCIPALES QUANTITÉS

Tunnel
Ø_{int} 3200 mm, 800 m, avec revêtement par voussoirs de 240 mm

Injections de terrain
3600 m de forage et 850 m³ de coulis et de gel

Puits de travail pour le tunnelier
5 u

Parois moulées
2100 m² en épaisseur 800 mm

Palplanches et pieux jointifs
2500 m²

Les principales caractéristiques du tunnelier 3680 T027 AC

- Constructeur : CSM Bessac
- Année de construction : 2003
- Abattage : attaque ponctuelle
- Confinement : air comprimé, P_{max} = 2,5 bar
- Diamètre extérieur : 3790 mm
- Longueur : 9,22 m
- Poids : 85 t
- Nombre de vérins de poussée : 8 u
- Poussée totale : 1200 t
- Convoyeur : à vis, diamètre 500 mm, capacité 1,5 m³/min
- Érecteur d'anneau : à vis de préhension hydraulique
- Longueur du train suiveur : 13,50 m
- Puissance totale installée : 350 kW

Au sortir des remblais, le tunnelier a ensuite rencontré de nombreux blocs de rocher non altéré, enchâssés dans les arènes granitiques.

Ces obstacles imprévus contredisaient complètement le profil géologique attendu : en effet, malgré un nombre important de sondages de reconnaissance, soit un tous les quinze mètres en moyenne le long du tracé du tunnel, aucun n'avait mis en évidence de telles inclusions rocheuses.

La situation du chantier au milieu d'une zone résidentielle ne permettant pas l'utilisation d'explosifs, la destruction mécanique de plusieurs centaines de mètres cubes de rocher a retardé significativement l'avancement du tunnelier.

Dans ce contexte difficile, le tunnelier à attaque ponctuelle équipé d'une glissière de forage et de coins éclateurs hydrauliques a confirmé sa polyvalence, son efficacité et sa sécurité (photo 7).

À l'intérieur des ouvrages finis, le transport d'électricité par câbles se fait dans d'excellentes conditions (photo 8). ■

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maitre d'ouvrage

China Light & Power Hong Kong Ltd

Maitre d'œuvre

Atkins China Ltd.

Entreprise principale

Dragages (HK) JV

Sous-traitant tunnels

Bachy Soletanche Group Ltd – CSM Bessac JV

ABSTRACT

From Tuen Mun to Tsz Wan Shan, the tribulations of a French tunneller to serve China Light & Power Hong Kong

A. Chapuis, D. Yiu

French company CSM Bessac builds tunnel boring machines and constructs underground structures. In April 2005, the consortium formed by Bachy Soletanche Group Limited and CSM Bessac JV completed the driving of two difficult tunnels in Hong Kong. These are service galleries for electricity transport. Nearly 18 months were needed to execute a total of 800 metres of tunnel of excavation diameter nearly 4 metres, through very heterogeneous ground, in a dense urban environment, under a sea channel in one case. The article describes the reasons justifying the use, for this project, of a versatile pressurisable closed type partial-face tunnel boring machine, and the main difficulties faced and overcome.

RESUMEN ESPAÑOL

Desde Tuen Mun hasta Tsz Wan Shan, las tribulaciones de una tuneladora francesa al servicio de China Light & Power Hong Kong

A. Chapuis y D. Yiu

La empresa francesa CSM Bessac construye tuneladoras y ejecuta diversas obras subterráneas. La agrupación Bachy Soletanche Group Limited – CSM Bessac JV ha finalizado en abril de 2005 la excavación de dos túneles que precisan suma atención en Hong Kong. Se trata de galerías técnicas para el transporte de electricidad. Casi 18 meses fueron necesarios para realizar un total de 800 metros de túnel con un diámetro de excavación de cerca de 4 metros, a través de terrenos sumamente heterogéneos, en un entorno urbano denso, bajo un canal marino para uno de ellos. En este artículo se presenta los motivos que justificaron el empleo, para este proyecto, de una tuneladora polivalente de ataque puntual de frente cerrado presurizable, así como las principales dificultades con que se ha tropezado y resueltas.

Sogea hydraulique : comprendre les évolutions du

Aménagées de longue date, les grandes infrastructures hydrauliques entrent dans l'ère du renouvellement et de la réhabilitation à un rythme complexe dicté par des impératifs économiques, le renforcement des normes, des considérations environnementales et les choix ou non-choix des décideurs. Observant les grandes évolutions de la demande, le groupe de réflexion mis en place par Sogea (groupe VINCI) lui permet de définir une stratégie à l'échelle de son réseau local afin d'adapter au mieux son offre aux attentes des maîtres d'ouvrage.



Photo 1

Misant sur le développement des travaux de réhabilitation, Sogea a équipé Barriquand de vrais outils industriels : une usine d'imprégnation de gaines de grande capacité basée à Compiègne et un atelier mobile de mise en œuvre

Counting on growth in renovation works, Sogea has equipped Barriquand with real industrial facilities : a large-capacity duct impregnation plant based in Compiègne and mobile laying equipment

Si les réseaux de fibre optique (cf. article « VINCI Networks ») sont une résurgence heureuse du métier de l'hydraulique, celui-ci s'exerce dans un contexte tout différent. Ses infrastructures – réseaux d'assainissement et surtout d'eau potable – existent en effet, et pour les plus anciennes depuis plus de 50 ans. La problématique de l'activité est donc celle du maintien et du renouvellement, ce qui se reflète dans la progression mesurée du chiffre d'affaires du métier qui, en 2005, s'est limitée à 9,5 %, soit une moyenne de 4 à 6 M€ pour les centres de profit et 355 M€ à l'échelle de l'entreprise.

Tous réseaux confondus, les infrastructures hydrauliques représentent 1 100 000 km de canalisations, soit la même longueur que le réseau routier français. Invisible, ce patrimoine considérable a fait l'objet de beaucoup moins de soins. Aujourd'hui, cette situation évolue sous l'impulsion de facteurs économiques et réglementaires et d'une façon de voir marquée par les principes du développement durable. À la suite de nombreux inventaires réalisés dans les départements, d'importants problèmes de fiabilité avaient par exemple été mesurés sur les réseaux d'eau potable, avec des pertes d'exploitation pouvant atteindre 30 à 35 %. L'augmentation du prix de l'eau et la volonté de préserver la ressource ont favorisé une prise de conscience et accéléré les décisions dans les collectivités, et l'on assiste aujourd'hui, notamment en milieu urbain, au développement des travaux de réhabilitation de réseaux d'eau potable.

La hiérarchisation des priorités semble expliquer de la même manière la stagnation ou la diminution de l'activité assainissement au cours des deux ou trois dernières années, période où les communes se sont massivement engagées dans l'intercommunalité. Les nouvelles structures se mettant peu à peu en place, 2006 devrait connaître un regain dans ce domaine, que favorise le durcissement des normes de traitement.

Localement, le savoir-faire du réseau trouve par ailleurs à s'investir dans des opérations un peu nouvelles comme le remplacement des branchements en plomb, qui est une obligation pour les collectivités. Il pourrait aussi bénéficier du renouvellement très fort de ses réseaux entrepris par Gaz de France.

■ Tête chercheuse

Dans un métier qui est avant tout de proximité, l'observation des tendances du marché s'opère chez Sogea au sein d'un groupe de recherche et de réflexion (Grep) qui se réunit quatre fois par an et qui est la tête chercheuse et la tête de diffusion des initiatives dans le réseau. Voué au partage des connaissances et au développement des synergies, ce groupe participe à la défi-

marché pour anticiper les besoins



Gérard Maurice
Directeur
Sogea Sud - Animateur
GREP Hydraulique
Sogea Construction



Isabelle Perriot-Lopez
Directrice
Sobea Environnement

nitition des orientations stratégiques de l'entreprise. Le développement amorcé des marchés de réhabilitation et la spécialisation poussée des techniques à mettre en œuvre ont par exemple abouti en 2002 au rachat de l'entreprise picarde Barriquand, connue pour son esprit d'innovation, et à l'aménagement sur son site d'une usine de grande capacité dédiée au procédé de réhabilitation sans tranchée Foreverpipe® (photo 1). Mis à la disposition des entités régionales, ce procédé enrichit l'offre du réseau tout entier et a dernièrement permis à Barriquand de traiter un marché triennal pour la réhabilitation du réseau d'assainissement de Montpellier. Enfin, c'est aussi par l'intermédiaire du Grep que se font connaître et se diffusent d'autres initiatives à

caractère innovant qui élargissent la palette des solutions proposées aux maîtres d'ouvrage, telles les tranchées drainantes développées en Rhône-Alpes avec l'université de Lyon.

■ Île-de-France : l'attente de choix politiques

Soumis aux mêmes tendances, le marché de l'eau et de l'environnement en Île-de-France est aussi globalement porteur, même s'il paraît parfois demeurer

Deux chantiers ordinaires en Île-de-France

Entre avril et fin juin 2006, l'agence Sobea Environnement d'Herblay a réalisé pour le compte du Siaap (Syndicat interdépartemental d'assainissement de l'agglomération parisienne) l'adduction d'eau potable de l'unité nitrification-dénitrification de la Step d'Achères, en cours de construction. « Le débit du réseau qui alimente la Step étant insuffisant compte tenu des besoins du système anti-incendie de la nouvelle unité, une canalisation a dû être établie jusqu'au réseau venu de Conflans-Sainte-Honorine », explique Michel Granval, chef de l'agence d'Herblay. Ce chantier de 2,8 M€ a consisté à établir entre la nationale 184 et l'usine, une canalisation en fonte de 6 km en diamètre 400, qui alimente également quelques maisons individuelles – « un chantier représentatif de ce que sont actuellement les opérations d'eau potable, et sans difficultés techniques car dans la plaine d'Achères, où il n'y a rien, rien n'a gêné la progression des équipes ».

À Neuilly-sur-Marne, les travaux exécutés par l'agence d'Émerainville pour le Sedif (Syndicat des eaux d'Île-de-France) entre avril et octobre se sont révélés plus techniques car ils se déroulaient dans l'environnement sensible d'un nœud ferroviaire. Il s'agissait, pour un montant de 1,128 M€ et en vue de l'aménagement de la plate-forme transfo du futur TGV Est, de dévier une canalisation d'eau potable du Sedif de 1500 mm de diamètre en tôle béton, en limitant la coupure de l'alimentation au temps nécessaire au raccordement. « Pour aménager la nouvelle conduite, une tranchée a dû être ouverte sur 250 m, et nous avons sous-traité à Bonna Sabla le fonçage sur 27 m d'un fourreau de 2000 mm franchissant une voie ferrée, explique Roland Bascle, responsable de l'agence Fontainerie

à Émerainville. Une fois le raccordement opéré, il ne restait plus qu'à combler la branche abandonnée. » (photos 2 et 3).

Photo 3

Sur un terrain de la SNCF à Neuilly-sur-Marne, l'agence d'Émerainville de Sobea Environnement a dévié une canalisation d'eau potable du Sedif (diamètre 1500 mm) en prévision de l'aménagement de la plate-forme transfo du futur TGV Est

On SNCF (French Rail) land in Neuilly-sur-Marne, the Émerainville agency of Sobea Environnement diverted a potable water pipeline of the Sedif (diameter 1500 mm) to prepare for development of the transformer platform for the future TGV East high-speed train



Photo 2

Une canalisation d'eau potable en fonte (diamètre 400) a été installée sur 6 km depuis la Nationale 184 pour assurer l'approvisionnement de l'unité nitrification-dénitrification de la Step d'Achères

A cast iron potable water pipeline (diameter 400 mm) was set up over 6 km from national highway 184 to supply the STEP d'Achères nitrification-denitrification unit



RÉSEAUX - GALERIES MULTIRÉSEAUX

Sogea hydraulique : comprendre les évolutions du marché pour anticiper les besoins

► rer en suspens du fait de l'indécision des autorités en matière de prix de l'eau, de financement des projets d'assainissement et de traitement des eaux pluviales. Dans les trois agences de Sogea Environnement où s'exerce l'activité hydraulique de l'entreprise en Ile-de-France – Émerainville (Seine-et-Marne), Herblay (Val-d'Oise) et Massy (Essonne) –, l'exercice 2006 paraît ainsi devoir se résumer à des opérations isolées et à des baux d'entretien (voir encadré page précédente), tandis que les projets importants sont à l'étude, telle la refonte de l'usine de traitement d'Achères, dont les appels d'offres ne seront pas publiés avant fin 2007. ■

ABSTRACT

***Sogea Hydraulique :
understanding market
changes to anticipate needs***

G. Maurice, I. Perriot-Lopez

Major hydraulic infrastructures, developed long ago, are reaching the age of renewal and rehabilitation at a complex pace dictated by economic requirements, more stringent standards, environmental considerations and the choices made or not made by decision makers. Observing the major changes in demand, the think tank set up by Sogea (VINCI Group) enables it to define a strategy on the scale of its local network to adapt its offering as well as possible to clients' expectations.

RESUMEN ESPAÑOL

***Sogea hidráulico :
comprender las evoluciones
del mercado para anticipar
las necesidades***

G. Maurice e I. Perriot-Lopez

Edificadas desde hace largo tiempo, las grandes infraestructuras hidráulicas entran en la era de la renovación y de la rehabilitación según un ritmo complejo dictado por diversos imperativos económicos, el refuerzo de las normas, de las consideraciones medioambientales y las opciones o no opciones de los responsables de las decisiones. Observando las grandes evoluciones de la demanda, el grupo de reflexión implantado por Sogea (grupo VINCI) le permite definir una estrategia a escala de su red local con el objetivo de adaptar mejor su oferta a las expectativas de las empresas contratantes.

RÉSEAUX - GALERIES MULTIRÉSEAUX

Le forage dirigé franchit en se jouant les carrefours de Malakoff aussi bien que le canal de la Sambre

Les travaux sans tranchée permettent de traverser en souterrain des voies de circulation, de franchir des cours d'eau, tout en évoluant à travers ou au-dessous de réseaux souterrains denses.

La société MCCF, du groupe Solétanche Bachy, a de nombreuses cordes à son arc. Elle est en particulier experte dans la technique du forage dirigé qui, dans la gamme de diamètres de 200 à 600 mm, apporte une réponse particulièrement efficace et élégante à ces problèmes de franchissement.

L'article explique d'abord le principe et la technologie du forage dirigé et présente ensuite deux applications récentes sur des chantiers de lignes électriques enterrées pour RTE (Réseaux Transport Électricité), l'un à Malakoff près de Paris, l'autre à Maubeuge dans le département du Nord.

■ Un fournisseur attentif doit trouver des solutions aux problèmes de son client

MCCF, qui fait partie du groupe Solétanche Bachy, est une entreprise polyvalente de technologies du sol. Elle réalise notamment les fondations profondes de pylônes électriques pour RTE (Réseaux Transport Électricité, filiale d'Électricité de France).

La politique d'EDF s'est orientée résolument vers l'enterrement de ses lignes électriques.

Forte de sa longue expérience dans le forage vertical, MCCF est devenue experte dans le forage dirigé (photo 1) afin de répondre aux nouvelles exigences de son client.

Les travaux sans tranchée, catégorie à laquelle ressortit le forage dirigé, permettent de s'affranchir de bien des vicissitudes lorsqu'il s'agit, sur le tracé d'un faisceau de conduite ou de câbles enterrés, de traverser des voies de circulation, de franchir des cours d'eau ou d'évoluer à travers ou au-dessous de réseaux souterrains denses.

La technique du forage dirigé, dans la gamme de diamètres de 200 à 600 mm, apporte une réponse particulièrement efficace et élégante à ces problèmes de franchissement.

■ Le forage dirigé, solution élégante aux problèmes de franchissement

Les réseaux enterrés obligent les concessionnaires... à les enterrer. La solution triviale est d'ouvrir des tranchées, ce qui est simple, efficace et économique en campagne et dans de bonnes conditions géotech-



niques, mais présente tous les inconvénients faciles à imaginer quand on se trouve en milieu urbain, lorsqu'il s'agit de barrer la circulation et de trancher à travers les réseaux souterrains existants. Également, la tranchée n'est certainement pas la meilleure solution pour traverser un cours d'eau.

Les concessionnaires ont donc de plus en plus souvent recours au forage dirigé qui permet de mettre en place les réseaux sans tranchée.

En milieu urbain, la présence des réseaux déjà existants à une profondeur allant de 0,80 m à 4 m peut considérablement compliquer l'exécution de tranchées : risque de rupture accidentelle, dévoiements compliqués et onéreux.

Le forage dirigé peut être positionné entre 2 m et 12 m de profondeur évitant ainsi toute inférence avec les réseaux de surface existants. Il arrive cependant, mais c'est exceptionnel, de croiser à ces profondeurs des collecteurs, des puits d'accès, des tunnels, des fondations profondes ou des tirants qui peuvent compliquer la réalisation du forage.



Frédéric Lamotte
Ingénieur d'exploitation
MCCF

Pascal Bernier
Ingénieur technique
RTE Paris Normandie



Cécile Borrás
Chef de projet
RTE Nord

Photo 1
Foreuse pour forage dirigé
Drilling machine
for directional drilling

RÉSEAUX - GALERIES MULTIRÉSEAUX

Le forage dirigé franchit en se jouant les carrefours de Malakoff aussi bien que le canal de la Sambre



Photo 2
Puits de départ montrant deux tirs pilotes parallèles
Starting shaft showing two parallel pilot bores

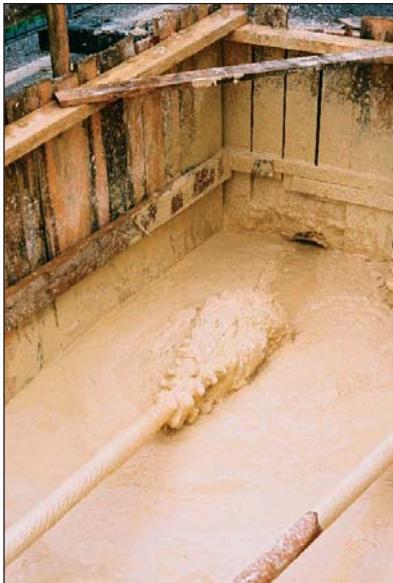


Photo 3
Outil aléreur pour alésage du forage de 180 mm à 440 mm, émergeant de la boue bentonitique dans le puits de départ après avoir été tiré depuis le puits d'arrivée du forage pilote
Reamer tool for reaming the borehole from 180 mm to 440 mm, emerging from the bentonite drilling mud in the starting shaft after being pulled from the pilot bore arrival shaft



Très avantageux puisqu'il évite la gêne des travaux à l'air libre et les rencontres fâcheuses avec la plupart des réseaux et obstacles souterrains existants, le forage dirigé reste toutefois plus coûteux qu'une tranchée simple. Son indication reste donc réservée essentiellement aux traversées de carrefours et de chaussées ou au franchissement de voies d'eau, là où d'autres solutions seraient plus chères et plus risquées.

Sur le projet Les Suisses-Vanves, à la périphérie de Paris, la ligne 2 x 63000 V doit traverser les villes de Malakoff et Châtillon. Sur le tracé on trouve deux ronds-points très fréquentés à Malakoff et surtout la route départementale RD 906 au trafic très lourd puisqu'elle constitue l'entrée dans Paris par la Porte de Châtillon.

Sur le projet Corus-Myriad à Maubeuge, il s'agit également d'une ligne 2 x 63000 V, et cette ligne doit passer sous le canal de la Sambre.

La technique du forage dirigé a été retenue dans les deux cas.

■ Le forage dirigé : principe et technologie

La mise en place, par la technique du forage dirigé, de fourreaux rassemblés en faisceau, s'effectue en quatre étapes.

Les puits d'entrée et de sortie

Cette première étape consiste à réaliser à la pelle mécanique un puits de départ et un puits d'arrivée. Ces puits sont blindés dans la plupart des cas, surtout en milieu urbain. Ils permettent de réaliser les conditions géométriques d'une attaque et d'une sortie franches. Ils sont aussi destinés à recueillir la boue de forage et les déblais avant de les évacuer.

Le tir pilote

Cette deuxième étape est celle d'un forage pilote de diamètre 180 mm (photo 2), plus petit que le diamètre final. Le guidage de l'outil de forage est effectué au moyen d'une sonde électromagnétique émettrice située derrière l'outil de forage. Un récepteur en surface à l'aplomb de l'outil permet d'informer le foreur sur la position de l'outil en trois dimensions : position au sol, pente de la dernière tige, assiette et profondeur de l'outil. La trajectoire ainsi connue peut être corrigée si elle s'écarte du profil théorique.

La correction de la trajectoire est rendue possible grâce à la forme dissymétrique de l'outil de forage. Par exemple, si l'outil doit se diriger vers la droite, le foreur tourne ses tiges de forage pour avoir l'outil à la position horaire de 3 heures; ensuite il exerce une poussée sans rotation sur l'outil afin que ce dernier se dirige vers la droite, puis continue en rotation et ainsi de suite.

Le forage est réalisé sous boue bentonitique, dont le rôle, comme en forage vertical, est de soutenir les parois du forage et de véhiculer les débris de terrain détachés par l'outil.

Les alésages successifs

C'est la troisième étape. Le diamètre du forage est progressivement élargi par passes successives d'outils alésateurs de diamètre croissant. Le diamètre final est de 1,5 fois le diamètre du faisceau de fourreaux.

À l'inverse du tir pilote qui est réalisé par poussée et rotation d'un outil de forage depuis le puits de départ jusqu'au puits d'arrivée, l'alésage est réalisé par tirage et rotation d'un outil alésateur depuis le puits d'arrivée jusqu'au puits de départ. Tout comme le tir pilote, les

LES PRINCIPALES QUANTITÉS

Chantier de Malakoff

6 forages dirigés de 120 à 140 m

Chantier de Maubeuge

2 forages dirigés de 175 m chacun

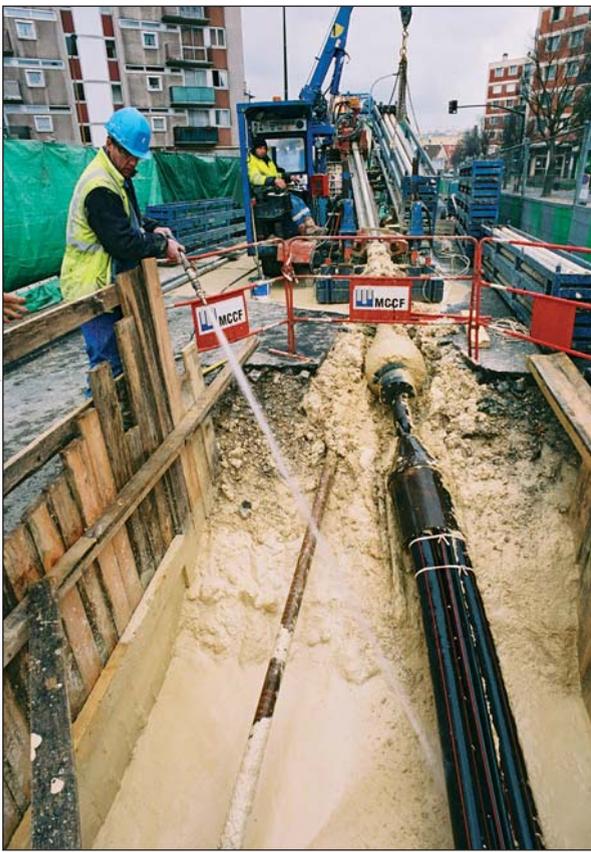


Photo 4

Faisceau de fourreaux tiré par la foreuse derrière les outils aléseurs et compacteurs Ø 540 mm, arrivant à destination dans le puits de départ

Bundle of cable ducts pulled by the drilling machine behind the reamer and compaction tools of dia. 540 mm, arriving at their destination in the starting shaft

alésages successifs sont réalisés sous boue. Les débris de forage sont récupérés dans les puits (photo 3).

Selon la nature du terrain, la boue bentonitique est soit recyclée et réinjectée dans le forage, soit évacuée directement. L'évacuation de la boue est une opération propre, effectuée au moyen d'un camion hydrocureur vers lequel elle est pompée.

Le tirage des fourreaux

C'est la quatrième et dernière étape du forage dirigé, qui consiste à tirer les fourreaux dans le forage.

La foreuse utilisée sur les deux chantiers décrits ci-après est une DD6 American Auger dont la force de traction est de 27 t.

Les fourreaux sont assemblés avant d'être introduits. Ils sont connectés à une tête de tirage, elle-même connectée à l'aléreur et au compacteur (photo 4). Ces outils permettent d'obtenir un forage suffisamment propre, lisse et stable pour accueillir les fourreaux.

Les fourreaux composant le faisceau installé dans le forage dirigé sont raccordés, à l'intérieur d'une chambre en béton, aux fourreaux mis en place dans les tranchées (photo 5).



Photo 5

Fourreaux PEHD et PVC prêts à être raccordés dans une chambre de raccordement

HD polyethylene and PVC cable ducts ready to be connected in a junction chamber

■ Maubeuge : passage sous le canal de la Sambre

La création de la ligne « Corus-Myriad » composée de deux lignes souterraines parallèles de 63000 V à 10 m de profondeur comportait le passage sous le canal de la Sambre, sur 175 m de long (figure 1).

Chaque ligne était composée de trois tuyaux en PEHD (polyéthylène haute densité) Ø 160 mm et de trois tuyaux en PEHD Ø 75 mm assemblés en faisceau et introduite dans le forage dirigé Ø 520 mm.

Le forage a été réalisé sous boue bentonitique en circulation directe et recyclée et traitée dans une centrale Sotress.

Les fourreaux étaient approvisionnés sur le chantier en tourets. Ils ont été totalement déroulés et liaisonnés entre eux, puis tirés dans le forage par la foreuse située à l'autre extrémité (photo 6).

Les deux forages ont dû passer sous le canal et ses protections de berges en palplanches, puis éviter une



Photo 6

Maubeuge : faisceau de fourreaux mis en place dans le premier forage et vue de l'outil prêt pour le dernier alésage en Ø 530 mm du deuxième forage

Maubeuge : bundle of cable ducts installed in the first borehole and view of the tool ready for the last 530 mm dia. reaming of the second borehole

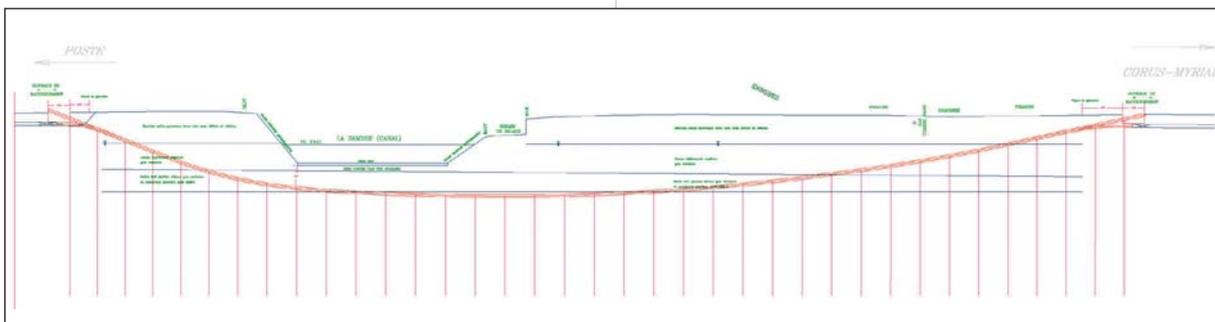


Figure 1

Maubeuge : profil des forages dirigés sous le canal de la Sambre
Maubeuge : profile of directional drilling under the Sambre canal

RÉSEAUX - GALERIES MULTIRÉSEAUX

Le forage dirigé franchit en se jouant les carrefours de Malakoff aussi bien que le canal de la Sambre

Photo 7

Malakoff : emprise réduite permettant le maintien du trafic routier

Malakoff : small land area used, allowing road traffic to be maintained



Photo 8

Malakoff : montage spécial de porte-tourets, pour emprise réduite

Malakoff : special cable drum holder assembly, to reduce the land area used



conduite de gaz et une ligne haute tension enterrée pour ressortir 175 m plus loin dans une cour d'usine. Ce chantier a été réalisé en un mois et demi, de juin à juillet 2005.

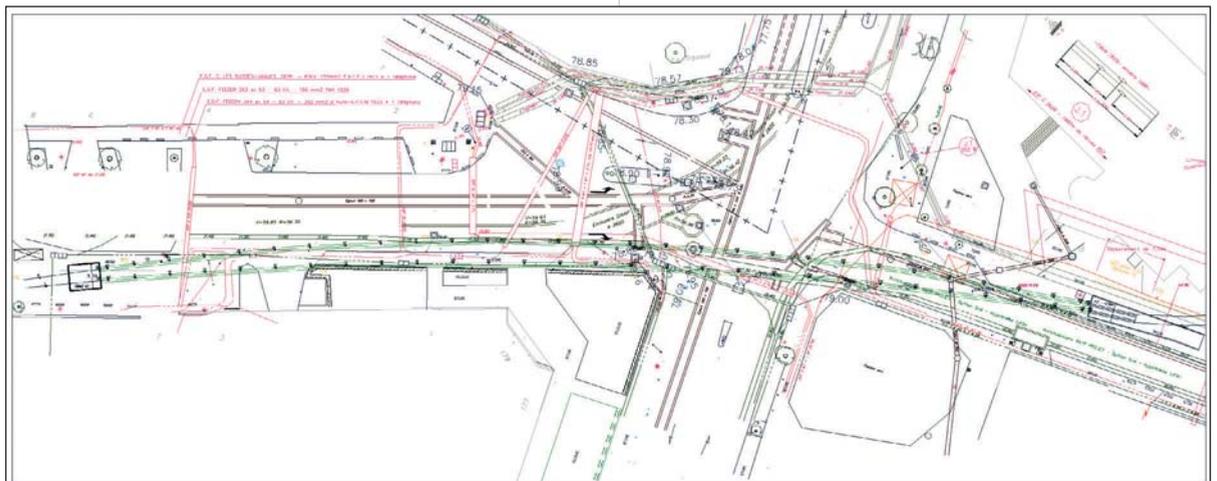
■ Malakoff, traversées de trois carrefours

Le projet consistait à effectuer le changement de la ligne souterraine existante 2 x 63000 V allant des postes Les Suisses 1 et 2 au poste de Vanves.

Figure 2

Châtillon : vue en plan du forage dirigé et des réseaux existants sur le carrefour de la RD 906

Châtillon : plan view of directional drilling and the existing networks on the intersection of county road RD 906



Ce chantier a été réalisé en trois mois et demi de décembre 2005 à mars 2006.

MCCF a réalisé les forages dirigés et la mise en place de fourreaux au niveau des carrefours. Satelec et SDEL ont procédé au tirage des câbles dans les fourreaux et ont réalisé les travaux en tranchée sur le reste du tracé.

Il s'agissait de réaliser à chacun des trois carrefours deux forages dirigés parallèles et distants chacun de 2 m à 4 m :

- 2 forages de longueur 140 m, Ø 540 mm sous la RD 906 à Châtillon;
- 2 forages de longueur 120 m, Ø 540 mm, sous le rond-point Henri Barbusse à Malakoff;
- 2 forages parallèles de longueur 130 m, Ø 540 mm, sous le rond-point Youri Gagarine à Malakoff.

Soit près de 700 m de forage dirigé au total.

Chaque forage a été équipé de trois tuyaux en PEHD Ø 160 mm recevant les trois câbles haute tension de la ligne 63000 V et de deux tuyaux en PEHD Ø 50 mm en attente, positionnés en faisceau.

Les particularités du chantier : peu de place en surface et beaucoup de réseaux sous terre

Comment faire face au manque de place ?

Les équipes de MCCF ont dû réaliser les travaux dans des emprises réduites tout en assurant, bien sûr, le maintien de la circulation (photo 7).

Normalement, la préparation des fourreaux est réalisée sur place avant leur tirage. Une première solution est de livrer les fourreaux par éléments de 12 m, de les souder par polyfusion et de les assembler en faisceau. Une autre solution consiste à livrer les fourreaux en tourets, de les dérouler sur toute leur longueur et de les assembler en faisceau.

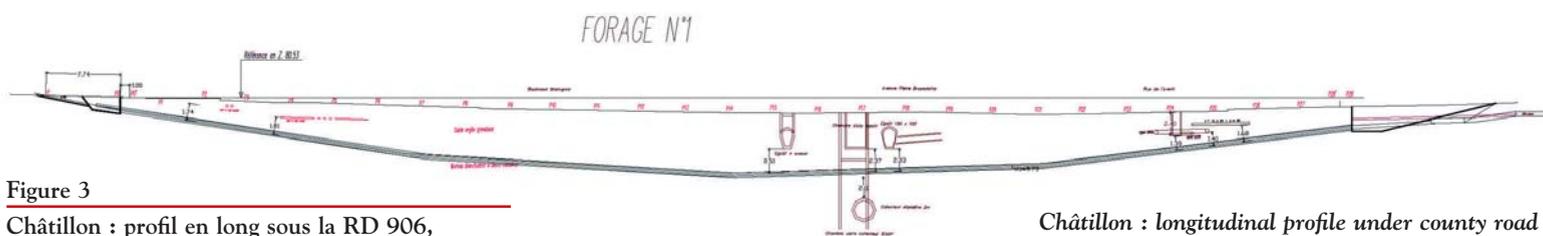


Figure 3
Châtillon : profil en long sous la RD 906, avec représentation des réseaux existants

Châtillon : longitudinal profile under county road RD 906, with representation of existing networks

La place manquait sur ces chantiers de Malakoff pour préparer en surface les 120 à 140 m de longueur de fourreau nécessaire. MCCF a contourné cette difficulté en confectionnant cinq porte-tourets permettant de dévider les fourreaux et de les assembler au fur et à mesure du tirage (photo 8).

Comment éviter les réseaux?

Il faut d'abord savoir où ils sont et il faut ensuite diriger le forage pour les éviter.

Comme le montrent les plans de forage (figures 2 et 3), le carrefour de Châtillon présente une impressionnante concentration de réseaux en tout genre et à toute profondeur.

C'est un long travail d'investigation qui a permis de récupérer l'ensemble des informations. Tous les concessionnaires ont été consultés et invités à repérer leurs réseaux sur le terrain.

Une étude minutieuse a permis de définir la meilleure trajectoire, c'est-à-dire celle qui présente les moindres risques tant pour le forage que pour les réseaux existants. La tolérance par rapport à la trajectoire théorique était, dans le cas d'espèce, inférieure à 1 m.

Le guidage de l'outil par la méthode électromagnétique, qui est la plus performante disponible, reste très sensible aux courants électriques parasites générés par la présence de câbles, de conduites en acier ou de béton armé enterrés.

Ces éléments perturbateurs transmettent des informations qui doivent être consciencieusement contrôlées par recoupements afin de les éliminer pour ne retenir que celles indiquant la position réelle de l'outil.

Les foreurs de MCCF ont réalisé une belle performance en conduisant les six tirs pilotes de 120 m à 140 m de longueur à seulement 30 cm de la cible. ■

ABSTRACT

Directional drilling allows easy crossing of the Malakoff intersections and the Sambre canal

Fr. Lamotte, P. Bernier, C. Borrás

Trenchless work can be used to go underground across roads and to cross watercourses, while moving through or below dense underground networks.

The company MCCF, of the Solétanche Bachy group, has many strings to its bow. In particular, it is expert in the directional drilling technique, which, in the 200 to 600 mm diameter range, provides an extremely efficient and elegant response to such crossing problems.

The article first explains the principle and technology of directional drilling and then describes two recent applications on underground electric power line projects for RTE (Réseaux Transport Électricité), one in Malakoff near Paris and the other in Maubeuge in northern France.

RESUMEN ESPAÑOL

La perforación dirigida franquea jugándose tanto de las intersecciones de Malakoff como del canal del río Sambre

Fr. Lamotte, P. Bernier y C. Borrás

Los trabajos sin zanjas permiten atravesar en subterráneo las vías de tráfico, salvar los cursos de agua, al mismo tiempo que evolucionan a través o por debajo de redes subterráneas densas.

La empresa MCCF, filial del grupo Solétanche Bachy, posee muchos recursos y, en particular, es experta en la técnica de la perforación dirigida que, en la gama de diámetros de 200 a 600 mm, puede brindar una respuesta particularmente eficaz y elegante para dichos problemas de franqueamiento.

En este artículo se explica en primer lugar el principio y la tecnología de la perforación dirigida y se presenta a continuación dos aplicaciones recientes en las obras de líneas eléctricas enterradas para RTE (Réseaux Transport Électricité), uno ubicado en Malakoff en las cercanías de París y, otro en Maubeuge en el departamento del Norte.

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage

RTE

Chantier de Malakoff

- Coordonnateur SPS : Alphabet
- Forages dirigés et pose des faisceaux de fourreaux : MCCF
- Fourniture des fourreaux PEHD : Interplast
- Tirage des câbles dans les fourreaux : Satelec et SDEL

Chantier de Maubeuge

- Coordonnateur SPS : Apave
- Forages dirigés et pose des faisceaux de fourreaux : MCCF
- Fourniture des fourreaux PEHD : Interplast
- Tirage des câbles dans les fourreaux : Satelec

Émissaire en mer Golfe Juan (06)

Dans le cadre du projet de reconstruction de la station d'épuration de Vallauris - Golfe Juan jugée actuellement obsolète par rapport aux normes actuelles, un émissaire de 1800 m de long, chargé de rejeter en mer les eaux de cette station après traitement a été posé au large de Golfe Juan avec un point de rejet à 40 m de profondeur. Afin de le protéger des risques d'affouillement et d'érosion par transports solides et d'accrochage (ancre de bateau, embâcle...) liés aux écoulements, à la houle et à la navigation, la solution matelas lesté appelée « Sarmac » a été retenue pour protéger l'émissaire.



Photo 1
Vue aérienne de la connexion des tronçons
Aerial view of section connection



Photo 2
Préparation de la dérivation
Preparing the diversion

Photo 3
Dérivation installée
Installed diversion



■ Contexte

La station d'épuration des eaux usées de Vallauris a été jugée obsolète par rapport aux normes actuellement en vigueur, comme celles exigées par la réglementation européenne ou la loi sur l'Eau en matière de niveau de rejet et de fiabilité de traitement. Par ailleurs, sa capacité nominale, en adéquation avec la charge reçue aujourd'hui par temps de pluie, ne permettra pas de faire face à l'augmentation de population prévue à l'horizon 2015. L'émissaire de rejet est également vétuste, avec des fissurations qui ont pour effet de rejeter les eaux traitées à 235 m du port au lieu d'une distance supérieure à 2000 m des côtes prévues initialement (photo 1).

■ Objectifs

Dans le cadre du renouvellement du système d'assainissement, l'entreprise Campenon Bernard Méditerranée a remporté le marché de construction de l'émissaire de rejet à implanter en sortie de la nouvelle station d'épuration de Vallauris. Le marché prévoit l'installation d'un nouvel émissaire Ø 560 mm de 1800 m de long avec un point de rejet à la profondeur 40 m. Un diffuseur constitué de quatre orifices de diamètre 200 mm doit permettre une meilleure dispersion des rejets, avec une limitation des dépôts sédimentaires à l'extrémité de la conduite.

La première étape de ce chantier, s'est finalisée fin juillet 2006. Elle concernait la pose de la canalisation sous marine. Cette étape s'est elle-même déroulée en cinq phases :

- la mise en place d'un by-pass sur l'émissaire existant;
- la préfabrication des tronçons qui constituent la conduite;
- le remorquage des tronçons;
- la coulée de la conduite;
- la stabilisation de la conduite sur le fond.

■ Le chantier

Phase 1 : mise en place du by-pass

La station d'épuration n'étant pas encore en construction, il était impératif de connecter de façon temporaire le nouvel émissaire à l'ancien. De plus, il était indispensable de s'y connecter avant les premiers points de fuites.

Cette opération consistait donc à découper l'ancienne conduite afin de pouvoir intercaler une manchette équipée d'un système de vannes qui permet de basculer de manière indifférente dans une conduite ou dans

de la STEP de Vallauris –



Mickaël Dupont
Chef de projet
Campenon Bernard
Méditerranée



Bruno Cote
Ingénieur
France Maccaferri

l'autre. Cette opération a été effectuée de nuit sous un délai de 8 heures (photos 2 et 3).

Phase 2 : préfabrication de l'émissaire

Pour des raisons évidentes d'exploitation du port pendant la période estivale, il était impossible de préparer l'émissaire sur place à Golfe Juan. Il a donc été décidé de préfabriquer des tronçons sur le port de Brégaillon à la Seyne-sur-Mer puis de les remorquer à Golfe Juan. La préfabrication consistait à souder des tubes de 13,5 m entre eux afin de constituer une longueur de 350 m environ équipée de collier de lestage sans lesquels il n'aurait pas été possible de couler la conduite sur le fond (photos 4 et 5).

Phase 3 : remorquage des tronçons

Une fois les cinq tronçons réalisés, l'opération de remorquage pouvait débuter. Avec sa phase la plus sensible, sortir de la rade de Toulon. Cette opération effectuée avec le concours des pilotes du port de Toulon a duré 2 heures. La longueur complète du convoi était de 500 m environ (tronçons de 350 m disposés côte à côte, avec un remorqueur en tête et en queue).

Photo 4

Soudure des éléments de 13,5 m
Welding of 13.5-metre elements



Une fois sorti de la rade de Toulon le convoi a fait route vers Golfe Juan à une vitesse de 1,5 nœud pendant 40 heures environ (photos 6 et 7).

Phase 4 : assemblage et coulée de la conduite

L'opération la plus critique, s'est déroulée en deux jours, une journée pour connecter les cinq tronçons et une journée pour positionner l'intégralité de la ligne et la couler. La connexion de deux tronçons a été effectuée selon la technique du « side lifting » (principe utilisé dans la pose de pipelines). Elle consiste à lever les extrémités de deux tronçons hors d'eau sur le côté d'une barge, puis d'effectuer un boulonnage des brides.

Photo 5

Tirage du tronçon
Pulling the section



Photo 6

Stockage des tronçons en flottaison
Storage of floating sections



Photo 7

Départ du convoi en rade de Toulon
Convoy leaving the Toulon roads

RÉSEAUX - GALERIES MULTIRÉSEAUX

Émissaire en mer de la STEP de Vallauris – Golfe Juan (06)

Photo 8

Connexion
des tronçons
Section
connection



Photo 9

Alignement de la conduite
Pipe alignment



Photo 10

Chargement
de matelas Sarmac
Loading the Sarmac
mattress



Grâce à ce procédé, la conduite pouvait rester en l'air et donc continuer à flotter. Une fois reconstituée dans son intégralité, la nouvelle conduite en PEHD a été amarrée sur l'ancienne conduite (photos 8 et 9).

Afin d'immerger cette conduite, il a été procédé à son remplissage. La progression de l'eau était contrôlée par une surpression d'air. En effet, l'ouverture d'une des extrémités a permis à l'émissaire de se remplir petit à petit d'eau de mer. À l'autre extrémité, un flexible d'air

avait été connecté. L'eau en progressant avait pour effet de comprimer l'air présent dans la conduite, l'avancée de l'eau (donc de la vitesse de coulage) a été effectuée en régulant et en contrôlant la pression à l'autre extrémité de la ligne. Il restait ensuite à connecter l'émissaire sur la dérivation précédemment installée. Pour cela, une manchette a été mise en place entre la conduite et le by-pass. C'est une opération qui s'est déroulée exclusivement par des plongeurs.

Phase 5 : stabilisation de la conduite sur le fond

L'ouvrage a été dimensionné pour résister à une houle centennale. Dans cette optique, il a été décidé de mettre en place des matelas de stabilisation. Ce sont des matelas de type Sarmac, distribués par France Maccaferri. Ces matelas ont été disposés entre deux lests béton sur la conduite afin de l'alourdir. Puis ils ont été mis en place jusqu'à l'extrémité de l'émissaire vers le large (dans 40 m d'eau). De cette manière même avec une houle pouvant aller jusqu'à 6 m, il n'y aurait aucun effet sur la conduite. Au total, 150 matelas de 4,3 t chacun ont été installés. Cette phase s'est déroulée en trois semaines.

Les principales caractéristiques du Sarmac résident dans :

- sa grande flexibilité : grâce à l'imprégnation de bitume qui permet un appui continu sur tous les points de la canalisation en évitant les points durs ;
- sa grande durabilité : grâce au renforcement par grillage métallique et au remplissage de cailloux (chaque caillou et chaque fil d'acier galvanisé sont entièrement revêtus d'une couche de bitume pour protéger des réactions chimiques et de la corrosion, le Sarmac conserve ainsi son intégrité et ses propriétés physiques presque indéfiniment) ;
- son intégration dans l'environnement.

Approuvé par des tests

Dans le cadre des travaux pour la protection du lagon de Venise, Maccaferri a entrepris des recherches pour évaluer le degré de lessivage de substances polluantes contenues dans le Sarmac dans un environnement semblable à ses applications. Les substances étudiées étaient les suivantes :

- les métaux (tels que le mercure, le plomb, l'arsenic, le cadmium, le zinc, le chrome et le cuivre) provenant du grillage métallique, des cailloux de remplissage, du sable et du mastic ;
- les hydrocarbures aromatiques (PAH Polycyclic aromatic hydrocarbon's) provenant du bitume.

Les tests menés par le SGS conformément à la méthodologie ANSI/ANS 16-1 ont été concluants pour le Sarmac :



Photo 11

Matelas mis en œuvre sur la conduite
 Mattress applied to the pipeline

- aucun résultat ne dépasse les limites définies pour l'eau potable DPR 236/88;
- si l'on considère l'utilisation du Sarmac en eau de mer, le standard de l'eau potable est extrêmement exigeant. En particulier vis-à-vis du danger des hydrocarbures aromatiques appliquant les recommandations ISTISAN 91/27, aucun résultat n'est apparu supérieur aux limites indiquées;
- sa répartition homogène des charges sur la canalisation due à l'importante surface de contact entre le Sarmac et la canalisation évite ainsi les concentrations de contraintes.

Par ailleurs, la composition organique des matelas Sarmac permet la recolonisation par les posidonies (algues).

Des références dans le monde entier

Les premiers ouvrages en matelas Sarmac datent de 1980. Depuis des centaines d'aménagements ont été mis œuvre dans le monde entier (photos 10 et 11).

Épilogue

Une fois stabilisée en actionnant les deux vannes de la dérivation, l'ancienne ligne a été condamnée et la nouvelle ligne a été mise en service. La première phase du chantier est donc finie. Il restera à procéder à l'ouverture de la digue afin d'installer un dernier tronçon qui permettra de connecter hors d'eau la future station d'épuration. ■

LES PRINCIPALES QUANTITÉS

- Ont été utilisés 1800 m de tuyau en PEHD de diamètre 560 mm (environ 100 t). L'émissaire est équipé de 400 colliers de lestage en béton (environ 500 t).
- Lors du remorquage il y avait donc environ 600 t en flottaison.
- De plus viennent s'ajouter également quelque 600 t de matelas de stabilisation.

ABSTRACT Sea outfall sewer of STEP de Vallauris – Golfe Juan (French Riviera)

M. Dupont, Br. Cote

As part of the project for reconstruction of the Vallauris/Golfe Juan sewage plant now considered obsolete by present-day standards, an outfall sewer 1800 m long, designed to discharge the water from this plant into the sea after treatment, was laid in the sea off Golfe Juan with a discharge point at a depth of 40 metres.

The ballasted mattress solution called "Sarmac" was chosen to protect the sewer from the risks of scouring and erosion by sediment transport and catching (boat anchor, ice jam, etc.) related to the discharges, the swell and navigation.

RESUMEN ESPAÑOL Emisario marino de la EDAR de Vallauris – Golfo Juan (06)

M. Dupont y Br. Cote

Situándose en el marco del proyecto de reconstrucción de la estación depuradora de aguas residuales (EDAR) de Vallauris – Golfo Juan considerada actualmente obsoleta por comparación con las normas actuales, un emisario de 1.800 metros de longitud, destinado al vertido en el mar de las aguas procedentes de esta estación después de tratamiento se ha tendido en pleno mar frente al Golfo Juan con un punto de vertido situado a 40 metros de profundidad.

Con el objeto de protegerle de los riesgos de socavación por las aguas y de erosión por transportes sólidos así como de anclaje (ánchora de buque, obstrucción, etc.) relacionados con las escorrentías, el oleaje y la navegación, se ha adoptado la solución revestimiento lastrado denominada "Sarmac" para proteger el emisario.

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage

Lyonnaise des Eaux

Assistant du maître d'ouvrage

Safège Environnement

Entreprise TP (division travaux maritimes)

Groupement Campenon Bernard Méditerranée / Negri et Fils

Fournisseur Matelas Sarmac

France Maccaferri

Des réseaux d'assainissement une première !

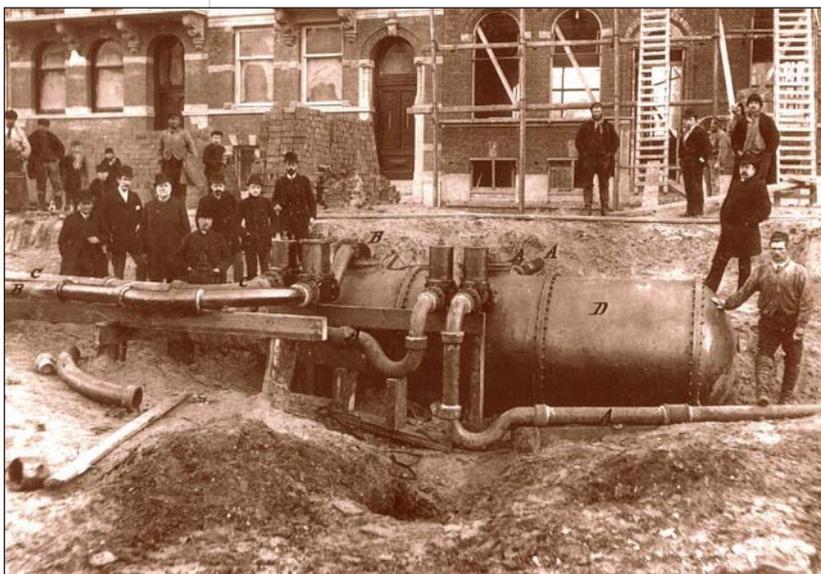
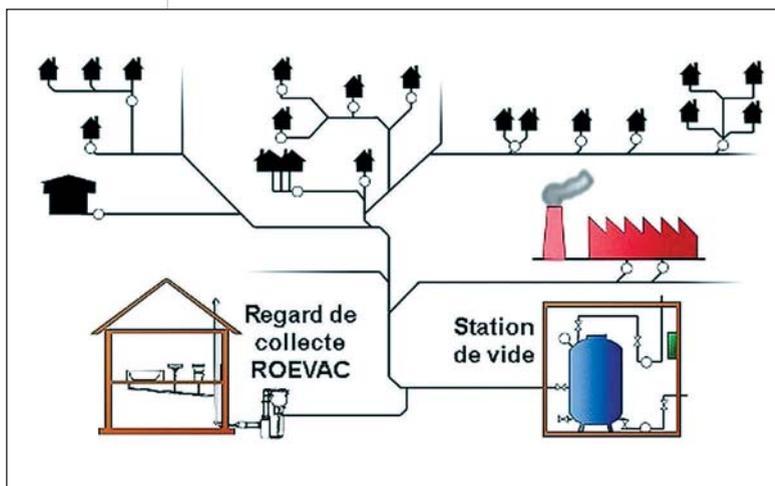


Photo 1
Amsterdam 1873
Amsterdam 1873

Courant 2005, le groupement d'entreprises Spie batignolles environnement – Pétavit, deux filiales du groupe Spie batignolles, décroche ses deux premières affaires d'assainissement sous vide en important, pour la première fois en Bourgogne, la technique de collecte par le vide du fabricant allemand Roediger.

La première partie de cet article s'attache à présenter en détail la technique d'assainissement sous vide avec ses avantages et ses possibilités d'utilisation.

La seconde partie est consacrée à la présentation des deux chantiers en cours et plus particulièrement des contextes ayant abouti au choix de cette technique alternative.



■ Une alternative gravitaire

La réalisation des travaux d'assainissement de certaines agglomérations nécessite parfois le recours à des techniques complémentaires et/ou alternatives à la technique gravitaire classique. L'utilisation des postes de pompage, spécialité de Pétavit, est une des possibilités offertes, mais elle n'est pas la seule.

Les maîtres d'œuvre confrontés à des problématiques particulières de réalisation, sont naturellement ouverts à des techniques alternatives si elles apportent véritablement une réponse efficace et économique au problème posé.

La veille technologique réalisée par la direction technique a permis de nouer des contacts fructueux avec le leader mondial de la technologie sous vide en assainissement, Roediger, et de juger de la pertinence d'un tel produit.

Le travail commercial de veille et d'écoute a permis de déceler deux projets pour lesquels l'utilisation d'une technique alternative s'avérait indispensable et plus particulièrement la technique d'assainissement sous vide.

■ Une expérience de plus de 30 ans

Cette technique est apparue dès la fin du XIX^e siècle au nord de l'Europe. Malheureusement, elle était confrontée à des difficultés techniques en raison des matériaux disponibles à l'époque : problème d'étanchéité au niveau des raccords de canalisations, rendement médiocre des pompes à vide (photo 1).

Aujourd'hui, ces problèmes sont résolus et depuis environ 30 ans, la société Roediger a développé son offre d'assainissement sous vide, Roevac, et se déploie à travers le monde. Elle décline son offre dans différents domaines :

- outdoor : destinée au réseau de collecte externe pour les collectivités ;
- indoor : destinée à la collecte sanitaire dans les bâtiments et industries ainsi que pour les équipements des bateaux, trains et avions.

La première installation d'assainissement sous vide réalisée par Roediger remonte à 1978 et à ce jour, plus de 300 sites sont équipés.

La société Roediger est leader dans ce domaine avec une forte volonté de développement et d'innovation technologique.

Figure 1

Principe réseau sous vide
Vacuum network schematic

sous vide en Côte-d'Or :

La technique sous vide est l'élément central de la collecte et du transport des eaux usées en milieu domestique et industriel.

Elle est une technique alternative ou complémentaire à l'assainissement gravitaire traditionnel.

Un réseau en dépression

Un réseau d'assainissement sous vide est un système de collecte des eaux usées et se compose des éléments suivants :

- un réseau de collecte gravitaire depuis les habitations ou les industries jusqu'à la chambre de collecte comprenant la valve de transfert ;
- un réseau de collecte en dépression ou sous vide depuis cette chambre de collecte jusqu'à la station de vide où sont installées les pompes de vide et de refoulement (figure 1).

En fonction de la topographie, les eaux usées peuvent être collectées dans un rayon de plusieurs kilomètres.

Les eaux usées s'écoulent de façon gravitaire vers la chambre de collecte installée à l'extérieur des bâtiments. Lorsqu'elle contient un certain volume d'eaux usées, le contrôleur pneumatique est activé par simple pression hydrostatique. Il ordonne l'ouverture de la valve de transfert pour un temps donné et les eaux usées sont évacuées vers le réseau en dépression.

Aucune source électrique extérieure n'est nécessaire à cette opération.

Les eaux usées sont ensuite transportées à grande vitesse vers la station de vide.

Le réseau de collecte est posé selon un profil en dent de scie à une profondeur minimale.

■ Station de vide : le cœur du système

À l'aide de pompes de vide présentes dans la station située en aval du réseau sous vide, la dépression nécessaire (- 0,6 bar) est générée. Les eaux usées sont collectées dans une cuve en dépression puis évacuées par des pompes de refoulement vers la station d'épuration. Le dimensionnement des différents organes est fonction des conditions hydrauliques et topographiques du site à équiper.

■ La chambre de collecte

La chambre de collecte est entièrement étanche et construite en PEHD. Elle dispose d'une séparation entre la partie stockage des eaux usées et la chambre contenant la valve de transfert garantissant une exploitation aisée (photo 2).

S'affranchir des difficultés du sous-sol

L'utilisation de la technique d'assainissement sous vide est particulièrement avantageuse dans les situations suivantes :

- en terrain plat ;
- en présence de nappe souterraine élevée ;
- en zone inondable ;
- dans les secteurs à fortes variations de débits (zones touristiques par exemple) ;
- conditions géotechniques difficiles : sous-sol marécageux, rocheux, instable et faible portance.

Des avantages déterminants

Les principaux avantages d'une telle solution sont :

- réduction des coûts et notamment ceux de maintenance ;
- rapidité de mise en œuvre ;
- profondeur minimale des tranchées ;
- contournement facile d'obstacles ;
- pose commune du réseau d'eaux usées et d'eau potable dans la même tranchée ;
- système fermé : pas de fuite et pas d'émanations d'odeurs ;
- centralisation des équipements électromécaniques sur un seul lieu.



Jean-Marc Kehrwiller
Responsable
développement
Spie batignolles
environnement

Jean-Pierre Sinico
Directeur technique
Spie batignolles
environnement



Hubert Viard
Géomètre-expert
& Directeur
SA de Géomètres-
Experts
(Châtillon-sur-Seine)

Photo 2
Chambre de collecte
Collection chamber

RÉSEAUX - GALERIES MULTIRÉSEAUX

Des réseaux d'assainissement sous vide en Côte-d'Or : une première !

Pourquoi une procédure de dialogue compétitif ?

La commune de Flavigny-sur-Ozerain est très particulière et une pré-étude très poussée sur la problématique de son assainissement eaux usées a démontré que l'assainissement gravitaire y était impossible (étroitesse des rues, leur encombrement par des réseaux enterrés existants, fragilité du bâti ancien, profondeur des points de branchements...).

Cette pré-étude a mis en évidence la possibilité d'aborder le problème par des techniques alternatives et en particulier l'assainissement sous vide et sous pression.

Il fallait donc organiser une procédure de mise en concurrence la plus ouverte possible, permettant à la commune de trouver la solution à ses contraintes.

Étant donné le nombre et la complexité de ces contraintes, et les différences techniques importantes des solutions pressenties en pré-étude, il a été décidé d'impliquer les sociétés candidates dès l'appel d'offres en leur demandant de trouver des solutions alternatives à l'assainissement gravitaire, respectant les lieux et leurs particularités, tout cela dans un contexte économique le plus serré possible.

Après réflexion avec les élus, le dialogue compétitif nous a paru être la procédure la plus adaptée à notre cas. Celle-ci avait été peu utilisée en France depuis sa création dans le CMP de janvier 2004. Elle n'avait jamais été utilisée en Région Bourgogne.

Même si cette procédure nous a donné des soucis de mise en place, par le fait qu'elle était nouvelle et que peu de services juridiques savaient nous accompagner dans cette démarche, elle a été menée sans anicroches particulières et a permis une véritable mise en compétition de solutions très différentes et toutes très intéressantes, au cas particulier de Flavigny-sur-Ozerain.

En effet, nous avons eu six équipes en compétition, dont trois travaillant avec des techniques d'assainissement sous vide, deux avec des techniques d'assainissement ramifié sous pression hydraulique, et une avec une technique d'assainissement sous pression d'air comprimé.

Une belle démonstration de la pertinence des techniques alternatives au gravitaire en assainissement eaux usées et de l'intérêt des sociétés de TP pour ces techniques particulières !

Le maître d'œuvre : Hubert Viard



■ Deux chantiers caractéristiques

Il s'agit de deux communes de Côte-d'Or pour lesquelles la réalisation d'un réseau d'assainissement et d'une station d'épuration était primordiale et devenait un enjeu environnemental important.

Flavigny-sur-Ozerain

C'est une cité médiévale fortifiée, fief de Jules César lors du siège d'Alésia, bâtie sur un éperon rocheux.

Jusqu'à aujourd'hui, l'évacuation des eaux usées se fait soit directement dans le sol au travers de failles soit par un embryon de réseau qui se déverse sans traitement à la sortie du village !

Le projet consiste à réaliser l'assainissement complet du bourg, comptant environ 350 habitants.

La procédure d'appel d'offres retenu pour ce marché a été le dialogue compétitif.

Il s'agit probablement de l'une des toutes premières opérations de ce type dans notre métier. Cette solution a été retenue afin de comparer très finement les différentes possibilités techniques offertes et d'impliquer le maître d'ouvrage lors des phases de négociation (cf. encadré « Pourquoi une procédure de dialogue compétitif ? »).

À partir d'un programme fonctionnel sommaire, nous avons élaboré notre offre en partenariat avec la société Roediger et participé à plusieurs phases de négociations et de mise au point afin de répondre parfaitement aux attentes du client.

La problématique

Il fallait proposer et réaliser un système d'assainissement complet de la commune qui prenne en compte les particularités du site :

- sous-sol rocheux à faible profondeur ;
- utilisation interdite du brise-roche hydraulique et du compacteur pour des raisons de tenue des habitations ;
- site exigü ;
- des caves situées en contre bas de la voirie ;
- préservation du bâti ancien (Moyen Âge) aux fondations superficielles.

Photo 3

Mise en place du collecteur sous vide
Installation of the main vacuum sewer

L'apport de Spie batignolles

Un savoir-faire organisationnel et opérationnel avec l'utilisation de techniques parfaitement maîtrisées :

- le remblai de tranchées avec du béton auto-compactant ;
 - un réseau de collecte en PEHD électrosoudé pour être totalement étanche ;
 - une adaptation du produit de départ aux besoins du site :
- > installation extérieure et intérieure avec un équipement spécifique à ce projet,
> télésurveillance des organes mis en place ;
- un déploiement des valeurs sûres de Spie batignolles :
- > fonctionnement en équipe projet qui a contribué fortement à une différenciation de notre offre notamment aux cours des trois auditions de la phase du dialogue compétitif (photos 3 et 4).



Photo 4

Réalisation de la tranchée en zone très étroite

Execution of the trench in a very confined area

Vanvey – Villiers-le-Duc

Les communes de Vanvey et Villiers-le-Duc sont situées à l'ouest de Châtillon-sur-Seine, dans la vallée de l'Ource et comptent environ 400 habitants au total. Le projet prévoit la réalisation du réseau d'assainissement des deux communes, leur interconnexion sur 1 km et la construction d'une station d'épuration commune.

La procédure retenue pour cette opération est plus classique dans le cas de Vanvey. Il s'agissait d'un appel d'offres de type ouvert.

La problématique du client

L'utilisation d'une technique alternative avait été retenue par le maître d'œuvre pour la commune de Vanvey en raison de l'étendue de son territoire et de sa topographie plane ainsi que de la sensibilité de son sous-sol à l'eau (présence de nappe phréatique affleurante).

Il s'agissait de proposer une technique qui puisse s'affranchir de profondeur importante et garantir une étanchéité parfaite du réseau.

La commune de Villiers-le-Duc pouvait être assainie de façon gravitaire avec néanmoins quelques postes de relevage à prévoir.

L'apport de Spie batignolles

L'étroite collaboration avec la société Roediger a permis de concevoir et d'optimiser un réseau complet en assainissement sous vide pour les deux communes.

Les points forts de notre proposition :

- aucun poste de relevage délocalisé sur le territoire communal ;

LES CHIFFRES CLÉS

Chantier de Flavigny-sur-Ozerain

Station de vide :

- 2 pompes de vide de 5,5 kW
- 2 pompes de refoulement 3 kW
- 1 cuve de vide de 10 m³

Regards de transfert :

- Sous voirie : 90
- Installation en cave : 40

Réseau :

- Partie gravitaire : 1 200 ml en PVC DN 160
- Partie sous vide : réseau en PEHD - 3 150 ml au total dont :
 - DN 90 : 1 400 ml
 - DN 110 : 700 ml
 - DN 125 : 250 ml
 - DN 160 : 800 ml

Chantier de Vanvey – Villiers-le-Duc

Station de vide :

- 2 pompes de vide de 5,5 kW
- 2 pompes de refoulement 4 kW
- 1 cuve de vide de 13 m³

Regards de transfert :

- Sous voirie : 110

Réseau :

- Partie gravitaire : 3 000 ml en PVC DN 160
- Partie sous vide : réseau en PEHD - 8 320 ml au total dont :
 - DN 90 : 7 000 ml
 - DN 110 : 600 ml
 - DN 125 : 120 ml
 - DN 160 : 600 ml

RÉSEAUX - GALERIES MULTIRÉSEAUX

Des réseaux d'assainissement sous vide en Côte-d'Or : une première !



Photo 5

Mise en place du réseau et vérification de la pente du tuyau
Laying the network and verification of the pipe slope



Photo 6

Mise en place du regard de transfert
Installation of the transfer chamber

- une garantie d'étanchéité totale du réseau de collecte réalisé en PEHD électrosoudé ;
- coût global de l'opération optimisé ;
- délai optimisé.

Complétée par une démarche environnementale volontariste, en réalisant le recyclage des matériaux sur site et leur réutilisation en remblai de tranchées, cette solution a permis de réduire de façon considérable la rotation des camions et l'utilisation de matériaux d'apport extérieur (photos 5 et 6). ■

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maîtres d'ouvrage

- Pour Vanvey – Villiers-le-Duc : Syndicat des Eaux de Combe Noire (président : M. Cecconi)
- Pour Flavigny : Commune de Flavigny-sur-Ozerain (Monsieur le Maire)

Maîtres d'œuvre des deux opérations

- SA de Géomètres-Experts : M. Viard (Châtillon-sur-Seine)
- Roediger : M. Späth Lars - D - 63 450 Hanau

Entreprise

Spie batignolles environnement (Dardilly)

ABSTRACT

*Vacuum sewerage network
in the Côte-d'Or region :
a first !*

J.-M. Kehrwiller, J.-P. Sinico, H. Viard

Use of the vacuum sewerage technique by Spie Batignolles Environnement provided a perfectly appropriate answer to the problem faced by two districts in the Côte-d'Or region (Favigny-sur-Ozerain and Vanvey – Villiers-le-Duc) with a limited investment budget.

The vacuum collection technique, marketed by Roediger, is a technical and economic alternative to a traditional gravity-flow solution. It has many advantages and it often proves to be a pragmatic solution in difficult sub-soils.

RESUMEN ESPAÑOL

*Redes de saneamiento
en vacío en Côte-d'Or :
¡una primicia !*

J.-M. Kehrwiller, J.-P. Cínico y H. Viard

La utilización de la técnica de saneamiento en vacío por Spie Batignolles Environnement ha permitido aportar una respuesta perfectamente adaptada a la problemática de los dos municipios del departamento de Côte-d'Or (Favigny-sur-Ozerain y Vanvey – Villiers-le-Duc) limitando al mismo tiempo el presupuesto de inversión.

La técnica de colecta en vacío, comercializada por la empresa Roediger, corresponde a una alternativa técnica y económica con relación a una solución gravitaria convencional. Esta técnica presenta numerosas ventajas y su utilización revela ser frecuentemente pragmática en un subsuelo difícil.

La nouvelle classification des techniques sans tranchée

Les techniques de travaux sans tranchée sont nombreuses et très variées.

Cet article fait le point sur la classification européenne en cours d'élaboration.

Il sera également question des techniques de reconnaissance pour la pose d'ouvrages neufs ainsi que des techniques d'auscultation d'ouvrages en vue de leur réhabilitation par réparation, rénovation ou remplacement.

■ Introduction

La littérature différencie aisément les travaux souterrains, les travaux enterrés et les travaux traditionnels. Les travaux souterrains désignent des structures aménagées dans le sol, les travaux enterrés, des « superstructures » réalisées à ciel ouvert, puis recouvertes, tandis que les travaux traditionnels s'entendent pour des ouvrages le plus souvent posés dans une tranchée. Le terme « travaux sans tranchée » est plus récent. En France, il définit les ouvrages souterrains, aménagés dans le sol, sans ouverture de tranchée.

Le concept « sans tranchée » est né en Grande-Bretagne en 1986 sous l'appellation « Trenchless Technology ». L'ISTT (International Society for Trenchless Technology) fondée en Angleterre en 1986, a organisé les premiers congrès « No Dig » (sans excavation) dès cette année-là.

Le manque d'informations sur ces nouvelles technologies et le caractère innovant de ces travaux, ressentis comme très particuliers par les prescripteurs, ont freiné l'extension de ces techniques en France au début des années quatre-vingt-dix.

En effet, les procédés étaient le plus souvent inventés à l'étranger et leurs diffusions en France passaient par des contrats avec des sociétés françaises négociant l'exclusivité des techniques.

En outre, l'innovation représentait toujours un risque et des enjeux financiers importants par rapport aux techniques (même souvent plus chères) mais bien maîtrisées, plus classiques et subsistant encore dans nos villes : le marteau-piqueur et la pelle mécanique.

Toutefois, certaines techniques sans tranchée, comme

les « tubages », les « pousse tubes » ou les « fusées », sont très anciennes et étaient utilisées en France depuis plus de trente ans.

Par contre, les autres techniques sans tranchée n'ont été mises en œuvre que très récemment dans notre pays.

La promotion en France des techniques sans tranchée auprès des maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, bureaux d'études et fabricants, l'investissement par des entreprises dans des machines et du matériel, ainsi que la progression sensible du marché français du « sans tranchée » sont les résultats d'une politique de vulgarisation de la FSTT (French Society for Trenchless Technology - Comité français pour les techniques sans tranchée) entamée en 1990.

De même, les développements des technologies et les progrès de la recherche dont ceux réalisés par la FSTT autour des projets nationaux « Microtunnels », et « RERAU » subventionnés par le ministère de l'Équipement, ont permis d'affiner des recommandations nationales sur ces techniques.

Le premier « PN » concernait les techniques de micro-tunnelier, de forages dirigés et de reconnaissance des sols; le second était spécifique aux techniques de réhabilitation des réseaux d'assainissement urbains.

La FSTT regroupe tous les acteurs du génie civil (entrepreneurs, ingénieries...), les plus grands donneurs d'ordres (EDF, GDF, SNCF, CGE Lyonnaise des Eaux...) et de nombreuses collectivités locales.

Elle a organisé à Paris en 1992, le premier congrès international « No Dig » sur les techniques sans tranchée, et des démonstrations de ces techniques à l'occasion des salons « Villes Sans Tranchée » qui ont lieu tous les deux ans en région parisienne.

Aujourd'hui, la pose de réseaux secs ou humides en microtunnelier représente plus de 3000 ml par an de canalisations comprises entre 300 à 800 mm.

Celle réalisée à l'aide de forage dirigé atteint un peu moins de 100 km par année pour des conduites de 100 à 600 mm.

En ce qui concerne la réhabilitation des réseaux anciens ou bien leur mise en conformité, ce sont plusieurs centaines de kilomètres qui sont « chemisées », remplacées, ou enfin, traitées ponctuellement à l'aide de robots « à fonctions multiples » ou injectées par « manchon ».

Le développement de ces techniques s'accompagne de progrès considérables dans les domaines de la reconnaissance des terrains en préalable des travaux et dans l'auscultation des canalisations ou des conduites existantes avant leur réhabilitation.

De nouveaux métiers sont apparus comme celui de pilote de machine de forage dirigé ou de microtunnelier mais aussi celui de « diagnostiqueur » de conduites, canalisations ou galeries, dégradées.

Christian Legaz
Secrétaire général FSTT
(French Society
for Trenchless
Technology - Comité
français pour les travaux
sans tranchée)
et Gérant de la société
A.V.R. Ingénierie

RÉSEAUX - GALERIES MULTIRÉSEAUX

La nouvelle classification des techniques sans tranchée

Photo 1
Fusée
Ignition system



Photo 2
Pousse tube
Pipe jack



■ Classification des techniques sans tranchée

Les techniques sans tranchée sont classées suivant l'objet des travaux :

- installation d'un nouvel ouvrage (travaux neufs) ou de plusieurs ouvrages dans une même galerie (galerie multiréseaux) ou, enfin, l'utilisation de conduites abandonnées;
- réhabilitation d'un ancien ouvrage pour une rénovation, une réparation ou pour une réutilisation nouvelle ou enfin, pour le remplacement d'un ouvrage détérioré ou insuffisant par un nouvel ouvrage à l'emplacement de l'ancien.

D'autres classements, pour la pose de conduites ou de canalisations neuves, pourraient bien entendu, être réalisés en fonction de critères comme l'existence ou non de système de guidage, le type de creusement (refoulement de sol, forage mécanique ou par jet, creu-

sement par stabilisation du front, forage pilote et alésage) ou même la nature de l'ouvrage (eau, assainissement, gaz, câbles de télécommunication...).

Dans le domaine du remplacement et de la réhabilitation, l'ASTEE (Association scientifique et technique pour l'eau et l'environnement) ex-AGHTM, proposait une classification suivant les techniques « destructives » ou « non destructives » selon qu'elles conservent en l'état ou non l'ouvrage dégradé.

La FSTT rajoute même les techniques de reconnaissance ou de détection pour les ouvrages neufs et les techniques d'auscultation et de diagnostic pour la réhabilitation des ouvrages existants.

■ La pose d'ouvrages ou de réseaux neufs

Il existe deux grandes familles de techniques pour l'installation ou la pose « sans tranchée » d'ouvrages neufs :

- les méthodes « non dirigées » soit trois techniques;
- les méthodes « dirigées » trois techniques également.

On entend par méthodes dirigées ou non, les techniques possédant un système continu de guidage ou non.

Les méthodes non dirigées

Les méthodes non dirigées se caractérisent par la pose d'ouvrages sur de courtes longueurs (inférieures ou égales à 50 m) avec refoulement ou excavation du sol et puits de départ et d'arrivée.

Elles sont peu coûteuses et permettent la pose de l'ouvrage définitif par éléments poussés soit immédiatement ou bien différé dans le temps si le forage « se tient ».

Les trois techniques de forages non dirigés par déplacement du sol sont :

- la fusée pneumatique;
- les tuyaux battus (pousse tube);
- le fonçage statique à la tarière.

Les principes de pose, les domaines d'application et les encombrements des techniques de forages non dirigés sont variés.

La fusée a été inventée par les Polonais en 1958 et reprise par l'Institut des Mines Soviétiques en 1960 (photo 1).

Cette fusée à forage par percussion a été ensuite introduite à la fin des années soixante en Europe occidentale, notamment en Angleterre et en France ainsi qu'aux Etats-Unis. Son principe est très simple.

Après exécution des puits de départ et d'arrivée, un bâti cylindrique muni d'une tête tronconique tire une conduite ou permet la pose d'une conduite mise en



Photo 3
Forage à la tarière
Auger drilling

place par poussage. Des forages de 30 à 80 millimètres sont possibles dans des

terrains très hétérogènes. Après plusieurs passes, la fusée permet d'obtenir un emplacement pour la conduite de 200 à 250 mm maximum.

Selon les conditions géologiques, les distances pratiquées varient de 5 à 25 ml, et les cadences de 5 à 20 ml/h.

Les fusées utilisant le fonçage par refoulement ou le déplacement du sol sont essentiellement utilisées pour les traversées d'obstacles de faibles longueurs et pour la pose de conduites en acier, PE ou PVC de petits diamètres.

Leurs encombrements en surface varient en fonction des dimensions des puits, soit 1 à 2 ml (dus aux 20 cm nécessaires en plus des dimensions des matériels) et de l'installation en surface d'un compresseur.

Les tuyaux battus (pousse tube) (photo 2), technique très ancienne qui utilise à partir des puits de départ et d'arrivée, la pose de tubes aciers « définitifs » fermés à l'extrémité, côté creusement.

Le domaine d'application est le même que pour les fusées soit les traversées sous ouvrages.

Les longueurs maximales sont de 100 ml, couramment 60 à 70 ml pour des diamètres des conduites variant de 50 mm à 1500 mm.

Les cadences varient en fonction des terrains, des diamètres, des matériels et des personnels de 1 à 50 ml/j.

L'encombrement en surface comprend les puits de 8,50 à 10 ml en fonction des longueurs de tubes de 6 ml, et l'installation d'un chantier de 30 à 50 m² nécessaire au stockage des tuyaux, des outils de manutention, portique, grue, camion, compresseur et groupe de soudure. L'encombrement peut être réduit par l'utilisation de tubes de 3,50 ml mais au détriment du coût.

Le « décrochage », terme désignant la fonction d'enlèvement des déblais, est assuré par hydrocurage ou par poussées à l'air comprimé.

Le fonçage s'effectue par carottage du terrain en place

Tableau I

Classement des machines de forage dirigé

Classification of directional drilling machines

| Types de foreuses | Force de traction (kN) | Couple maximum (kN.m) | Masse (t) |
|-------------------|------------------------|-----------------------|-----------|
| Mini | < 150 | 10 – 15 | < 10 |
| Midi | > de 150 à < 400 | 15 – 30 | 10 – 25 |
| Maxi | > de 400 à < 2500 | 30 – 100 | 25 – 60 |
| Méga | > 2500 | > 100 | > 60 |

grâce à un tuyau de tête renforcé d'une frette ou muni d'une tresse coupante. Le train de tube est poussé à l'aide d'un « marteau » pneumatique.

Le fonçage statique à la tarière s'effectue également par excavation du sol (photo 3).

Les produits de marouflage sont évacués, dans ce cas, par une vis sans fin. Celle-ci est équipée d'une tête de forage rotative articulée autour d'un arbre sur lequel s'enroule une tôle soudée en spirale dite tarière.

Cette technique est connue depuis le milieu du XIX^e siècle. La fabrication a démarré aux Etats-Unis.

Ces matériels permettent la réalisation de traversées de 20 ml à 80 ml avec des conduites en acier de diamètres variant de 50 mm à 1500 mm, avec tubage possible en PE et PVC. Ils permettent également la réalisation des branchements particuliers.

De fait, les encombrements des puits varient selon que la pose s'effectue en ligne (L = 10 ml, l = 2,50 ml pour Ø 300 mm et l = 4,50 ml pour Ø 1500 mm) ou pour l'exécution de branchements (L = 2,40 ml et l = 1,40 ml).

Le fonctionnement des machines impose l'installation d'un groupe hydraulique diesel ou un branchement sur un engin de terrassement.

Certains de ces matériels sont aujourd'hui dirigeables.

Les méthodes dirigées

Les trois autres techniques pour la pose d'ouvrages neufs sont des méthodes dites « dirigées » :

- les forages dirigés;
- les microtunneliers;
- le fonçage à l'aide de barres pilotes.

Leur différenciation se fait par la puissance des machines pour les premières, le procédé de transport des déblais et le diamètre des ouvrages posés pour les secondes et la pose de tuyau précédé d'un « avant-trou » pour la troisième.

Le classement des machines de forage dirigé est reporté sur le tableau I (classement de l'International Society for Trenchless Technology).

RÉSEAUX - GALERIES MULTIRÉSEAUX

La nouvelle classification des techniques sans tranchée



En 1973 Martin Cherington marie la technique traditionnelle de forage horizontal avec celle des forages pétroliers dits « forages dirigés ».

Il réalise ainsi en Californie la première traversée, celle d'une rivière.

Depuis, aux États-Unis, cette technique s'appelle souvent « River Crossing Industry ».

Cette méthode s'est imposée dans la construction de pipelines nécessitant le franchissement d'obstacles particuliers tels que fleuves, collines, canaux, etc.

Le champ d'application des forages dirigés s'est ensuite étendu à la pose en milieu urbain de réseaux divers, distribution d'eau potable, électricité, gaz et télécommunications.

Les machines Mini, Midi et Maxi posent des canalisations flexibles de petit diamètre (< à 600 mm) et sur des longueurs moyennes (maximum : 500 ml) avec des changements de direction en plan et en profondeur, avec ou sans puits (photo 4).

Dans la pratique, 80 % des forages réalisés concernent la pose de canalisations en polyéthylène d'un diamètre n'excédant pas 200 mm.

Le principe réside en un fonçage d'un tube pilote de 120 mm environ, à l'aide d'une tête de forage biseautée pour les terrains meubles et à l'aide d'une fraise pour les terrains rocheux.

La poussée du train de tiges est assurée par un marteau pneumatique pour les terrains meubles ou par une turbine pour les terrains rocheux.

Le creusement se fait par une pression de bentonite de 100 à 300 bars permettant le délayage des terres.

Cette boue est également utilisée pour diminuer le frottement, maintenir le trou et assurer une humidification du sol.

La pose de PE en tourets ou en barres soudées ou bien, de conduite en acier par soudure des barres est exécutée par traction du câble ou de la conduite au retour du train de tiges après passages éventuels de plusieurs réalésages successifs.

Le guidage s'effectue par le méplat (tête biseautée) située sur la tête de forage possédant un émetteur, le récepteur étant déplacé en surface :

- le tracé est rectiligne par une rotation des tiges et une poussée simultanée;
- il peut être dévié par poussées sans rotation.

L'encombrement en surface représente l'installation d'une unité de forage sur châssis de 3,30 ml par 1,10 ml,



Photo 4

Machine à forage dirigé mini
Mini directional drilling machine

Photo 5

Microtunnelier
Microtunnel boring machine



d'une centrale hydraulique de 1,80 ml par 1,00 ml, d'un compresseur de 50 CV et dans le cas d'utilisation de tubes en PE, d'une aire de préparation.

Les performances de ces matériels atteignent un maximum de 250 ml/j avec des cadences moyennes de 100 ml/j pour un DN 200 mm.

Les machines Méga de forage dirigé posent des canalisations souples à rigides, de diamètres 100 à 1200 mm sur de grandes longueurs pouvant même atteindre 2000 ml.

La machine creuse principalement dans un plan vertical, avec peu de courbes dans le plan horizontal et, sans puits de départ ni d'arrivée.

Cette « direction » principale le différencie des autres machines pouvant, sur de courtes distances, creuser dans l'un ou l'autre des deux plans suivant la configuration du tracé en surface et en profondeur.

Le principe de ce dernier type de matériel, réside en un fonçage de tube pilote de 90 mm.

Il est muni d'une tête consistant soit en un outil d'attaque en adéquation avec la nature du terrain, mis en rotation par un moteur hydraulique et fonctionnant avec de la boue sous pression (pour les terrains durs), soit en un jet de boue orientable qui désagrège le terrain ou bien l'humidifie pour faciliter le creusement, pour des terrains plus meubles.

Ensuite, on place autour de ce tube pilote et par forage, un autre tube, et ce dès que le tube pilote a progressé par forage et poussage de 80 à 100 ml. Le rôle de ce second tube est de rigidifier le tube pilote.

Les deux tubes progressent ainsi alternativement jusqu'à ce qu'ils atteignent le point de sortie hors du sol. Le tube pilote est ensuite retiré et un réalésateur, fixé sur le tube support, agrandit le trou de forage en progressant vers le point de départ.

La tenue du trou et l'évacuation des déblais du forage sont assurées par une alimentation continue en boue. Lorsque le trou a atteint le diamètre voulu, le tube définitif est alors introduit par le point d'arrivée et tiré vers le point de départ.

L'emprise au sol est plus importante que pour les trois autres matériels.

Les cadences des machines Méga sont de l'ordre de 10 à 300 ml/j.

Les deux types de microtunneliers sont issus de leur différence de système de marinage, soit à vis sans fin ou hydrauliquement (photo 5).

Les microtunneliers sont dans le principe, analogues aux tunneliers classiques pressurisés à front fermé. Ils comportent comme eux, trois parties essentielles : une roue excavatrice munie d'outils de découpe, un bouclier permettant de soutenir les parois du microtunnel, un système de marinage (fonction de transport des déblais) permettant éventuellement d'appliquer une pression de confinement au front de taille.

Des différences entre fabricants sont basées sur le principe de la pose des tuyaux définitifs en une, deux ou même trois phases.

Ainsi, on différencie les microtunneliers permettant la pose de la conduite définitive soit derrière la machine de creusement (méthode une phase), soit derrière le dernier tube provisoire et depuis le puits d'arrivée (méthode deux phases), soit, enfin, derrière le dernier tube provisoire réalisant le premier passage de tubes provisoire (méthode trois phases).

Le guidage est assuré par une position et une orientation mesurées en continu à l'aide d'un système de contrôle installé dans le puits de départ (laser) ou à l'intérieur de la machine de creusement (cible photo sensitive).

Les distances entre puits de départ et d'arrivée sont le plus couramment de 100 m. Les diamètres des canalisations en béton armé, ame-tôle, PRV et en grès varient de 300 à 1200 mm.

L'encombrement des puits est de l'ordre de 3 m par 2 m pour le puits de départ et de 2 m par 1,50 m pour les puits d'arrivée. Toutefois les matériels à marinage à vis autorisent des dimensions de 2 m de diamètre.

En surface, à l'approche du puits de départ, l'emprise peut varier de 50 à 150 m² nécessaires à la cabine de pilotage, les bacs de marinage, le treuil de levage, les tuyaux.

En outre, il convient de rajouter l'installation classique de chantier.

Les cadences le plus souvent observées sont de l'ordre de 6 à 10 ml/j.

La technique du fonçage statique par déplacement du sol au passage de barres « pilotes » se développe de plus en plus, de nos jours (photo 6).

Appelée également « pousse tige », le principe est également très simple : après exécution des puits, une unité hydraulique fonce des barres fixées les unes par rapport aux autres dans le sol, et par déplacement de celui-ci,

un forage « pilote » de 50 mm est ainsi réalisé. Ces barres pilotes de très faibles diamètres pour leur enfoncement dans le sol, sont ensuite équipées, à l'extrémité dans le puits d'arrivée, d'un aléateur qui permet l'agrandissement du trou foré et le tirage de la conduite en acier, PVC ou PE, lors de l'extraction des barres pilotes.

Leurs domaines d'application sont les traversées d'obstacles de faibles longueurs et la pose de conduites en acier, PE ou PVC de petits diamètres pour les branchements par exemple.

Ils nécessitent des emprises de 2,40 m par 1,50 m et quelques mètres carrés pour la centrale hydraulique à moteur thermique.



Photo 6

Fonçage de barres pilotes

Driving pilot rods

■ La réhabilitation de réseaux

La réhabilitation représente toutes mesures de remise en état et l'amélioration des performances d'un système de canalisation existant.

L'objectif d'une réhabilitation d'un ouvrage dégradé consiste donc, à restituer les propriétés initiales de la canalisation existante et d'en améliorer certaines en vue de répondre à de nouvelles ou de futures contraintes.

La réutilisation d'une conduite existante fait partie de cette catégorie.

Toutefois, l'objectif unique de réutilisation n'entraîne pas forcément de réparations ou d'adaptation de la conduite abandonnée.

Plusieurs classements pourraient être réalisés, selon que les techniques soient structurantes, consolidantes (dimensionnement impossible) ou non structurantes, selon que ces techniques s'affranchissent ou non des branchements, selon leurs domaines d'application en assainissement, eau, gaz...

D'autres classements ont existé comme de celui de

RÉSEAUX - GALERIES MULTIRÉSEAUX

La nouvelle classification des techniques sans tranchée

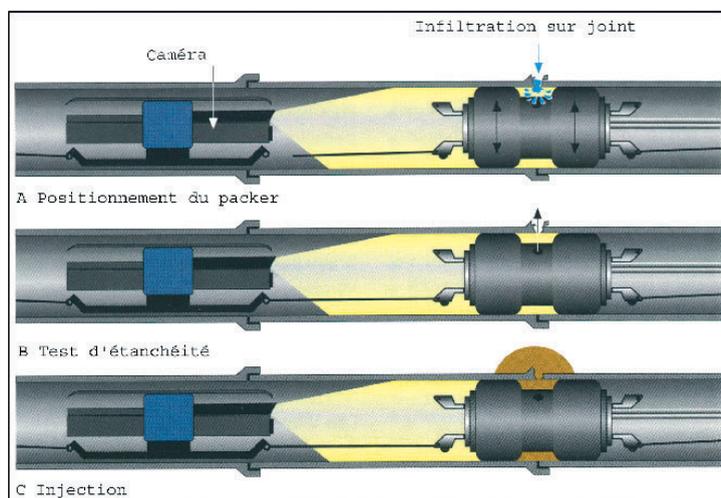


Figure 1

Réparation : injection d'étanchement

Repair : sealing injection

Les six techniques de réparations

Pour les réseaux ou canalisations non visitables, il existe quatre techniques de réparations :

- injection d'étanchéité;
- chemisage partiel;
- collerette de piquage;
- pontage de joints;
- fraisage par robot découpeur;
- réfection d'enduits.

Ces techniques ne nécessitent que l'ouverture ou un accès aux extrémités des tronçons à réhabiliter et la présence d'un camion à proximité.

Toutefois, dans certains cas, il sera nécessaire d'assurer un dévoiement des fluides par un pompage et un transport par conduites flexibles en surface.

L'injection d'étanchéité est l'une des plus anciennes techniques de réhabilitation de réseaux. Elle s'applique ponctuellement aux infiltrations constatées le plus souvent aux assemblages de tuyaux (figure 1).

La technique consiste à introduire dans la canalisation un appareillage à extrémités gonflables (manchon) constituant une chambre d'injection sous pression de produits liquides ou pâteux sous le contrôle d'une caméra.

Les composants les plus utilisés sont des gels acryliques ou polyuréthanes.

Le chemisage partiel, technique plus récente, est employé pour étancher ou pour réparer une petite portion de canalisation fissurée ou même cassée.

À l'aide d'un manchon gonflable, on pratique un chauffage d'une résine imprégnant cette gaine (le plus souvent) constituée de fibres de verre.

Ce manchon transportant la gaine est placé devant la zone à réparer, puis gonflé afin de plaquer la gaine et enfin chauffé pour la polymérisation de la résine.

Les robots à fonctions multiples sont apparus en France au début des années 90. Près d'une dizaine de ces matériels travaillent aujourd'hui dans notre pays (photos 7 et 8).

Ces robots de haute technologie, sont introduits dans le réseau par des regards d'accès et sont pilotés à l'aide d'une caméra vidéo transmettant les images au pilote installé en surface dans un camion.

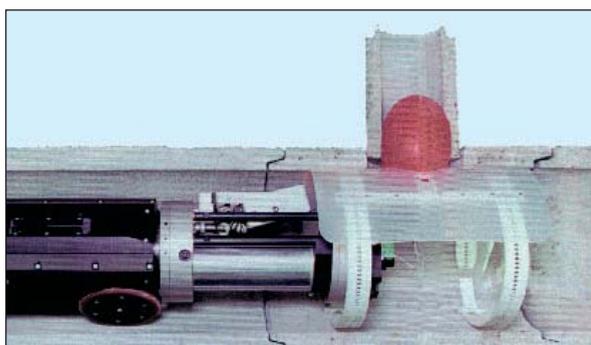
Ils réalisent des réparations de natures diverses selon l'outil amovible qui équipe la tête de travail :

- fraisage d'éléments pénétrants;
- étanchement par injection de joint, fissures longitudinales, branchements;
- restructuration locale par injection et masticage;
- restructuration par pose d'une collerette de piquage au droit d'un branchement;

Photo 7

Réparation : robot à fonctions multiples (injections)

Repair : multiple-function robot (injection)



l'AGHTM ou du document conjoint de la FSTT, du NANCIE (Centre international de l'eau de Nancy) et du district urbain de Nancy qui ont inventorié à l'époque plus de 70 procédés selon que ces techniques s'appliquent en ouvrages visitables ou non et ponctuellement ou en continu.

Les techniques de réhabilitation en continu s'entendent par celles permettant la réhabilitation sur une portion d'ouvrage ou sur la totalité d'un tronçon.

Le classement ci-après est issu en grande partie de la nouvelle classification découlant des normes européennes. Il

existe donc, trois grandes familles de techniques de réhabilitation de réseaux secs ou humides :

- les méthodes de réparations au nombre de six techniques;
- les méthodes de rénovation au nombre de neuf techniques;
- les méthodes de remplacement au nombre de quatre techniques.

Dans le présent chapitre, il sera également fait une distinction entre les techniques utilisables en ouvrages visitables (de grand diamètre) et celles pour les réseaux non visitables (de petit diamètre < 1 200 mm).

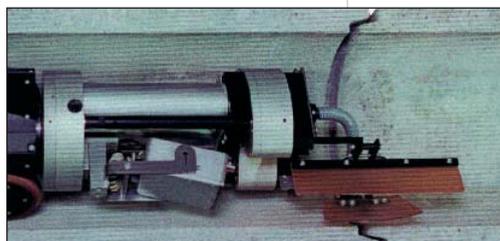
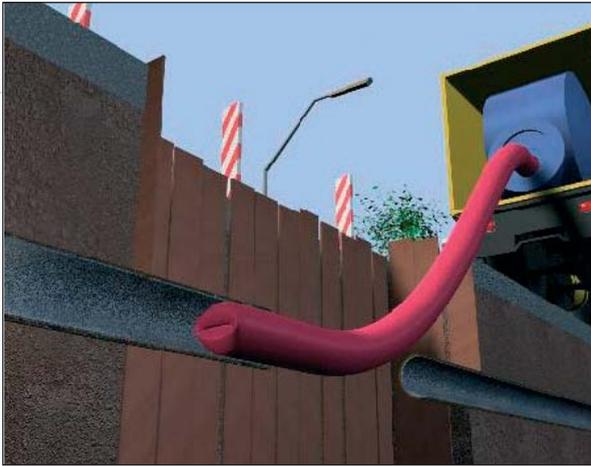


Photo 8

Réparation : robot à fonctions multiples (traitement d'étanchéité)

Repair : multiple-function robot (waterproofing treatment)



- restructuration locale par pontage de joint à l'aide de gaines métalliques.

Les robots découpeurs, hydrauliques ou pneumatiques, permettent d'effectuer les travaux préparatoires à un gainage par fraisage des éléments pénétrants, de fraiser des parties saillantes ou des décalages aux assemblages ou bien, de rouvrir les branchements après gainage de la conduite.

Pour les ouvrages de dimensions supérieures à 1200 mm, trois techniques de réparations ponctuelles sont couramment utilisées :

- l'injection d'étanchéité;
- le chemisage partiel;
- les reprises par travaux de génie civil.

Ces techniques ne sont pas structurantes. Elles ne reprennent pas les défaillances mécaniques des ouvrages ou bien on ne peut pas calculer leurs apports structurels (techniques dites consolidantes).

Les injections d'étanchéité sont réalisées comme dans les petits diamètres, le plus souvent au droit de joints afin d'étancher l'assemblage de deux tuyaux de grand diamètre et ce, à l'aide d'un manchon gonflable qui permet la mise en pression d'une chambre afin de « rentrer » des résines ou des gels dans le joint et le terrain encaissant.

Le chemisage partiel, comme dans le non visitable, permet la pose de « manchettes » ou de gaines ponctuelles sur des surfaces à réparer.

Cependant, un traitement ponctuel par chemisage dont l'armature est constituée de fibres de verre et une polymérisation de résine assurant l'adhérence au support est défini comme structurant dès lors qu'il est exécuté sur une longueur totale d'un tuyau avec recouvrement sur les deux tuyaux d'extrémités.

Les reprises par travaux de génie civil permettent traditionnellement le rejointoiement de maçonneries, des réfections ponctuelles d'enduits dégradés ou bien



Photos 9 et 10
Rénovation : chemisage polymérisé en place
Renovation :
in-situ polymerised lining

le colmatage de fissures dans ces ouvrages ou l'homme a accès sans difficultés.

Les neuf techniques de rénovations

Les techniques se différencient selon la présence ou non d'un espace annulaire :

- avec espace annulaire :
 - > tubage par tuyaux courts,
 - > tubage par enroulement hélicoïdal,
 - > tubage par tuyaux continus,
 - > tubage par éléments préfabriqués ou coques;
- sans espace annulaire :
 - > chemisage continu polymérisé en place,
 - > tubage sans espace annulaire,
 - > chemisage par matériau projeté, application d'enduit ou coulé en place (revêtement par projection ou centrifugation),
 - > chemisage par injection de coulis à coffrage perdu,
 - > injection de traitement (collage, remplissage).

Dans le domaine du non visitable, il existe cinq techniques de rénovation.

Le chemisage continu polymérisé en place, breveté pour la première fois en 1971 en Angleterre, permet la réhabilitation de plusieurs tronçons en restituant les contraintes mécaniques d'une canalisation neuve, et améliore l'hydraulicité en ne réduisant qu'une faible partie de la capacité hydraulique (photos 9 et 10).

En effet, la gaine, soit mise en place par inversion ou par tractage est plaquée sur la surface intérieure de la canalisation dégradée.

La méthode par inversion consiste à introduire, en la retournant, une gaine souple imprégnée de résine, à partir d'un regard de visite, par l'intermédiaire d'une colonne d'eau ou d'une pression d'air qui plaque la gaine en assurant la polymérisation à chaud.

Un procédé utilise le rayonnement aux ultraviolets.

La méthode par tractage s'effectue par l'intermédiaire d'un treuil qui tire la gaine d'un regard à l'autre.

RÉSEAUX - GALERIES MULTIRÉSEAUX

La nouvelle classification des techniques sans tranchée

Photo 11

Rénovation : tubage par éléments continus

Renovation : continuous element tubing



Photo 12

Procédé Subline (tubage par éléments longs)

tubage continu (de?forme?).jpg

Subline process (long element tubing)



Photo 13

Tubage continu (mise en oeuvre par remplissage d'eau)

Continuous tubing (laid by filling with water)



La mise en pression est ensuite réalisée à l'air, en même temps que la polymérisation à chaud de la résine ou dans d'autres cas, en préliminaire à un rayonnement d'ultraviolets.

Le chemisage de branchements depuis la conduite principale est apparu depuis 1992 en France.

Le tubage, technique de tout temps utilisée, se différencie du chemisage par la présence d'un coulis de remplissage entre le tuyau neuf et existant.

Ce coulis permet la transmission des charges extérieures au tube neuf.

Le tubage par tuyau continu consiste, par tractage ou/et par poussage, à mettre en place dans la conduite dégradée une nouvelle conduite d'un diamètre inférieur (photos 11, 12 et 13).

L'assemblage est effectué par collage, thermo-soudage ou emboîtement de joint.

La pose de tubes prédéformés a été conçue initialement par la British Gas et employée, tout comme

deux à trois procédés voisins, tout récemment en France.

La méthode consiste à la mise en place par insertion dans la conduite à réhabiliter, d'un profil au diamètre réduit par traction dans un gabarit conique ou bien, d'une section préalablement déformée en forme de U en usine, ou encore, par diminution de diamètre.

La remise au diamètre intérieur de la canalisation à réhabiliter se fait spontanément ou par mise en pression à la vapeur.

Le tubage par tuyaux courts avec espace annulaire est le plus souvent utilisé lorsqu'il est difficile voire impossible de réaliser une fosse d'accès en surface (photo 14).

Ainsi, des tuyaux plus courts et possédant un assemblage par joints sont introduits dans la canalisation à rénover avant la mise en place d'un coulis dans l'espace annulaire formé par la différence de diamètre avec le tuyau existant.

Le tubage par enroulement hélicoïdal d'un profilé spécial assemblé par clipsage, est apparu depuis quelques années, en France (figure 2).

Cette technique de tubage ne présente pas d'importantes installations de chantier.

Le revêtement par centrifugation a été utilisé en France, dans les années 80.

Cette technique consiste à projeter des résines ou dans certains cas, des mortiers, par des hélices centrifugeant le produit sur la paroi de la conduite.

Les matériaux en place sont ensuite lissés à l'aide d'un cône passant derrière la centrifugeuse et épousant la circonférence finale désirée.

Dans le domaine des ouvrages visitables, il existe sept techniques de rénovation :

- injection de traitement;
- chemisage continu polymérisé en place;
- chemisage par projection de béton ou mortier;
- tubage par enroulement hélicoïdal avec ou sans espace annulaire;
- chemisage par injection d'un coulis à coffrage perdu;
- tubage par éléments préfabriqués avec espace annulaire (coques);
- tubage par tuyaux courts avec espace annulaire.

Les injections de traitement sont utilisées pour consolider la butée ou l'assise de l'ouvrage ainsi que les maçonneries les constituant.

Cette technique est très ancienne et utilisée depuis de nombreuses années dans le domaine du génie civil.

Les injections de traitement permettent par la diffusion d'un coulis dans le sol, soit par des injections



Photo 14

Rénovation : tubage par éléments courts

Renovation : short element tubing

depuis la surface ou bien depuis l'ouvrage, d'assurer l'assise.

Les injections de collage permettent le comblement de vides derrière l'ouvrage et servent, le plus souvent, à assurer la butée de l'ouvrage dans le terrain.

Elles ont un effet régénérant dans les maçonneries d'ouvrages anciens et peuvent être également utilisées pour renforcer l'étanchéité.

Les coulis employés sont de compositions différentes suivant les objectifs recherchés.

Les chemisages continus polymérisés en place sont employés pour les problèmes de restructuration ou d'étanchéité.

Comme pour le domaine des ouvrages non visitables, les procédés utilisent des résines armées de fibres de verre dont la polymérisation est assurée à chaud.

Ces mâts de verre sont plaqués sur la maçonnerie et la résine est mise en œuvre in situ.

Les chemisages par projection de béton ou mortier, plus conventionnels (matériels apparus en 1960 pour la voie mouillée) sont également utilisés pour leurs propriétés mécaniques.

Une coque mince est mise en place par projection de béton, mortier ou béton de sable ou bien par béton coulé en place.

Ces coques sont armées d'armatures ou de fibres suivant les besoins mécaniques envisagés.

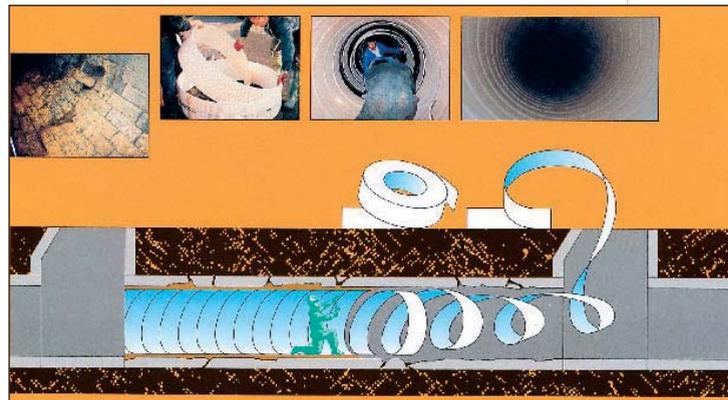
Le tubage par enroulement hélicoïdal avec ou sans espace annulaire est identique au domaine du non visitable à la différence que le matériel de formation de l'hélice est absent car c'est l'homme qui « place » le profilé mécaniquement à l'aide d'un joint enfoncé au marteau.

Dans le cas où l'objectif recherché est la restructuration, le vide annulaire est comblé par une injection de coulis mis en place par phases successives afin de ne pas « flamber » le profilé en plastique.

Figure 2

Rénovation : tubage par enroulement hélicoïdal

Renovation : helical winding tubing



Photos 15 et 16

Rénovation : tubage par éléments préfabriqués
Renovation : prefabricated element tubing

Le chemisage par injection d'un coulis à coffrage perdu est apparu dans les années 1990 en France.

Il consiste à mettre en place des coques souples en plastique (PEHD, PP), munies d'ergots afin d'assurer un accrochage dans le coulis, qui sont introduites dans l'ouvrage puis déployées.

Elles sont le plus souvent utilisées dans le cas où l'objectif de la réhabilitation est l'étanchéité.

Ces plaques sont ensuite assemblées par thermofusion. Le coulis de remplissage nécessite la pose éventuelle d'un coffrage afin de maintenir une contre pression liée à l'injection.

Le tubage par éléments préfabriqués avec espace annulaire (coques) est apparu plus récemment mais se développe rapidement dans le domaine des ouvrages visitables (photos 15 et 16).

Les coques rigides sont introduites par une fosse d'accès permettant la descente d'éléments préfabriqués, aux dimensions de la plus petite section de l'ouvrage à réhabiliter.

Elles sont ensuite transportées à pied d'œuvre et emboîtées les unes dans les autres.

Une injection permet d'assurer la transmission d'une partie des efforts sur la coque mise en place.

RÉSEAUX - GALERIES MULTIRÉSEAUX

La nouvelle classification des techniques sans tranchée



Photo 17
Éclateurs
Pipe splitters

- l'éclatement pneumatique;
- l'éclatement hydraulique;
- l'éclatement statique;
- mange tube.

Toutefois, cette technique utilise des matériels et se différencie selon que la conduite est laissée ou non dans le sol.

La fusée, utilisée également en pose d'ouvrages neufs, éclate par percussion pneumatique à l'aide d'un cône d'éclatement dont le tractage est effectué à l'aide d'un treuil, le plus souvent à partir d'un puits d'accès. La conduite est donc laissée dans le sol.

L'**éclateur** est issu de l'évolution des fusées afin de permettre par refoulement latéral de la conduite ancienne et du sol, le passage d'une conduite nouvelle le plus souvent en plastique (photo 17).

Les matériels utilisés sont de forme conique munis d'appareil d'expansion latérale, qui peuvent être hydrauliques ou pneumatiques.

Le principe de ce matériel consiste à éclater la conduite défectueuse à l'aide d'une expansion latérale ou par un diamètre un peu plus important que la conduite à remplacer.

Les éclateurs sont soit tractés, poussés ou bien tractés et poussés en même temps. Ils « tirent » la nouvelle conduite mise en place à l'emplacement de l'ancienne. Cette technique permet de remplacer toutes natures de conduite, sauf le béton armé, dans des diamètres compris entre 100 mm et 900 mm.



Les matériaux sont très divers : acier, PRV (polyester résine verre), CRV (ciment résine verre), béton, béton de résine...

Dans certains ouvrages, seule la « cunette » est recouverte d'éléments préfabriqués.

Le tubage par tuyaux courts avec espace annulaire est utilisé dans le cas de grands ouvrages pour les mêmes raisons que celui évoqué ci-dessus pour les réseaux non visibles (accès difficile ou inexistant).

Les techniques de remplacement

Les techniques de remplacement sont au nombre de quatre :

Certains matériels nécessitent l'aménagement d'un puits de dimensions 1,00 ml par 1,00 ml (matériels hydrauliques).

L'encombrement est limité à un treuil sur le point de départ et le point d'arrivée (matériels pneumatiques). Les cadences sont de 50 ml par jour le plus couramment.

Cette technique peut utiliser des matériels de forage dirigé afin de tracter ou tirer les éléments du tubage le plus souvent en PEHD.

La tarière, est également utilisée en remplacement de conduites usagées.

À l'aide d'un forage pilote introduit dans l'ancienne canalisation, une vis sans fin recueille les éléments de la conduite qu'elle casse au passage tout en tractant un tubage continu ou des éléments courts selon la place en surface pour installer une fosse d'introduction.

La découpe de tuyaux de plomb consiste, après introduction d'une ligne de vie dans la conduite de faible diamètre (le plus souvent en plomb), à tirer une dent située à 12 heures qui sectionne la conduite en plomb en deux et un tube en plastique permettant de changer l'ouvrage par un matériau conforme à la législation.

Le microtunnelier peut être utilisé pour remplacer des conduites dégradées de même nature que celles citées ci-dessus avec un diamètre, toutefois, beaucoup plus important que pour l'éclateur.

En effet, le microtunnelier dénommé « mange tube » permet l'évacuation par marinage de l'ancienne canalisation et creuse le terrain encaissant au diamètre projeté.

Les machines sont celles citées plus haut mais équipées, sur la roue de coupe, de picots en nombre plus important.

Les performances peuvent être plus élevées qu'en installation d'un ouvrage neuf, compte tenu que le microtunnelier ne traverse que des matériaux de calage de l'ancienne canalisation posée en tranchée (de l'ordre de 20 ml/j).

Les connexions ou branchements sont, comme pour l'éclatement, isolés au préalable.

Le fonçage de tubes consiste à extraire une ancienne conduite après avoir foncé un tube métallique autour de la conduite à remplacer.

Le principe utilise le battage de tubes ouverts pour la pose de tubes métalliques.

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

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

Cette technique, peu employée, permet de poser les tubes aciers avec des cadences de plus de 100 ml/j.

L'extraction par traction de tiges consiste à poser des tiges dans la conduite en plomb de faible diamètre puis à bloquer les extrémités et tracter l'ensemble muni d'un nouveau tube en plastique pour remplacer le plomb.

L'extraction par accrochage repose sur l'adhérence de l'ancienne conduite par des « dents » rentrant dans le plomb et positionnées sur un câble bloqué en fin de tronçon (photo 18).

Ces dents sont actionnées lors du tirage de la conduite en plomb afin de répartir les efforts de traction et ne pas rompre ou plier l'ancienne conduite.

L'enlèvement étant réalisé, il suffit de tirer une nouvelle conduite en plastique.

Cette technique fait l'objet d'un brevet français.

■ Techniques de reconnaissance et d'auscultation

Pour la pose d'installations d'ouvrages neufs et pour le remplacement d'ouvrages existants, les travaux sans tranchée exigent, comme pour les travaux avec tranchée, des études préalables qui pour les méthodes dirigées ou non dirigées sont plus ou moins importantes mais indispensables.

Les ateliers de la FSTT ont établi un cahier technique (n° 1- Mai 1994) propres à ces techniques et intitulé : « Objectifs et moyens des études de sol pour les projets de microtunnels ».

Cet ouvrage inventorie en fonction des techniques sans tranchée, 13 essais géotechniques de laboratoire, six techniques de reconnaissances géotechniques (pressiomètre, carottage, essai SPT, CPT...) et 17 techniques de reconnaissances géophysiques (radar, électromagnétique, électrique, sismique réfraction...). Pour les ouvrages à réhabiliter, un cahier technique est disponible depuis 1997, dont le titre est : « Outils d'auscultation pour les ouvrages non visitables ».

Il fait état de 20 outils pour l'auscultation de la structure : sept pour l'intrados de la canalisation, neuf outils pour l'auscultation des aspects hydrauliques et quatre outils pour l'auscultation de l'encaissant.

■ Conclusion

Les techniques « sans tranchée » sont désormais connues et reconnues. Toutefois, elles ne doivent en aucun cas être considérées comme solutions alternatives aux solutions plus classiques de pose et de remplacement

Photo 18

Extraction de tuyaux de plomb par ancrage

Extraction of lead pipes by anchor block



de canalisations mais comme des outils fiables et maîtrisés, existants sur le marché national. À l'avenir, leur emploi devrait être plus commun, notamment, à la prise en compte des coûts induits et sociaux dans le cadre d'une comparaison plus globale de l'opération avec les techniques de pose en tranchées.

■ Bibliographie

- 1- Schlosser F., *Microtunnels : constructions d'ouvrages, Microtunnels : installations techniques*. Cahiers techniques de la FSTT- N° 3 de novembre 1994.
- 2- Atelier n° 7 de la FSTT, *Microtunnels*. Guide technique de la FSTT.
- 3- Legaz C., *Microtunnels, microtunneliers*. Document pour la formation des élèves ingénieurs de 3^e année de l'École universitaire des ingénieurs de Lille - Janvier 1993.
- 4- Flaxman E.W., *Trenchless Technology*. Actes du congrès de No Dig 1989, Londres, International Society for Trenchless Technology - 1989.
- 5- Legaz C., *Le choix d'un microtunnel et sa réalisation par microtunnelier*. Document pour la formation des élèves ingénieurs de 3^e année de l'École universitaire des ingénieurs de Lille - Février 1995.
- 6- Ateliers n° 2 et 3 de la FSTT, *Objectifs et moyens des études de sol pour les projets de microtunnels*. Cahiers techniques de la FSTT- N° 1 de mai 1994.
- 7- Atelier n° 8 de la FSTT, *Outils d'auscultation pour les canalisations non visitables*. Cahiers techniques de la FSTT - En cours d'impression.

RÉSEAUX - GALERIES MULTIRÉSEAUX

La nouvelle classification des techniques sans tranchée

▶ 8- Mermet M., Crosnier D., Legaz C., Audouin M., *Réalisation d'un collecteur à Bry-sur-Marne par la technique du microtunnelier*. Actes du congrès de l'Association française des travaux en souterrain - Lille, octobre 1990.

9- NANC.I.E., FSTT, District de l'Agglomération de Nancy, *Guide international pour l'auscultation et la réhabilitation des conduites*. Documentation en vente au NANC.I.E. - BP 290- 54515 Vandoeuvre Cedex - 1994.

10- Commission Réhabilitation de l'AGHTM, *Recueil de recommandations techniques applicables aux travaux de réhabilitation des réseaux d'assainissement*. TSM (Techniques Sciences et Méthodes) n° 9 bis, septembre 1991, n°s 7-8 d'août 1995 et n° 1 de janvier 1994. ■

ABSTRACT *The new classification of trenchless techniques*

Ch. Legaz

The techniques for trenchless work are numerous and highly varied. This article reviews the European classification currently being worked out. Reconnaissance techniques for installing new structures and structure monitoring techniques with a view to their rehabilitation by repair, renovation or replacement will also be dealt with.

RESUMEN ESPAÑOL *Nueva clasificación de las técnicas sin zanjas*

Ch. Legaz

Las técnicas de los trabajos sin zanjas son numerosos y sumamente variados. En este artículo se analiza la situación acerca de la clasificación europea actualmente en curso de elaboración. También se mencionan las técnicas de reconocimiento para el tendido de nuevas estructuras así como las técnicas de auscultación de estructuras con miras a su rehabilitación mediante reparación, renovación o reemplazo.

RÉSEAUX - GALERIES MULTIRÉSEAUX

Le franchissement du fleuve Elbe (Allemagne) : record du monde pour un forage dirigé de 2626 m

Jack Butterworth
Agent LMR Drilling
pour la France

LMR Drilling, spécialiste européen du forage dirigé, vient de réaliser le franchissement du fleuve Elbe, le plus long du monde à ce jour (2626 m) selon cette technique.

En sauvegardant les zones naturelles, cette performance ouvre aux maîtres d'ouvrage des perspectives nouvelles pour la pose de pipelines.

■ Un ouvrage complexe dans un environnement contraignant

L'usine chimique de Sasol, (Brünshüttel) devait être reliée à l'usine de Dow (Stade) par un pipeline d'éthylène de 55 km. Le fleuve Elbe qui coupait le tracé constituait l'obstacle majeur à franchir pour la réalisation de ce projet. La technique de forage dirigé sous le lit de la rivière a permis d'installer le pipeline, en prenant en compte plusieurs contraintes liées au projet. En premier lieu, il y avait obligation de réduire l'impact sur les zones de réserve naturelle bordant le fleuve entre les digues. Les points d'entrée et de sortie ayant donc été choisis à l'extérieur des digues, la conséquence en fut de porter la longueur du franchissement à 2626 m.

Ensuite, l'importance du trafic fluvial sur l'Elbe ne permettait pas de mettre en place des câbles de mesure et de guidage du forage.

De plus, l'existence de couches de galets sous les rives du fleuve constituait un aléa géologique important car ceux-ci compromettaient la stabilité du trou à forer.

Le 11 juillet 2005, le forage du premier trou pilote commençait côté nord. Le 29 juillet, le deuxième trou pilote commençait au sud. Le tirage fut terminé le 25 août. Le temps de forage net s'est élevé à six semaines. Pour minimiser la gêne de l'activité des foreuses sur l'environnement, le travail a été exécuté en deux postes et, bien entendu, sept jours par semaine ce qui est souvent nécessaire pour la réussite de ce type de travaux.

■ L'étude de faisabilité

La présence de couches souterraines de graviers et de galets de part et d'autre du fleuve justifiait la proposition de mettre en place des tubages de protection d'un diamètre de 48" (1200 mm) préalablement aux travaux de forage dirigé. La méthodologie globale élaborée consistait à :

- mobiliser, non pas une mais deux foreuses se faisant face de chaque côté du fleuve d'Elbe, l'une disposant d'une capacité de traction de 250 t et l'autre de 350 t ;
- forer deux tubages de protection de 48" soit 1200 mm de diamètre sur chaque rive ;
- initier un forage depuis la rive nord visant une zone située à une distance de 2000 m ;
- intercepter le premier par un second forage venu de la rive opposé au sud dans la zone projetée.

Dans la phase d'études d'exécution, LMR a affiné cette méthodologie générale en déterminant la meilleure solution technique pour parvenir à l'installation finale.



Photo 1
Déchargement
du rig de forage
Unloading
the drilling rig

■ L'étude de sols, une étape déterminante

En raison de la longueur importante du franchissement (2700 m environ) et sa profondeur (45 m), il était essentiel de disposer d'une étude de sols approfondie et fiable. Bien que les frais engagés pour cette étude représentent un coût élevé, cette étude aura été un élément indispensable pour garantir la réalisation du projet dans les règles de l'art. En particulier les carottages sous l'Elbe ont entraîné des dépenses supplémentaires mais totalement justifiées. En plus de cette campagne de sondages géotechniques, des essais en laboratoire et une étude géophysique ont été exécutés.

Il était dans l'intérêt de tous les acteurs que cette étude de sols de grande qualité soit mise à la disposition de LMR pour permettre à l'entreprise de trouver la solution optimale de construction.

■ Un marché aux risques partagés

La disponibilité d'un nombre considérable de renseignements sur les terrains, n'écartait pas totalement l'éven-

RÉSEAUX - GALERIES MULTIRÉSEAUX

Le franchissement du fleuve Elbe (Allemagne) : record du monde pour un forage dirigé de 2626 m

Photo 2

Positionnement des balises de guidage
Positioning the guide markers



Photos 3 et 4

Plate-forme et rig de forage nord
Northern drilling platform and rig



tualité d'un échec causée par la rencontre de conditions de sols défavorables compte tenu de la longueur de la traversée comme de la profondeur d'interception des forages. À ce titre, le contrat protégeait LMR Drilling contre ce risque pendant les premiers stades de l'opération de forage. Au-delà d'un certain point, l'entrepreneur toutefois a dû continuer les travaux à son propre risque, sur la base des conditions de terrain qui avaient été découvertes jusque-là. Ce n'était qu'à un stade ultérieur du déroulement du chantier que LMR Drilling pouvait, à nouveau prétendre à des dédommagements complémentaires. Cette compensation devant être évaluée en régie pour les jours de travaux supplémentaires avec toutefois une limite plafond au marché. Le forage pilote a été réalisé avec des barres de forage de 2 7/8-in., qui furent par la suite surforées (*washed over*) avec des barres de 6 5/8-in. Cette méthodologie alliée à un forage d'une qualité irréprochable a permis de maintenir des couples de torsion à des valeurs minimales. Des barres de forage très spéciales et très résistantes de 13 3/8-in. ont aussi été utilisées.

■ La « jonction dans le milieu », une performance à 40 m de profondeur

La qualité du forage pilote a permis d'atteindre les 2100 m depuis la foreuse nord, les barres de forage étant positionnées 100 m en retrait soit sur 2000 m de long. Le forage depuis la foreuse sud a été dirigé jusqu'à la zone de jonction. Les matériels de guidage ont permis de placer les têtes de forage à un écartement latéral de 4 m et une différence de niveau de 1 m. La différence angulaire entre les deux forages était inférieure à 1°. Le forage pilote sud a été alors rétracté vers l'arrière et redirigé de manière à intercepter le forage nord en attente, puis guidé avec succès jusqu'à pénétrer dans le tube de surforage en attente. Cette performance a été conduite à une profondeur de plus de 40 m et à 2 km de la foreuse installée sur la rive nord réalisant ainsi un forage continu de 2626 m de long sous le fleuve Elbe.

Cette jonction des deux trains de tiges de forage a été assistée par l'emploi de détecteurs situés dans les têtes de forage en combinaison avec un aimant supplémentaire à l'extrémité de l'un des deux trains de tiges. Ces détecteurs permettaient alors de déterminer la position de l'autre train de tiges à l'activation des aimants par une mise en rotation.

En outre, sur ce projet ont aussi été utilisées « des balises de référence », complétant ainsi le système le plus moderne Paratrack II. Les balises de référence agissent comme « des phares magnétiques » pour les détecteurs de mesure dans le train de tige pilote. Elles avaient été



Photo 5

Plate-forme et rig de forage sud
Southern drilling platform and rig

temporairement positionnées sur le lit du fleuve Elbe. Le trou pilote une fois achevé, le forage fut alésé jusqu'à un diamètre de 18" (450 mm) afin de tirer un pipeline de 14" (355 mm) de diamètre. Pendant ce processus, les deux foreuses ont été utilisées simultanément pour l'alésage et le pompage des fluides de forage. De cette manière, il a été possible d'éviter le transfert des boues par une conduite ou leur transport par voie routière. Les forces de poussée mesurées et les moments de torsion sont restés respectivement inférieurs à 500 kN et 50 kNm. Pour réduire le risque d'endommagement sur le bord du tubage au tirage côté sortie, un raccord tournant spécialement conçu en Hollande a été utilisé.

Le succès de ce projet, qui a fait reculer les limites du forage dirigé, ne fut possible qu'avec la coopération étroite de tous et une volonté commune d'en assumer le risque. Risque qui avait été réduit par une étude de sol exhaustive, certes coûteuse mais sûre. Le risque restant ayant été réparti équitablement entre tous les acteurs : le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre et l'entreprise. ■

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage

Société chimique Sasol

Études

Bureau d'études du Dr Kögler (étude de faisabilité)

Entreprises

- Vorwerk (entreprise principale)
- LMR Drilling (forage dirigé)

ABSTRACT Crossing the Elbe River (Germany) : world record for directional drilling, 2626 metres long

J. Butterworth

European directional drilling specialist LMR Drilling recently constructed the Elbe River crossing, the longest in the world to date (2626 m) by this technique.

By safeguarding natural areas, this performance opens up new prospects to contracting authorities for laying pipelines.

RESUMEN ESPAÑOL El franqueo del río Elbe (Alemania) : récord del mundo para una excavación dirigida de 2626 metros

J. Butterworth

LMR Drilling, especialista europeo de la perforación dirigida, acaba de ejecutar el franqueo del río Elbe, que es el más largo del mundo hasta la fecha (2626 metros) con arreglo a esta técnica.

Al permitir salvaguardar las zonas naturales, esta actuación abre a las empresas contratantes diversas nuevas perspectivas para el tendido de pipelines.

Les galeries multiréseaux

Le programme de recherche Clé de Sol vient de s'achever avec la publication aux éditions Techni.Cités d'un guide pratique sur les galeries multiréseaux. Ce document a été réalisé par une cinquantaine de spécialistes et apporte des réponses dans tous les domaines techniques, juridiques, socio-économiques, organisationnels et de sécurité. Il est destiné aux responsables politiques et aux ingénieurs et techniciens. Il trouve son application aux différentes étapes d'un projet (figure 1).

Dans les années et les décennies qui viennent, les réseaux poursuivront leur développement dans le sous-sol de nos villes. En effet les réseaux encore aériens seront enfouis, une demande toujours plus forte en haut-débit conduira à l'implantation de nouveaux câbles et l'ouverture à la concurrence des fournisseurs d'énergie et de fluides multipliera vraisemblablement les canalisations.

La construction et l'entretien de ces nouveaux réseaux placés sous les chaussées, et des anciens réseaux, auront pour conséquence des travaux toujours plus coûteux pour la collectivité et de plus en plus gênants pour les habitants, les riverains et les usagers. En outre la cohabitation plus ou moins bien maîtrisée de ces divers réseaux peut produire des dangers nouveaux du fait de leur proximité, car l'espace disponible sous les chaussées n'est pas extensible, notamment dans les centres anciens.

La prise de conscience de cet avenir inquiétant a conduit un groupe de responsables et d'experts à proposer une recherche appliquée sur le thème des galeries multiréseaux. En effet, ces ouvrages présentent de grands avantages face aux techniques classiques, mais force est de constater qu'il s'en crée peu dans notre pays. Pourquoi? Le sujet méritait d'être fouillé.

Après une étude de faisabilité réalisée en 1998 et dont le principe avait été décidé à l'issue d'un colloque à l'École nationale supérieure des Ponts et Chaussées en 1995, le sujet est devenu Projet National sous le pseudonyme de « Clé de Sol » en 1999.

Le travail de cinq années de recherche a conduit à la publication d'un guide, fin 2005. Ce document s'articule en trois parties, allant du général au particulier, de la simple idée à l'avant-projet, et s'adresse successivement aux élus, aux responsables techniques des villes (maîtres d'ouvrage) et aux bureaux d'études (maîtres d'œuvre). Le guide aborde toute la vie du projet et traite toutes les questions qui pourront se poser à un moment ou à un autre (cf. encadré « L'organisation du Projet National Clé de Sol »).

Le travail ainsi réalisé a produit un manuscrit de plus de 1000 pages que les éditeurs ont choisi de présenter en un document de 200 pages seulement (correspondant aux deux premiers chapitres et aux exemples). Il est complété par un CD-Rom où l'on trouvera le troisième chapitre destiné aux techniciens, aux économistes, aux juristes et aux financiers pour la réalisation de l'avant-projet. Des annexes telles que des bordereaux de prix ou des feuilles de calcul Excel pour les questions socio-économiques et financières complètent utilement l'ensemble (cf. encadré « Les avantages des galeries multiréseaux »).



Figure 1

Le guide clé de Sol
The "Clé de Sol" guide

L'organisation du Projet National Clé de Sol

Les pilotes du projet ont organisé ce programme de recherche à partir de deux idées fortes.

La question, très complexe, a été divisée en parties plus petites, et ainsi plus faciles à résoudre : c'est pour cette raison que le Projet National s'est appuyé sur cinq groupes thématiques composés chacun d'une dizaine de spécialistes dans le domaine.

- les règles de l'art, ou comment construire une galerie et quels réseaux y inclure;
- la cindynique (la science des dangers), ou comment rendre une galerie sûre et réagir correctement aux situations critiques;
- la gestion, ou qui organise la vie commune dans la galerie et comment;
- la socio-économie, ou comment comparer diverses solutions concurrentes ayant des coûts et des avantages diversement répartis dans le temps;
- le partenariat, ou l'organisation juridique et les montages financiers entre les acteurs du projet de galerie.

De plus Clé de Sol a voulu rester près des réalités. Pour cela il a su attirer des praticiens de collectivités locales prêts à partager leurs expériences, afin d'enrichir les réflexions du Projet National, et à apporter des questions concrètes. En France, ce sont les villes de Besançon, Grenoble, Lyon, Paris (le réseau haussmannien, la ZAC Paris-Rive Gauche), Rennes et l'Établissement public de la Défense (communes de Puteaux, Courbevoie et Nanterre) qui ont collaboré à Clé de Sol. D'autres échanges ont eu lieu avec quelques villes étrangères telles que Bruxelles, Brno (République Tchèque), Genève, Helsinki (Finlande), Monaco.

Photo 1

Grenoble - L'Arlequin
Grenoble - L'Arlequin



– Le guide Clé de Sol

Antoine Leroux
Chargé d'études
Certu

■ Les galeries multiréseaux, ça existe et ça marche !

Les galeries existent dans les villes depuis très longtemps. Sans remonter à l'Antiquité, ce type d'équipement s'est beaucoup développé à partir du milieu du XIX^e siècle, notamment à Paris sous l'impulsion du baron Haussmann. Ces galeries en maçonnerie de forme ovoïde avaient d'abord été conçues pour évacuer les eaux usées. Très vite elles ont été utilisées pour acheminer l'eau potable, puis au fur et à mesure du développement technique, les réseaux secs tels que l'électricité, le téléphone et d'autres dont certains disparaissent depuis, comme le réseau pneumatique.

Mais il serait très inexact de penser que les galeries se limitent à ces grands aménagements anciens.

Après la dernière guerre, lors de la reconstruction, quelques villes telles que Tours, ont pu saisir l'opportunité de se doter de galeries. C'est un peu plus tard, à l'époque des ZUP, que l'on a pu voir des réalisations plus nombreuses dans des quartiers neufs.

Grenoble a développé un réseau de 1300 m de galeries dont la particularité est d'être placées dans les caves des immeubles. Les galeries contiennent la majorité des réseaux y compris de l'électricité MT et un réseau d'évacuation des ordures ménagères par aspiration (photo 1). L'exemple de Besançon est très intéressant. Il s'agit d'une ville moyenne qui a choisi ce mode de desserte lors de la création de l'importante ZUP de Planoise en 1965. Aujourd'hui, 12 km de galeries desservent ce quartier qui ne cesse de s'étendre. La réalisation en site vierge a facilité un mode de construction originale et peu onéreuse en tranchée avec des coffrages adaptés. La galerie a été un des choix initiaux de l'urbanisme, ce qui a permis de réduire considérablement les coûts



Photo 2
Rennes - Le Colombier
Rennes - Le Colombier

de l'habitable. Le chauffage urbain, alors à ses débuts, a joué un rôle décisif au profit de l'option « galerie ». Les galeries de Planoise ont montré leur intérêt lors de la création du réseau câblé qui a pu se mettre en place très rapidement et à moindre coût. On note enfin la simplicité des équipements de cette galerie et notamment l'assainissement eaux usées en cunette (cf. article suivant).

La ville de Rennes a réalisé une opération d'urbanisme sur dalle en 1970 dans le quartier du Colombier. La galerie, d'une longueur de 1500 m présente la particularité d'être adossée à un parking sous-terrain, ce qui a permis une économie de génie civil (photo 2).

La ville de Lyon dispose de plusieurs galeries. Dans le quartier de Gerland, une courte galerie de 250 m dans une opération de ZAC a été réalisée en 1985. Un peu comme à Rennes, la galerie située sous les trottoirs utilise une paroi commune avec les caves des immeubles. Le quartier de La Part Dieu, réalisé à partir de 1975, comporte 630 m de galeries qui abritent principalement des réseaux de transport d'eau chaude, d'eau froide et d'assainissement (photos 3 et 4).



Les avantages des galeries multiréseaux

Les avantages de ces galeries sont nombreux et souvent connus. Il est bon cependant de les rappeler.

- Éviter les travaux sous chaussées, et les tranchées
- Faciliter la gestion des déchets de chantier
- Économiser des matériaux de remblaiement
- Supprimer les inconvénients des chantiers tels que dangers, bruits, perte de temps
- Éliminer les risques d'arrachages accidentels de câbles
- Optimiser l'entretien des réseaux
- Réduire les pannes, les fuites... et dépenses qui en découlent
- Faciliter le remplacement de réseaux anciens ou la création de nouveaux réseaux
- Économiser l'espace sous-terrain

Photo 3
Lyon - Gerland
Lyon - Gerland



Photo 4
Lyon - Part Dieu
Lyon - Part Dieu

RÉSEAUX - GALERIES MULTIRÉSEAUX

Les galeries multiréseaux – Le guide Clé de Sol



Un autre exemple fameux est celui de La Défense où s'est développé depuis 1960 un réseau d'environ 10 km de galeries sous dalles. La gestion de la galerie est encore aujourd'hui assurée par l'ÉPAD, qui dispose d'un poste de contrôle opérationnel fonctionnant 24 heures sur 24, assurant la surveillance et la gestion des galeries mais aussi des parkings, des voies et de l'ensemble de la sécurité du quartier. La disparition programmée de l'ÉPAD au profit des communes sur les territoires desquelles se trouve ce quartier conduit actuellement à des réflexions sur le transfert de cet équipement, par nature indivisible (photo 5).



Photo 5

Paris - La Défense

Paris - La Défense

Les recherches de Clé de Sol nous ont aussi menés à l'étranger où l'on trouve de nombreux exemples qui révèlent des typologies diversifiées.

Compte tenu de ses contraintes de topographie et de densité, la Principauté de Monaco met en place une politique de plus en plus précise et stricte de gestion de l'espace public qui l'amène à de plus en plus de création de galeries. Des quartiers sont gagnés sur la mer grâce à des

enrochements et des remblaiements comme par exemple le quartier de Fontvieille réalisé dans ces conditions depuis 1975. Les galeries, d'une longueur de 4600 m ont été réalisées avant remblai définitif et la paroi supérieure de l'habitable sert de fondation à la chaussée. La dimension des ouvrages est très large ce qui permet d'accueillir la plupart des réseaux dans de bonnes conditions de confort. La mise à disposition de l'habitable est gratuite pour les gestionnaires de réseaux, mais elle est obligatoire. Les équipements de sécurité sont simples : par exemple, la galerie n'est pas éclairée.

Depuis les années 70, la ville de Brno (République Tchèque) développe un réseau de galerie qui fait aujourd'hui 17 km. On y trouve la plupart des réseaux dont le chauffage urbain et les câbles nécessaires au fonctionnement du tramway. Les galeries se sont développées d'abord en primaire pour les réseaux de transport, puis en secondaire pour les réseaux de distribution, notamment dans les quartiers historiques où leur intérêt est particulièrement justifié. Compte tenu de la nature des terrains et de la topographie du site, les galeries sont souvent réalisées par un tunnelier. Dans cette ville, la gestion a été confiée à une entreprise spécialisée créée pour l'occasion.

La ville de Bruxelles nous donne un exemple de galeries qui se sont développées à partir de 1973 autour de l'opérateur historique des télécommunications, d'a-



Photo 6

Genève - Les rues basses

Geneva - The "rues basses"

bord pour ses besoins propres. Aujourd'hui Belgacom gère plus de 10 km d'un ensemble de galeries qui ne cesse de se développer et qui reçoit principalement des réseaux filaires et des canalisations de petits diamètres. Le cas d'Helsinki est spectaculaire. La capitale de la Finlande a construit depuis les années 60 un réseau de galeries primaires très profondes et de grandes dimensions; elles abritaient à l'origine des canalisations de transport d'eau potable et de chauffage urbain. Aujourd'hui l'agglomération possède un réseau bien maillé de plus de 150 km de galeries de transport et de distribution.

On terminera ce rapide tour d'horizon par l'exemple de Genève dont le centre-ville abrite une galerie de 850 m, réalisée entre 1985 et 1990 à l'occasion de la rénovation d'une ligne de tramway. La galerie, qui comporte deux cellules, reçoit la plupart des réseaux y compris du transport d'eau potable et d'électricité MT et HT. Dans ce cas c'est la société municipale de distribution électrique qui gère la galerie (photo 6).

Ces quelques exemples montrent la diversité des galeries que l'on peut rencontrer en France ou à l'étranger. Certaines développent des linéaires importants, d'autre sont d'une longueur plus modeste; la plupart d'entre elles n'abritent que des réseaux de distribution, mais quelques-unes reçoivent des réseaux de transport; on les trouve dans des très grosses agglomérations mais aussi des villes moyennes... Et on constate surtout que dans cette diversité, la technique des galeries n'a jamais cessé d'être utilisée; et elle reste d'autant plus d'actualité que l'espace disponible dans nos villes se restreint et que les besoins en énergie, en fluides et en information continuent de se développer.

■ Les points essentiels

Les réseaux et leur enveloppe

La première question qui se pose quand on parle de galerie est de savoir quels réseaux il est possible d'admettre dans l'habitable.

Les canalisations notamment pluviales posent d'emblée le problème de leur dimension quelquefois importante et de la nécessité de respecter une pente pour assurer l'écoulement gravitaire. Ces contraintes sont en général faciles à intégrer dans le projet. Mais si ce n'est pas le cas, le guide indique les méthodes à suivre qui peuvent aller des exclusions ponctuelles du réseau pluvial jusqu'à une exclusion systématique lorsque le surcoût engendré par le maintien en galerie fait chuter la rentabilité de celle-ci.

Le réseau de gaz a été souvent écarté des galeries pour de « prétendues » raisons de sécurité. En réalité cette exclusion tient plus du réflexe de peur qu'à un risque réel. Aucune raison objective ni réglementaire n'empêche la mise en place en galerie d'un réseau de gaz. Au contraire, la galerie apporte incontestablement de nombreux avantages puisque l'on peut ainsi mieux surveiller, détecter d'éventuelles fuites, entretenir et réparer les canalisations, etc.

Clé de Sol est formel : tous les réseaux sont éligibles à condition de chercher à chaque fois comment les accepter dans les conditions les plus sûres pour tous et

pour leur environnement. Il faut à cette fin établir un dialogue le plus tôt possible avec tous les opérateurs de réseaux afin de choisir ensemble le profil à retenir et les dispositions relatives de chaque canalisation ou câble. Le guide indique les distances minima à respecter pour assurer la sécurité entre les réseaux. Il propose une méthode pour établir le profil de la galerie. Sans vouloir dimensionner de manière trop large, il faut tenir compte cependant des contraintes pour les branchements ultérieurs et les raccordements tout en assurant le déplacement du personnel dans des conditions normales de confort et de sécurité (figure 2).

La galerie peut prendre toutes les formes possibles : souvent rectangulaire, elle peut être également trapézoïdale, ovoïde ou circulaire. Le matériau est généralement le béton, armé ou non, préfabriqué ou coulé en place ; l'acier peut convenir dans certains cas. Il ne faut pas négliger les possibilités qu'offrent des ouvrages existant, soit par leurs volumes disponibles (ouvrages d'art, caves), soit par l'utilisation d'une paroi commune en limite de bâtiment, de caves, de parking.

La sécurité

La question de la sécurité est une des préoccupations qui surgit spontanément lorsque l'on évoque l'idée d'une galerie. À l'inverse, il est curieux et paradoxal de constater que le public et même les techniciens se posent fort peu de questions sur la sécurité des réseaux enterrés. On trouve là un exemple de la confusion qu'il peut exister entre « peur » et « danger ». On trouvera dans le guide des éléments pour repérer les risques réels, les prévenir et agir avec perspicacité quand survient un événement redouté. Des méthodes d'analyse spécifiques sont développées sur ces sujets. On pourra également comparer les risques de la situation en galerie avec ceux de la situation en réseaux enfouis.

Il faudra organiser l'espace en tenant compte des distances entre réseaux et des interactions entre ces réseaux. Il est surtout essentiel de mettre en place les procédures organisationnelles pour garantir dans le temps une sécurité maximale dans un espace où plusieurs opérateurs auront à intervenir.

Un réseau placé dans une galerie est plus facile à surveiller et à entretenir que s'il est enfoui dans des conditions qu'on ne connaît pas toujours très bien. Par ailleurs les réseaux sont mieux protégés de leurs environnements en galerie qu'en pleine terre. Cela étant, le milieu confiné de la galerie et la densité des réseaux peuvent y rendre les conséquences d'un incident beaucoup plus graves qu'en pleine terre (photo 7).

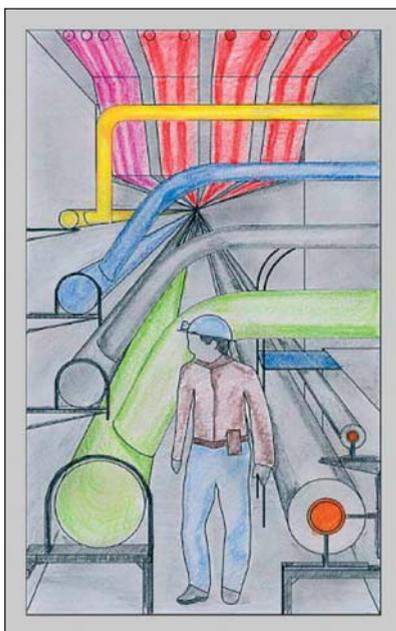


Photo 7
Nanterre - Les Trois Fontanot
Nanterre - "Trois Fontanot"

Figure 2

Les branchements

Connections



RÉSEAUX - GALERIES MULTIRÉSEAUX

Les galeries multiréseaux – Le guide Clé de Sol



Les occasions favorables

Le guide évoque les « occasions favorables » à la réalisation d'une galerie : ce sont des cas engendrés par une première pose simultanée de réseaux divers ou par des déplacements simultanés de réseaux existants. Pour caractériser ces occasions, le guide parle "d'opérations principales".

C'est un élément de droit français qui réduit les possibilités de galeries à ces occasions. En effet, un maire ne peut pas juridiquement contraindre un opérateur à

entrer dans une galerie, même proche de travaux importants que cet opérateur envisage en voirie. Cet élément de droit empêche donc une commune, non de proposer l'entrée dans une galerie préexistante à un opérateur, mais de lui faire payer le prix normal des avantages qu'il en retire.

Dans les « occasions favorables », le droit n'est pas différent mais la coordination obligatoire des poses ou des déplacements de réseaux place la commune dans une position bien plus favorable.

Les principaux types de travaux qui peuvent donner l'occasion d'une galerie sont les suivants :

- les opérations d'urbanisation nouvelles ou de rénovation ;
- la requalification d'espaces publics, notamment les centres-villes historiques ;
- la création d'infrastructures de transport collectif.

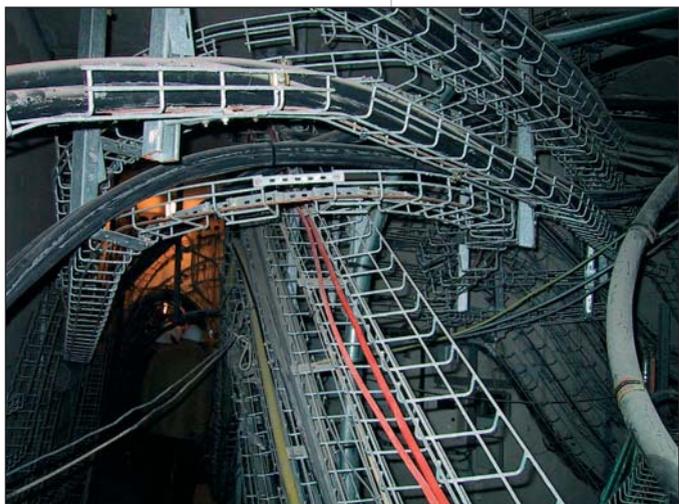


Photo 8

Paris - La Villette

Paris - La Villette

Le bilan actualisé

La méthode préconisée par Clé de Sol est très classique pour les projets de transports et de production d'énergie. Elle consiste à chiffrer pour chaque année sur la durée de vie estimée, les différences de « dépenses » monétaires et non monétaires attendues dans les deux situations comparées, exactement comparables quant aux services rendus. Cette chronique est ensuite actualisée avec la méthode définie par les services de l'ancien Commissariat au Plan. Cette méthode, a fortement évolué en janvier 2005 sous la poussée des comparaisons européennes et des enjeux à très long terme, tels que le changement climatique et le coût croissant de l'énergie. Elle est décrite dans le guide. Le taux d'actualisation est descendu de 8 % à 4 %, mais les projets doivent être "dépouillés" de tout risque économique, et en particulier tenir compte de l'évolution des prix à long terme des matières premières et de l'énergie. Cette méthode appliquée aux transports sera sans doute plus restrictive qu'actuellement car ils sont fort sensibles aux coûts de l'énergie leur vie durant. En revanche pour les galeries, elle est sans doute très favorable car les coûts d'exploitation et de gestion sont faibles comparés à l'investissement initial et peu sensibles aux coûts des matières premières et de l'énergie...

La gestion et le gestionnaire

L'importance du gestionnaire-exploitant est mise en évidence par Clé de Sol, notamment à la lumière de l'expérience de certains « chantiers ». Cet acteur a un rôle important à jouer, entre le maître d'ouvrage de la galerie et les opérateurs de réseaux. Rien ne s'oppose à ce qu'il soit l'un de ceux-ci, mais ses responsabilités et sa mission doivent être clairement définies en tant que telles, et le plus tôt possible dès la mise au point du projet et la conception de la galerie.

Le guide insiste sur le fait qu'il n'est pas souhaitable que ce rôle soit confié au maître d'ouvrage de l'opération principale. En effet, celui-ci ne peut pas considérer la galerie comme sa préoccupation majeure. Ensuite, il sera amené à disparaître à terme plus ou moins lointain, et à ce moment se produira un changement dû, non à l'intérêt de la galerie mais à un fait extérieur. Enfin, la gestion de la plupart des galeries prévisibles en France avant longtemps demandera essentiellement des « temps partiels ». Le bon gestionnaire sera donc un gestionnaire déjà chargé de missions similaires : gestionnaire de parkings, opérateur de réseau occupant accepté par les autres, sont des options possibles.

Tout concourt donc à retenir au départ une candidature capable de pérennité et bien adaptée à la réalité pratique et financière d'une galerie.

Le rôle du gestionnaire-exploitant est double. D'une part, il assure la gestion administrative et financière. Il devra suivre les documents contractuels qui lient le maître d'ouvrage de la galerie et les divers utilisateurs. Il assure les comptes et recouvre notamment les loyers d'occupation de la galerie ainsi que le montant des charges communes (photo 8).

Sa seconde mission est l'exploitation quotidienne de l'ouvrage, la surveillance, le nettoyage, le contrôle des entrées, la maintenance des systèmes de sécurité... Pour cela il dispose entre autres, du règlement intérieur. Il doit continuellement rappeler aux occupants que "la sécurité est l'affaire de tous" et agir dans ce sens.

Le planning

Dans l'état actuel du droit, la galerie se trouve généralement conditionnée par une « opération principale » et accolée à celle-ci. Le planning devient dès lors un élément essentiel de compatibilité entre l'opération principale et elle. On a constaté d'ailleurs que des projets de galeries rentables n'ont pas pu aboutir pour de simples questions de planning, car les décisions les concernant ont été prises trop tard.

Clé de Sol le montre clairement : il faut engager les réflexions le plus tôt possible dès que l'environnement

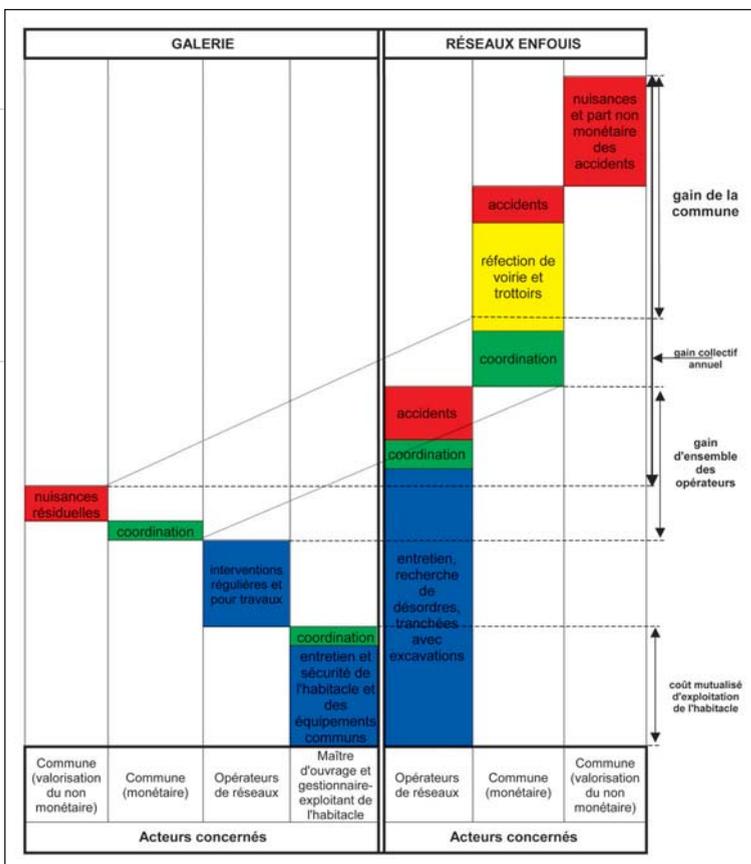


Figure 3
 Comparaison des coûts de fonctionnement
Comparison of operating costs

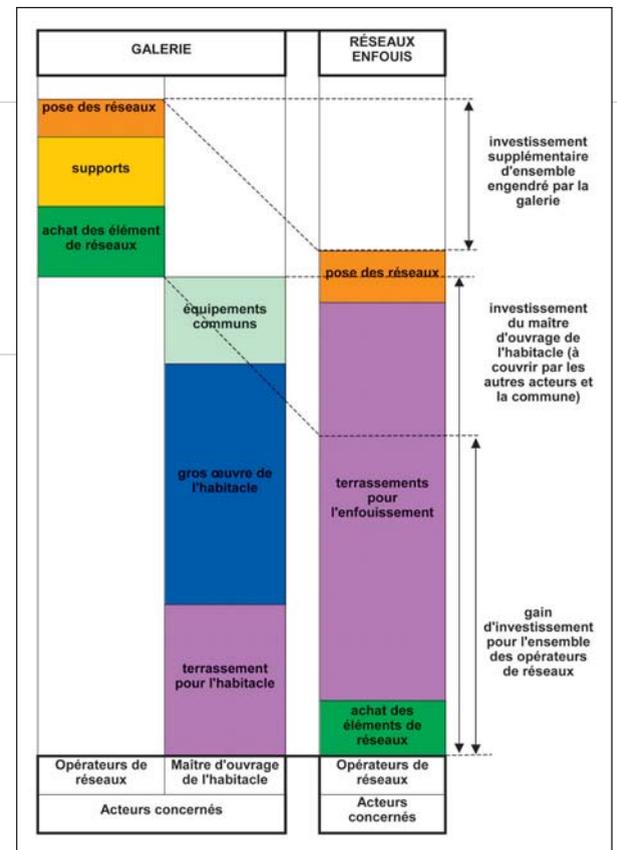


Figure 4
 Comparaison des coûts d'investissement
Comparison of capital costs

semble favorable à l'idée d'une galerie. On lancera alors sans délai des études préliminaires qui permettront rapidement de rassembler les éléments nécessaires pour vérifier si l'idée mérite d'être approfondie (étude de niveau esquisse dont Clé de Sol estime la durée à 6 mois).

Il est de la responsabilité du maître d'ouvrage des travaux de voirie (en général la commune, donc le maire et son conseil municipal) d'engager ce travail. Il est le seul à disposer de la vue globale de l'intérêt collectif. Par ailleurs, sauf cas exceptionnels, aucun des opérateurs n'aura un intérêt tel à l'opération qu'il s'y lance seul.

Il faut aussi insister sur le fait que cette étude d'opportunité n'est un engagement pour personne : elle dira s'il vaut ou non la peine d'engager des études et des négociations coûteuses. C'est le résultat de l'analyse de l'avant-projet qui conduira à faire le meilleur choix entre galerie et pleine terre.

Les études préalables pour préparer les décisions quant à la maîtrise d'ouvrage, aux montages juridico-financiers et aux choix techniques seront alors menées dans un délai estimé à un an pour conduire à la décision de lancer l'avant-projet.

Ces délais entrent, sans difficulté, dans les plannings de tous les types d'opérations principales, pour peu que l'étude d'opportunité soit lancée suffisamment en amont, donc sans attendre que l'opération principale soit entièrement définie.

Le coût de la galerie et son financement

Le coût des galeries est souvent présenté comme un argument décisif contre ce nouveau type d'équipement. Or, comme pour tout investissement, il faut parler "rentabilité" et non "coût". Il ne faut défendre et

réaliser que les projets rentables, et écarter ceux qui ne le sont pas. Pour connaître cette rentabilité, il faut comparer deux situations exactement comparables en services rendus et dans la durée : celle qui comporte le projet de galerie et sa meilleure concurrente (généralement celle qui utilise l'enfouissement classique) (figures 3 et 4).

Au départ la construction d'une galerie est plus coûteuse. Les raisons principales sont le coût de l'habitable, les supports et les équipements de sécurité. Mais lorsqu'on examine les dépenses de fonctionnement sur les années suivantes, apparaissent des économies importantes sur l'entretien des réseaux, les tranchées et les réfections de voirie, la coordination, les accidents, etc. On doit prendre également en compte les avantages non monétaires tels que le temps perdu, les consommations de carburants, les nuisances, etc. Alors le bilan actualisé de la différence entre la situation de projet et situation de référence devient très souvent positif, ce qui montre, au-delà de l'intérêt écologique évident de ce type d'équipement, son intérêt économique justifiant l'endettement. Toutefois, chaque projet est particulier et le calcul doit être fait dans chaque cas (cf. encadré « Le bilan actualisé »).

L'avantage de ce calcul n'est pas que théorique : il fournit la clé du financement entre les différents acteurs.

Le montage juridico-financier du projet

Le guide Clé de Sol donne, à partir de l'analyse socio-économique, la méthode pour répartir le bénéfice actualisé entre les bénéficiaires de la galerie, le maître d'ouvrage de l'habitable et les opérateurs de réseaux, de telle sorte que chacun fasse une opération de même rentabilité que les autres et que l'ensemble. C'est ainsi qu'est

RÉSEAUX - GALERIES MULTIRÉSEAUX

Les galeries multiréseaux – Le guide Clé de Sol

► déterminée pratiquement la contribution financière de chacun à l'habitable (cf. encadré « L'importance du droit »).

Aucun coût ou partie de coût de la galerie ne viendra charger le bilan de l'opération principale. Son maître d'ouvrage doit cependant accepter d'apporter à l'opération « galerie » le montant qu'il prévoyait pour les travaux de réseaux posés ou déplacés en pleine terre. La galerie est donc totalement neutre pour lui.

La détermination du maître d'ouvrage de l'habitable est une question essentielle. On peut cependant retenir schématiquement qu'il n'en existe que deux dans la pratique. Soit la commune elle-même : c'est la formule qui convient le mieux pour les projets modestes. Pour les projets importants la commune pourra désigner un tiers privé. Le contrat de partenariat public-privé créé en juin 2004 est particulièrement bien adapté à ce type d'investissement.

Bien entendu, encore une fois, ces formules ne conviennent que pour des projets rentables en termes socio-économiques.

Les occupants de l'habitable doivent eux-mêmes traiter de leur occupation avec le maître d'ouvrage de celui-ci, tant pour les dépenses mutualisées de la vie courante que pour leur participation à l'investissement initial. Des contrats types sont proposés dans le guide. Enfin, des tableaux financiers permettent de tester les montages envisagés, selon les règles comptables.

■ Conclusion

Le groupe Clé de Sol propose les résultats de ses recherches dans le *Guide pratique des galeries multiréseaux* disponible depuis un an environ aux éditions Techni.Cités.

L'originalité de ce travail réside sans aucun doute dans le fait que tous les aspects du problème ont été posés et traités par une équipe pluridisciplinaire qui regroupait des spécialistes dans les différents domaines abordés. Ce travail transversal a finalement été payant et a permis d'aboutir à un guide qui apporte des réponses pratiques pour tous les praticiens concernés. Certes, des obstacles demeurent, notamment dans le domaine juridique, mais les pistes d'amélioration sont tracées.

La maîtrise des délais est essentielle et c'est en actionnant ce levier que les projets pourront aboutir.

Mais il faut aussi espérer voir les habitudes progressivement changer afin que l'hypothèse galerie soit systématiquement examinée.

Le guide apportera une aide réelle afin que de nouveaux projets puissent voir le jour au grand profit de l'économie, de la sécurité et des conditions de vie urbaines. ■

ABSTRACT

Multiple-network galleries – The "Clé de Sol" guide

A. Leroux

The Clé de Sol research programme was recently completed with the publication by the publisher Techni.Cités of a practical guide to multiple-network galleries. This document, produced by about fifty specialists, provides answers in all areas, technical, legal, socio-economic, organisational and safety. It is designed for political authorities, engineers and technicians. It can be applied during the various stages of a project.

RESUMEN ESPAÑOL

Galerías multiredes – El manual "Clé de Sol"

A. Leroux

El programa de investigación "Clé de Sol" acaba de finalizarse con la publicación en las ediciones Techni.Cités de un manual práctico relativo a las galerías multiredes. Este documento fue realizado mediante unos cincuenta especialistas y aporta diversas respuestas en todos los ámbitos técnicos, jurídicos, socio-económicos, organizacionales y de seguridad. Este manual está destinado a los responsables políticos e ingenieros y técnicos. Su aplicación tiene uso en las distintas etapas de un proyecto.

L'importance du droit

Le Guide Clé de Sol comporte un important chapitre relatif au droit. Un travail inédit a été effectué pour rechercher et analyser tous les textes qui pouvaient avoir rapport avec les galeries multiréseaux : les droits du domaine public, des ouvrages souterrains, des réseaux de services publics, des collectivités territoriales, des contractualisations entre une personne publique et des personnes privées, de la maîtrise d'ouvrage publique, etc. Le Guide sera donc utile non seulement pour réaliser des galeries multiréseaux mais aussi pour disposer d'une vue d'ensemble des textes applicables aux situations en pleine terre.

RÉSEAUX - GALERIES MULTIRÉSEAUX

Galeries multiréseaux : l'expérience de Besançon

Laurent Coty
Direction
de l'Assainissement
Ville de Besançon

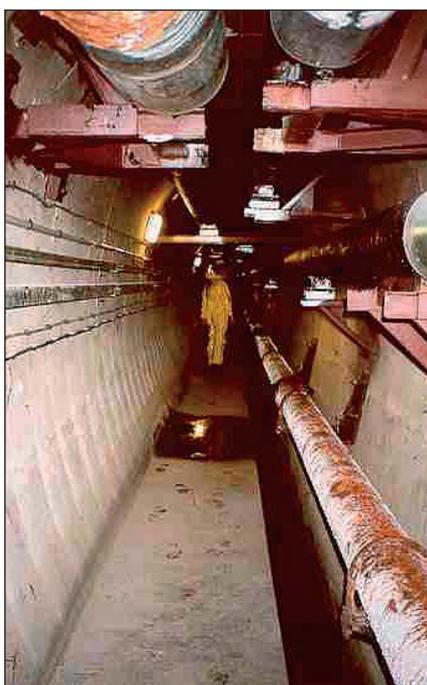


Photo 1
Galerie multiréseaux rue de Picardie
*Multiple-network gallery
on Rue de Picardie*

À la fin des années 50 et au début des années 60, Besançon connaît une très forte hausse démographique. Pour répondre à la demande de logements, la décision est prise d'aménager sous forme de ZUP une zone encore vierge à l'ouest de Besançon, Planoise.

Le choix du chauffage urbain pour le nouveau quartier entraîne la construction d'une usine d'incinération. Mais ce choix aura également une conséquence moins attendue pour l'aménagement du sous-sol de ce secteur.

En effet, l'installation du réseau de transport et de distribution du chauffage était initialement prévue en caniveau technique, caniveau qui devait rester ouvert en attendant la pose des canalisations d'eau chaude surpressée. Les réseaux des autres occupants du sous-sol auraient alors été traditionnellement posés en pleine terre. Mais une entreprise proposa une variante en galerie multiréseaux, permettant d'une part, de regrouper l'ensemble des réseaux dans un même habitacle et d'autre part, de refermer les fouilles dès la fin de la phase « génie civil », ainsi qu'on la dénomme souvent. L'avantage en termes de temps gagné et d'organisation pour les réalisations de bâtiments était très important et la proposition fut retenue. En outre cette décision fut prise assez tôt pour que l'urbanisme de la ZUP tienne compte des implantations optimales des galeries.

Dès 1965 la construction des galeries multiréseaux de Planoise commença sous la forme que l'on connaît encore aujourd'hui (photo 1).

Les aménagements se sont ensuite enchaînés avec la ZAC Planoise en 1978, la ZAC Lafayette en 1991 et plus récemment, à partir de 2002, la ZAC des Hauts du Chazal. Dorénavant, une surface d'environ 250 ha est desservie par un linéaire de l'ordre de 12 km de galeries multiréseaux (photo 2).

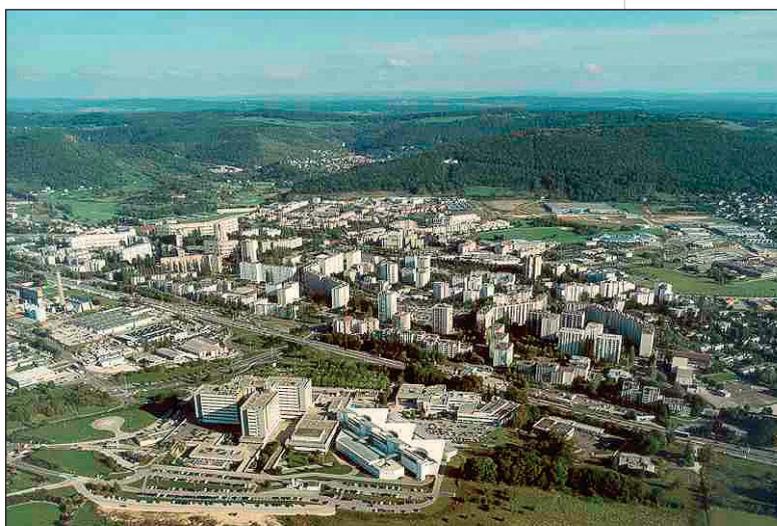


Photo 2
Vue aérienne
du quartier
de Planoise
*Aerial view
of the Planoise
district*



Photo 3
Construction galerie
multiréseaux
ZAC des Hauts
du Chazal
*Construction
of a multiple-network
gallery for the Hauts
du Chazal "ZAC" (mixed
development zone)*

■ Mode de construction

Le mode de construction est simple (photo 3) : double coffrage glissant, une partie pour le radier, l'autre pour les piliers et la voûte dont la mise en place est décalée dans le temps. La longueur de chaque partie de ce coffrage double est de 6 m. La forme ovoïde permet de



ne pas ferrailler l'habitacle : seuls quelques fers couturent la liaison radier/piédroits.

■ Les réseaux

Les réseaux présents dans les galeries sont les suivants :

- chauffage : (180 °C; 20 bars) en partie supérieure de l'habitacle, diamètre 200 mm HP en aller-retour;
- EDF : pose sur chemin de câbles fermé pour la moyenne tension (20000 V) et ouvert pour la basse tension;
- eau : canalisations en fonte de 100 à 300 mm de diamètre posées sur consoles tous les trois mètres;
- télécommunications : câbles sur chemin de câbles ouverts;
- assainissement : réseau unitaire, cunette en béton incluse à la construction de l'habitacle. Écoulement gravitaire, pente moyenne 3 %;
- réseaux dits « jeunes » :
 - > 1989 : télévision câblée, pose d'un ou plusieurs câbles (fixation chevilles & colliers en plastique),
 - > 1995 : réseau Lumière (fibres optiques haut débit), pose identique à celle de la télévision câblée.

■ Besançon et Clé de Sol

Lorsque le Projet National Clé de Sol a été connu par elle, la Ville de Besançon s'est déclarée intéressée. Elle a reçu le statut de « chantier » au sein de ce PN et a largement contribué à sa réussite : elle apportait en effet, une réalisation en vraie grandeur susceptible d'être étudiée sous tous ses aspects.

Deux d'entre eux ont particulièrement retenu l'attention des responsables de Clé de Sol : la réalisation de Besançon permettait une analyse socio-économique sur la base de prix réellement pratiqués. Il était possible de se poser la question : « Si la décision devait être prise aujourd'hui, faudrait-il la prendre ? ». Le travail qui a été entrepris par Clé de Sol sur Besançon a été le premier du genre et il a servi de « brouillon perfectionné » à Lyon et surtout à Grenoble (c'est le modèle de Grenoble qui figure dans les annexes du Guide Clé de Sol).

Un autre aspect intéressait particulièrement Clé de Sol, la gestion et l'exploitation. Dès l'origine, la gestion et l'exploitation des galeries multiréseaux de Planoise avaient été confiées au Service Assainissement de la Ville de Besançon qui disposait donc d'une grande expérience et de chroniques de coûts observés.

Et parmi les questions de gestion et d'exploitation, celle de la sécurité est rapidement apparue comme la plus importante de toutes. Pour qu'elle soit prise en compte dès l'investissement, les retours d'expérience

sont indispensables. La Ville de Besançon a joué un rôle important, non isolée certes car d'autres exploitations existent en France et à l'étranger, dans les préconisations de Clé de Sol en matière d'exploitation-gestion et de sécurité. L'auteur de ces lignes a écrit l'essentiel du chapitre Gestion Exploitation.

■ Conclusion

Bien que la Ville de Besançon ait construit et exploité des galeries multiréseaux depuis plus de quarante ans, elle a elle-même beaucoup appris de Clé de Sol. Les idées sur des questions qu'elle connaît bien par expérience se sont mieux formalisées. Mais surtout elle a abordé pour la première fois, et nul doute que cela aura des conséquences sur l'avenir, la question de l'analyse de projet et celle du montage financier.

En effet, jusqu'ici les habitacles des galeries ont été assumés financièrement par la Ville. Clé de Sol lui a apporté la méthode pour aller plus loin en évitant les questions classiques d'endettement engendrées par la prise en charge directe de l'habitacle : participations des occupants et certaines formes de montages le permettent.

Tout cela se fera au plus grand profit du développement durable dans sa définition la plus complète qui associe l'économique, le social et l'environnement. ■