

La revue technique des Travaux Publics

Travaux

n°857
Novembre 2008

Réseaux

RÉSEAUX

- **Villes et réseaux :**
vers l'inextricable ?
- **Galeries multiréseaux -**
L'expérience de Prague
- **Innovations et**
nouveau : No Dig 2008
- **Très haut débit**
résidentiel : un chantier
pour les vingt prochaines
années
- **L'intercepteur Est de**
Montpellier - Lot n° 3
- **Le projet**
d'assainissement
du Syndicat mixte
de Chambenier
(Ardèche)
- **Sem@for77 déploie**
le premier réseau
d'initiative publique
en Île-de-France
- **Le procédé robotisé**
EasyFiber®

éditorial

La sécurité lors des travaux réalisés à proximité des réseaux

La sécurité du personnel intervenant à proximité de réseaux souterrains et aériens est une préoccupation majeure et constante des entreprises de Travaux Publics. Leurs équipes sont directement exposées au quotidien.

Pour diminuer ces risques permanents, la Fédération Nationale des Travaux Publics a pris depuis plusieurs années de nombreuses initiatives qui commencent aujourd'hui à porter leurs fruits. Elles visent à améliorer l'application d'une réglementation souvent complexe, qui concerne directement les entreprises de travaux, sans engager véritablement la responsabilité des autres acteurs, maîtres d'ouvrage et exploitants de réseaux. Cette implication des maîtres d'ouvrage donneurs d'ordre et des exploitants est pourtant tout aussi déterminante que celle des entreprises.

C'est ainsi que la FNTP, par la voix de son syndicat Canaliseurs de France, a engagé depuis 2006 une normalisation concernant les travaux à proximité des réseaux. Ces travaux de normalisation ont abouti à la publication en octobre dernier d'une norme expérimentale qui précise les obligations de tous les acteurs concernés dans le cadre d'un projet, en termes d'échanges d'informations et de délais. Cette norme préconise notamment de rendre obligatoire une phase de localisation préalable, dans les trois dimensions, des réseaux souterrains existants lors de toute conception d'un projet, public ou privé. Les données ainsi recueillies doivent figurer dans les dossiers de consultation des entreprises.

La localisation préalable des réseaux enterrés est en effet la seule solution concrète susceptible d'améliorer considérablement et à court terme la sécurité des entreprises de travaux comme celle des riverains. Cette modification est essentielle pour que les entreprises puissent enfin répondre en connaissance de cause aux consultations et travailler dans un environnement mieux connu et donc plus sûr.

La publication de cette norme expérimentale constitue une avancée majeure pour la Profession. Les parties prenantes de ce dossier se sont engagées volontairement à la mettre en œuvre sur le terrain afin de vérifier la pertinence des recommandations qu'elle préconise, en prévision de la rédaction d'une norme NF dont l'homologation est attendue au second semestre 2009.

En parallèle, la FNTP participe activement aux groupes de travail thématiques pilotés par le MEEDDAT et le ministère de l'Intérieur. L'objectif de ces groupes qui rassemblent tous les acteurs concernés est précisément de réformer le décret de 1991 régissant les procédures administratives incombant à chacun des acteurs du chantier. Un nouveau décret, intégrant la nouvelle norme, devrait voir le jour en 2009.

Cette profonde réforme est nécessaire. Les différentes parties concernées doivent dès maintenant s'y préparer. Leur implication en conditionne la réussite.



Patrick Bernasconi
Président de la FNTP

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'P. Bernasconi', written in a cursive style.

... Villes et réseaux :

Comment pourrait-on prévenir dans le sous-sol public des villes françaises le fouillis inextricable et dangereux des réseaux qui s'y prépare jour après jour ?

L'auteur examine tout d'abord les raisons d'un fait surprenant : alors que les galeries multiréseaux constituent une réponse quasi parfaite à la question posée et qu'en plus elles remplissent les trois critères du développement durable (rentabilité économique, efficacité sociale, profitabilité environnementale, notamment lutte contre l'effet de serre), elles ont du mal à se développer dans notre pays. En fait, trois erreurs triviales, toutes issues de fausses intuitions, tuent *in utero* la plupart des projets qui devraient se réaliser. L'auteur montre par quels moyens ces erreurs pourraient être évitées par les maires.

À la suite il propose quelques modestes et logiques modifications du droit, sans aucun coût pour l'État et les collectivités locales, qui permettraient de promouvoir plus sûrement les galeries multiréseaux.

L'auteur souhaite enfin que, par une meilleure politique des « redevances pour occupation du sol » qui tienne compte des coûts externes engendrés par les réseaux et supportés par d'autres qu'eux, la mise en ordre du sous-sol par différents moyens, dont les galeries multiréseaux, devienne une tendance spontanée et convergente des acteurs concernés, villes et opérateurs de services publics. On éviterait ainsi pour nos descendants la création d'un très dangereux désordre, tout en allant dans le sens du développement durable.

■ Cruelle devinette...

C'est un objet urbain, plébiscité par l'opinion publique, porté aux nues par tous les responsables urbains qui en exploitent, remplissant les trois critères du « développement durable »¹ : rentabilité économique, efficacité sociale, profitabilité environnementale (notamment lutte contre le réchauffement climatique), ... mais il est ignoré par notre Grenelle de l'environnement.

C'est un objet qui éviterait des drames comme ceux de Bondy (le 30 octobre 2007, un mort, 47 blessés), Noisy-le-Sec (22 décembre 2007, cinq blessés, effondrement d'un immeuble de logements), et Lyon (28 février 2008, un mort, 35 blessés)...

... mais il n'est même pas évoqué au sein des solutions récemment publiées pour éviter les accidents de travaux sur les réseaux.

Vous ne trouvez pas ?

Pour vous aider, sachez qu'il fut systématiquement réalisé dans notre capitale au milieu du XIX^e siècle. Il est même, aujourd'hui, systématiquement réalisé dans quelques grandes villes européennes qui se réfèrent, entre autres... à l'expérience française du XIX^e siècle !

Vous ne trouvez pas encore ?

Si je vous dis que dans la France du XXI^e siècle il a la réputation d'être infaisable.

Ah enfin ! Voilà que cette dernière indication vous l'a fait reconnaître ! Mais c'est bien sûr... la galerie multiréseaux, autrement dit le regroupement dans un habitat commun, visitable, de tous les réseaux nécessaires à la vie urbaine ; sortes de coulisses horizontales qui évitent, quand elles existent, de nombreux désagréments et accidents aux citoyens.

■ Une recherche appliquée, terminée en 2005, a pourtant montré la possibilité et l'intérêt du développement des galeries multiréseaux dans notre pays

Le groupe de recherche appliquée « Clé de Sol » constitué d'environ cinquante spécialistes des techniques à mettre en jeu, des risques, de l'économie de projet, du droit public, des montages financiers ainsi que des exploitants de galeries existantes a clairement montré² que non seulement rien ne s'opposait dans notre pays à la diffusion de ce type d'objet, mais même qu'il était nécessaire, utile et rentable d'en réaliser dans beaucoup de nos villes.

Dans l'état actuel du droit français (nous reviendrons sur ce point) il faut cependant qu'une occasion favorable se présente. Ces occasions sont en fait nombreuses : aménagements urbains, requalifications de voies (villes historiques, créations de boulevards urbains etc.), opérations de transports en commun en site propre, tramways notamment.

1. À une époque où ce concept est mis à toutes les sauces, y compris pour défendre des projets économiquement injustifiables, il est bon de revenir à la définition parfaite donnée en avril 1987 par la Commission mondiale de l'ONU sur l'environnement et le développement présidée par une norvégienne, M^{me} Gro Harlem Brundtland.

2. Guide pratique des galeries multiréseaux, sorti en septembre 2005 sur les presses de TechniCités, légèrement actualisé en matière de droit lors d'une deuxième édition en mars 2008.

vers l'inextricable ?

Michel Gérard
Ancien président
du groupe de recherche
appliquée sur les
galeries multiréseaux,
Projet national IREX
« Clé de Sol »



Photo 1

Galerie type en construction (ovoïde de 2,00 x 2,700) pour l'extension d'un réseau existant dans le quartier Planoise à Besançon (11 000 m de galeries)

Typical gallery under construction (2.00 x 2 700 ovoid) for the extension of an existing network in the Planoise district in Besançon (11,000 metres of galleries)

À une époque :

- où les réseaux se multiplient;
- où la place manque dramatiquement dans (sous) le domaine public des villes, non seulement pour les réseaux mais aussi pour de multiples objets urbains, bacs à conteneurs, parkings... sans oublier surtout les volumes racinaires des plantations d'arbres appelées de leurs vœux par les citoyens;
- où cet encombrement est d'autant plus risqué qu'il secrète insidieusement des situations dangereuses (par courants vagabonds, fuites, vibrations, surcharges des trottoirs, etc.);
- où l'on cherche à développer le chauffage urbain pour lutter contre l'effet de serre, à réduire l'usage de moteurs itinérants, consommateurs de pétrole, à diminuer les bruits en ville....,

il est incroyable de constater, par exemple, que les chantiers de tramway dont 25 à 33 % du coût global

provient des déplacements de réseaux³, se soldent encore tous par la remise en pleine terre des réseaux déplacés!

Il y a donc quelque chose qui coince quelque part.

■ Trois erreurs fatales tuent *in utero* presque tous les projets de galeries

En effet, trois erreurs triviales, issues de fausses intuitions, sont autant de chausse-trappes pour les responsables urbains qui souhaitent profiter d'une occasion favorable. Toutes trois sont de mauvaises réponses :

- à la question « qui doit prendre l'initiative ? »
- à la question : « quand prendre l'initiative ? »
- à l'opposition quasi spontanée des responsables locaux des opérateurs de réseaux.

Qui doit prendre l'initiative ?

Un maire pensera facilement qu'il revient à la structure chargée du projet principal⁴, SEM de ZAC, SEM de tramway etc., d'étudier puis de lui proposer un projet de galerie accompagnant le projet principal.

Eh bien qu'il ne se fasse aucune illusion ! Le responsable de cette structure sera au contraire spontanément un opposant résolu, quoique discret, à l'idée même d'une « galerie ». Pourquoi ? Tout simplement parce qu'il est le seul acteur économique à avoir tout à craindre d'une telle décision. Il redoutera en effet que la charge du surinvestissement initial nécessaire retombe sur le projet principal dont il est chargé, alors même que ce projet est toujours fortement contraint financièrement et doit en plus, dans le cas d'une ZAC, respecter le marché local de la « charge foncière. »⁵

Le maire devra au contraire se dire :

- qu'il est, lui maire, le seul acteur à pouvoir imposer la galerie multiréseaux ou, plus exactement et prudemment, l'étude comparative galerie/solution classique enfouie;
- qu'il doit rassurer le responsable de l'opération principale : celle-ci ne coûtera rien de plus que s'il adoptait la solution classique d'enfouissement.

3. L'expression est incongrue : en effet, la plupart du temps des réseaux neufs sont posés en by-pass des réseaux existants sur les longueurs nécessaires. Ainsi le basculement peut être fait rapidement. Les réseaux anciens sont alors laissés dans le sol. Il n'y a eu aucun déplacement à proprement parler. Mais l'expression est consacrée par l'usage.

4. Celui qui apporte l'occasion, le tramway, la ZAC, etc.

5. Le coût du terrain « rendu nu » à incorporer dans le prix du mètre carré SHON constructible.

Villes et réseaux : vers l'inextricable?



Quand prendre l'initiative?

La deuxième erreur fatale consiste à attendre que le projet principal soit précisé pour envisager l'hypothèse d'une galerie : en agissant ainsi le maire condamne *de facto* le projet de galerie à retarder le projet principal. En effet déplacements de réseaux et/ou poses de réseaux sont toujours en tête de tous les plannings d'opérations : autant dire alors, qu'il condamne le projet de galerie lui-même. Or le maire entendra de nombreux conseils, faussement sages, en ce sens : il doit les écarter.



Photo 2

Galerie primaire (5 m de diamètre) d'un réseau de 17 000 m de galeries multiréseaux de Brno en République Tchèque
Primary gallery (5 m in diameter) of a network of 17,000 m of multiple-network galleries in Brno, Czech Republic

Que cache l'opposition des responsables locaux des opérateurs de réseaux?

Un troisième piège vient aussi de l'opposition fréquente des responsables locaux des opérateurs de réseaux à ce type de projet. Les arguments sont toujours les mêmes : *c'est cher, c'est dangereux, c'est si compliqué que c'est impossible*. Ils sont tous faux et Clé de Sol explique pourquoi, mais que cachent-ils ?

Il suffit de se mettre dans la peau d'un responsable de circonscription électricité, téléphone, gaz, câble optique etc. pour comprendre la raison profonde de son attitude : qu'a-t-il à gagner en acceptant « d'entrer dans le jeu » d'une galerie ?

Si le projet marche bien, qui, dans son entreprise, dont la culture est à 99 % orientée vers la pose en modes aérien et enfoui, lui en saura gré ? Et si le projet ne marche pas, tous les étages hiérarchiques au-dessus de lui (sauf le plus haut, cf. infra) lui reprocheront d'avoir cru

à un « serpent de mer ». Son analyse est donc vite faite. Les plus sincères recommanderont au maire de ne pas s'engager dans une affaire en impasse, les plus roublards conseilleront d'attendre que le projet principal soit préalablement précisé. Les faux arguments techniques et financiers avancés ne serviront en fait qu'à protéger l'avancement de chacun dans sa société.

Les bonnes réponses

Dès qu'une occasion favorable se présentera, un maire devra apporter trois réponses simples :

- « Je veux que l'étude des déplacements de réseaux en mode enfoui soit simultanément accompagnée de l'étude d'une hypothèse de galerie multiréseaux et de leur comparaison socio-économique selon la méthode coûts-avantages sur longue durée. Je m'engage auprès du responsable de l'opération principale à ce que la galerie, si elle est décidée, ne pèse en rien sur ses comptes » ;
- « Je veux que cette étude avance au même rythme que celle du schéma de principe (ou de l'esquisse) du projet principal. Je n'attendrai pas que le projet principal soit quelque peu précisé pour exiger le commencement de cette étude » ;
- « Les responsables locaux d'opérateurs de réseaux doivent savoir que, si elle est décidée par la commune⁶, l'opération sera plus rentable pour chacun d'entre eux que l'enfouissement classique et que la rentabilité supplémentaire sera la même pour chacun et pour tous ».⁷

Que les maires le sachent : Clé de Sol a reçu un appui significatif de la tête de quelques grands groupes d'opérateurs préoccupés de la situation de plus en plus difficile, voire inextricable, qu'ils constatent déjà ou pressentent de plus en plus dans les villes. Même quand certains de ces opérateurs n'ont finalement pas participé à Clé de Sol, ils n'ont jamais traité notre recherche par le mépris. Cela signifie qu'au « top-niveau » des opérateurs de réseaux, existe une réelle préoccupation. En cas de résistance prononcée d'un représentant local, on pourra donc le rassurer en l'aidant à trouver la bonne porte dans sa propre société. Aucun doute : cette porte est celle du plus haut responsable qui saura l'orienter vers les spécialistes qui ont participé à Clé de Sol⁸ ou qui connaissent la recherche. Tous les hauts responsables des opérateurs

6. Si le taux de rentabilité interne comparatif est inférieur à 4 %, le maire abandonnera en principe le projet de galerie.

7. L'étude coûts/avantages a en effet un deuxième intérêt : elle fournit une « clé de financement » équitable aboutissant à ce que Ville et opérateurs contribuent au projet pour une même rentabilité supplémentaire.

8. Clé de Sol, dont les actifs intellectuels sont gérés et mis à jour par le Certu, peut dans certains cas, aider cette démarche.

sont attentifs à leurs bonnes relations avec les maires de France et s'ils décèlent, ici ou là, une volonté de mise en ordre du sous-sol urbain, ils y seront sensibles. En résumé, dans l'état actuel du droit français, un maire excédé par les travaux incessants des opérateurs de réseaux dans sa ville, peut dès qu'une occasion favorable se présente, faire aboutir un projet de galerie multiréseaux.

■ Quelques modifications légères du droit français faciliteraient la réalisation des galeries

La galerie multiréseaux est encore un objet exceptionnel, ignoré, sans statut précis. Il convient de modifier cette situation qui contribue à la placer en position d'infériorité par rapport aux techniques classiques d'enfouissement des réseaux.

Certaines modifications sont donc souhaitables dès maintenant car elles permettraient d'avancer beaucoup avec plus de sécurité dans certains projets.

Une première modification consisterait à élargir le champ d'application du bail emphytéotique administratif. Ce bail est en effet interdit sous le domaine public routier qu'il soit national, départemental ou communal. Certes, aujourd'hui, le contrat de partenariat public-privé permet à un privé de travailler dans de bonnes conditions pour la durée du contrat sur le domaine public routier. Toutefois le bail emphytéotique présente certains avantages dont il serait dommage de se priver.

Plus important : il faudrait explicitement inscrire la galerie, à la condition qu'elle soit souterraine, dans les objets qui n'entrent pas, à l'instar des réseaux, dans le champ du permis de construire. La modification du Code de l'urbanisme serait simple et présenterait, en outre, l'avantage de faire échapper avec certitude les galeries aux taxes et participations dont le fait générateur est la délivrance du permis de construire, comme la taxe locale d'équipement.

Une modification fiscale très nécessaire serait de faire sortir explicitement les galeries multiréseaux du champ de la taxe foncière sur les propriétés bâties à laquelle échappent tous les opérateurs de réseaux pour leurs tuyaux, fils, conduits, poteaux, chambres de tirage, édicules divers.

Mais la plus importante des modifications serait de permettre au maire d'imposer à un opérateur d'implanter son réseau en galerie, quand une galerie existe à proximité de travaux envisagés par cet opérateur, si ces travaux nécessitent des excavations et/ou des destructions de sols et de mobilier urbain.



Sans entrer dans le détail, un maire peut aujourd'hui difficilement imposer le passage de réseaux par une galerie, même lorsque celle-ci existe. Ses armes (pouvoirs de police, pouvoirs de coordination des réseaux selon les décrets de 1983) lui permettent de ne pas autoriser les réseaux à s'implanter ici ou là. Mais cette protection passive ne résiste pas longtemps devant les arguments de risques réels ou supposés, de dessertes d'activités économiques... utilisés par les opérateurs, ou devant la pression des délais d'une opération liée. Il faut donc absolument une disposition juridique explicite.

Clé de Sol, non dans le Guide pratique mais dans des notes à publication limitée à ce jour (signées de Ph. Billet, professeur agrégé de droit à Dijon et de moi-même), a des propositions concrètes et précises d'articles à incorporer à différents codes.

Ces modifications, dans l'état actuel des choses, ne coûteraient rien à l'État ni aux collectivités locales. En revanche, elles faciliteraient l'édification de galeries multiréseaux. La dernière disposition en particulier permettrait à certains maires d'anticiper sur le besoin de galeries multiréseaux sans doute très rentables, dans des artères commerciales en particulier.

■ Comment prévenir dans nos villes la situation inextricable des réseaux qui s'y prépare ?

On ne peut qu'être frappé par deux faits :

- tout grand propriétaire foncier agit à l'inverse des responsables urbains, contraints par les règles : il ne laisse jamais les réseaux passer où bon leur semble. Il leur assigne des itinéraires précis et regroupés et très souvent il leur impose de passer en galeries communes, visitables (sites industriels, centrales nucléaires

Photo 3

Galerie dans une zone dense et commerçante du centre historique de Genève qui regroupe tous les réseaux et notamment électriques : basse (400 V), moyenne (18000 V) et haute tension (130000 V)

Gallery in a dense shopping area of the historic centre of Geneva which contains all the networks, especially electrical networks : low (400 V), medium (18,000 V) and high voltage (130,000 V)

Villes et réseaux : vers l'inextricable?

Tableau I

Plafond de la redevance	dans	domaine public routier		domaine public non routier		
		autoroutes	reste voirie routière	fluvial	ferroviaire	autres dépendances du DP non routier
pour artères au sol et en sous-sol	unités par km	300 €	30 €	1000 €	3000 €	1000 €
autres cas que ci-dessus		40 €	40 €	1000 €	3000 €	1000 €
emprises d'autres installations	par m ²	20 €	20	650 €	650 €	650 €
emprises supports des artères		0 €	0 €	0 €	0 €	0 €
stations radioélectriques	hors champ					

EDF, campus universitaires – École polytechnique à Palaiseau par exemple, sites militaires etc.);

- les villes gérées dans la culture germanique, où le modèle des Stadtwerke (régies systématiques pour la distribution) est reproduit, réalisent beaucoup plus de galeries multiréseaux que les villes latines.

Il ne faut pas voir dans ces faits le produit d'une discipline inhérente aux Germains et aux industriels mais plutôt le résultat d'un mécanisme financier : dès que les économies d'exploitation des galeries remontent au niveau de la même personne, elle constate vite que son intérêt se trouve dans un investissement initial supplémentaire⁹ suivis de coûts d'exploitation très réduits. Serait-il possible en France d'arriver au même résultat sans abandonner les régimes de délégation de service public, au dynamisme remarquable? Bien sûr. Il suffirait de tarifier l'occupation du sol par les réseaux pour ce qu'elle coûte réellement. Or, non seulement ce n'est pas le cas, mais notre pays prend le chemin exactement contraire par une détestable politique des redevances.

L'État laisse en principe les communes et les départements libres de fixer les redevances pour occupation de leur domaine public. Mais il les plafonne presque systématiquement dès qu'il s'agit de réseaux. Le dernier ensemble de réseaux qui n'était pas plafonné, l'eau sous ses différentes formes, va l'être¹⁰.

Or ces plafonds, malgré les principes édictés par le Conseil d'État, sont très inférieurs aux coûts externes des réseaux, payés surtout par les villes et leurs habitants. Alors même que les textes prévoient que le montant des redevances tient compte de la durée de l'occupation, de la valeur locative de l'emplacement occupé et des avantages matériels, économiques, juridiques et opérationnels qu'en tire le permissionnaire, on se demande bien où sont comptés dans lesdits plafonds les nuisances supportées par tous les usagers de la commune, véritable transfert d'avantages de la collec-

tivité vers le permissionnaire (en quelque sorte le droit de gêner les circulations de biens et de personnes, de faire du bruit, de créer des situations dangereuses etc.), la partie des coûts générés par les incidents et accidents non payée par les opérateurs, les coûts de rénovation d'une voirie prématurément vieillie, le coût de la gestion communale des DICT, etc.

Les textes rappellent souvent les principes du Conseil d'État. Mais certains n'hésitent pas, quelques articles après, à manifester, par les plafonds tarifaires eux-mêmes, que ces principes ne sont pas suivis. Ainsi dans le cas des télécommunications (cf. tableau I résumant le décret n° 2005-1676 du 27 décembre 2005), la différence ahurissante entre les domaines publics montre, plutôt qu'une application correcte des principes fondateurs des redevances, la capacité de lobbying des gestionnaires de domaines unitaires (fluvial, ferroviaire, assistance publique) ou fortement mutualisés (autoroutes) et, en sens inverse, l'incapacité des communes à se défendre collectivement et à construire des plaidoyers communs convaincants, faute de statistiques et d'observations. Comment expliquer que le plafond soit 100 fois moins élevé pour une implantation sous les trottoirs des Champs-Élysées que le long d'une modeste voie ferrée!

Si ce tableau choquait, ce que je souhaite, il ne faudrait pas en conclure que le plafond du DP ferroviaire

9. De loin inférieur au coût de l'habitable d'ailleurs, tant sont importantes les économies d'excavation.

10. L'article 54 de la loi du 30 décembre 2006 sur l'eau et les milieux aquatiques introduit un article L. 2224-11-2 au Code général des collectivités territoriales. Ce nouvel article prévoit que « Le régime des redevances susceptibles d'être perçues par les communes, les départements ou les régions en raison de l'occupation de leur domaine public par des ouvrages de distribution d'eau et d'assainissement est fixé par décret en Conseil d'État ». Ce décret est toujours en préparation (en attente de l'avis du Comité des finances locales). Or jusqu'ici la fixation de ces redevances revenait entièrement et sans limite à la collectivité locale (ou aux groupements de communes).

doit être réduit. Car la conviction que l'on acquiert sur la base des chiffres rassemblés par Clé de Sol est que c'est Réseau Ferré de France qui se rapproche le plus de la vérité des coûts externes et que les plafonds des domaines publics urbains, du fait du nombre des acteurs subissant les nuisances des travaux de réseaux, pourraient être sensiblement supérieurs à celui de RFF!

L'Association des maires de France (AMF) reconnaît d'ailleurs sa méconnaissance et sa faiblesse. Dans une note de suggestions, en date du 14 octobre 2004, à propos du décret télécoms alors en préparation, elle demande qu'au cas où la redevance proposée par une commune serait inférieure au plafond national et où le conseil municipal devrait délibérer, le futur texte n'impose pas l'explication de la réduction accordée par référence « *aux avantages qu'en tire le permissionnaire et à la valeur locative de l'emplacement occupé.* »

Et elle justifie son point de vue par un aveu, dramatique à mes yeux : « *L'AMF s'étonne que l'on puisse demander aux collectivités de tenir compte, dans la fixation du montant des redevances, de ces deux notions. Les communes et leurs groupements étant liés par les montants plafonnés qui sont fixés dans ce projet de décret et ne connaissant pas les raisons pour lesquelles lesdits tarifs ont été retenus, ils ne seront pas en mesure de justifier les montants demandés aux occupants du domaine public.* »¹¹

Si par les redevances, une politique de vérité des coûts externes était menée, elle aurait de multiples effets positifs : recherches par les opérateurs de réduction des volumes occupés dans le sol public, édifications de galeries dès qu'elles seraient rentables pour la collectivité.

Pour la régularité du jeu, les réseaux communaux eux-mêmes seraient soumis à des redevances versées aux mêmes fonds communaux (ou intercommunaux) *ad hoc*. Les habitacles des galeries auraient eux-mêmes à acquitter des redevances mais inférieures à la somme des redevances qu'auraient à payer les réseaux qu'elles contiennent s'ils étaient enfouis.

Cette politique serait facile à mettre en place en laissant les communes fixer elles-mêmes, sans plafonnement, leurs redevances; seules les bases fiscales seraient définies et imposées au niveau national. Des ressorts de

11. Pour éviter de ne faire état que de la redevance télécoms (3 centimes d'euros par mètre), rappelons ici que le plafond de la redevance pour les réseaux gaziers est de 3,5 centimes d'euros par mètre, qu'on parle de 2,5 centimes par mètre pour l'eau. Les réseaux électriques sont tarifés au nombre d'habitants des communes selon des formules progressives, plus généreuses d'un ordre de grandeur environ quand on les rapporte aux longueurs probables de réseaux, mais encore très inférieures au coût des externalités, sauf peut-être pour les petites communes.



Photo 4

Galerie tous réseaux y compris le chauffage urbain avec lyre de dilatation à Rennes (quartier du Colombier)

Gallery for all networks including district heating with expansion loop in Rennes (Colombier district)

rappel, nombreux, éviteraient à coup sûr les surtarifications. Cette politique recevrait même vraisemblablement l'accord des opérateurs de réseaux s'ils étaient assurés que la règle est la même pour tous et qu'ils puissent faire état dans leurs facturations locales de l'incidence des redevances qu'ils paient.

À terme il deviendrait même possible de désengorger les tribunaux des contentieux innombrables entre communes et opérateurs à propos de la lancinante question « Qui paye quoi ? », dès qu'il y a déplacements de réseaux, en partant de la remarque simple : puisque les communes reçoivent des redevances représentant la totalité des coûts externes moyens annualisés des réseaux placés en pleine terre, il leur revient de prendre à charge les déplacements de réseaux quelles qu'en soient les circonstances.

■ Pour une politique anticipatrice et des réseaux urbains. Ne soyons pas des autruches

Il faut le dire et même le crier, à temps et à contre-temps. La situation devient insidieusement mais sûrement inextricable et dangereuse dans les sous-sols publics de nos villes. Comme nous ne voyons dans le sol, nous ne nous inquiétons pas. Pire, comme des autruches, nous ne voulons pas voir. Les drames récents de Bondy, Noisy-le-Sec et Lyon devraient pourtant attirer l'attention. Ils ne proviennent pas d'abord de fautes de lampistes et encore moins de fautes du réseau qu'inévitablement on montre du doigt dans de telles occasions, le gaz : ils sont essentiellement dus à un foi-

Villes et réseaux : vers l'inextricable?

► sonnement des réseaux dont le contrôle d'ensemble dépasse les possibilités de beaucoup de villes. L'informatique, par les SIG, et Internet ne doivent pas faire illusion : ils apportent des aides puissantes mais ils peuvent eux-mêmes se révéler dangereux quand les récolements sont inexacts, voire oubliés. Ils sont inutiles quand les procédures ne sont pas strictement suivies, ce qui devient de plus en plus difficile, vu le nombre croissant des personnes à saisir, dont il faut obtenir des réponses.

Il n'est certes pas possible, ni même souhaitable économiquement, de réaliser des galeries multiréseaux partout. En revanche aucune occasion justifiée ne devrait être manquée. Dans tous les cas une politique plus rationnelle des réseaux dans les villes est possible mais elle demande des moyens que l'on ne trouvera que par des redevances plus proches des coûts externes. Le plafonnement par l'État rend celui-ci pour partie responsable de la dégradation de la situation. Il aurait donc tout lieu d'être pleinement décentralisateur à ce propos. ■

ABSTRACT

Towns and networks : toward the inextricable?

M. Gérard

How could the inextricable and dangerous jumble of networks prepared day after day in the public subsoil of French towns be prevented?

The author first examines the reasons for a surprising fact : whereas multiple-network galleries are a virtually perfect answer to the question posed and in addition they fulfil the three criteria of sustainable development (economic profitability, social efficiency and environmental profitability, in particular preventing greenhouse effect), they are finding it difficult to develop in France. In fact, due to three commonplace errors, all based on false intuitions, most of the projects that should be carried out are stillborn. The author shows how such errors could be avoided by mayors.

Following that he proposes a few modest and logical changes in the law, without cost for central or local governments, which would make it possible to promote multiple-network galleries more reliably.

Finally, the author expresses the wish that, through a better policy of "land use fees" taking into account the external costs engendered by the networks and sustained by stakeholders other than the networks, orderly subsoil development by various means, including multiple-network galleries, may become a spontaneous and convergent tendency for the stakeholders concerned, namely towns and utility operators. We would thus avoid creating a very dangerous disorder for our descendants, while acting in a manner consistent with sustainable development.

RESUMEN ESPAÑOL

Ciudades y redes : ¿hacia lo inextricable?

M. Gérard

¿Cómo se podría prevenir en el subsuelo público de las ciudades francesas la confusión inextricable y peligrosa de las redes que se prepara día tras día?

El autor examina en primer lugar los motivos de un hecho sorprendente : mientras que las galerías multiredes constituyen una respuesta casi perfecta al problema planteado y que además cumplen los tres criterios del desarrollo sostenible (rentabilidad económica, eficacia social, aprovechamiento medioambiental, fundamentalmente la lucha contra el efecto invernadero), estas soluciones tropiezan con dificultades para desarrollarse en nuestro país.

En realidad, tres errores triviales, todas procedentes de falsas intuiciones, han matado en el huevo la mayor parte de los proyectos que se debían realizar. El autor presenta los medios que hubieran permitido evitar estos errores por parte de los alcaldes.

A continuación, el autor propone algunas modestas y lógicas modificaciones del derecho, sin ningún coste para el Estado y los entes locales, que permitirían fomentar de forma más segura las galerías multiredes.

Finalmente, el autor desea que, mediante una mejor política de los "cánones por ocupación del suelo" que integran diversos costes externos generados por las redes y soportados por otros, la ordenación del subsuelo por distintos medios, entre las cuales las galerías multiredes, pasa a ser una tendencia espontánea y convergente de los protagonistas interesados, ciudades y operadores de servicios públicos. De este modo se pudiera evitar para nuestros descendientes la creación de un desorden sumamente peligroso, siempre orientado hacia el desarrollo sostenible.

Galeries multiréseaux

L'expérience de Prague

Jaroslav
Sternadel*
Ingénieur et architecte

* avec les commentaires
de Michel Gérard.

Les galeries multiréseaux de la ville de Prague forment aujourd'hui un ensemble d'environ 90 km. La partie la plus spectaculaire de ce réseau est située sous la ville historique, classée au patrimoine mondial de l'humanité.

Lors d'une conférence à Paris, le 6 décembre 2007, les responsables de la société chargée du développement et de l'exploitation des galeries pragoises, Kolektory A.S. et du bureau d'études qui l'assiste, Ingutis, ont laissé aux participants des documents dont la revue *Travaux* publie ici un résumé.

L'auteur, qui suit de près les textes tchèques, évoque d'abord la réglementation des galeries que justifie leur nombre en République Tchèque puis il donne quelques indications sur le financement des galeries pragoises.

À l'instar du document tchèque, il s'applique ensuite à caractériser les différents types de galeries pragoises. Le mode constructif (tranchées excavées ou forage au tunnelier) joue un rôle prépondérant dans cette classification mais d'autres facteurs interviennent aussi, notamment les modes de branchement.

Enfin l'exploitation, la sécurité et la prévention des situations dangereuses, sujets qui ont provoqué de nombreuses réflexions, observations et retours d'expériences, sont succinctement exposés.

L'ensemble de l'article est émaillé de remarques et de commentaires de l'auteur et traducteur, Jaroslav Sternadel, ainsi que de Michel Gérard, ancien président du projet national de recherche appliquée sur les galeries multiréseaux dit « Clé de Sol ».

Ce dernier clôt l'article par un commentaire conclusif destiné notamment à expliquer quelques similitudes et différences entre les contextes tchèques et français.

■ L'expérience tchèque en matière de galeries multiréseaux

Développement des galeries en République Tchèque

Parmi d'autres villes, la ville de Brno, capitale de la Moravie, développe depuis les années 1970, un réseau de galeries qui s'étend aujourd'hui sur 17 km. On y trouve la plupart des réseaux¹ ainsi que le chauffage urbain et les câbles nécessaires au fonctionnement du tramway. Les galeries se sont développées d'abord en réseau primaire pour les transports de fluides et d'éner-



© Michel Gérard

gie, puis en réseau secondaire² pour la distribution, notamment dans les quartiers historiques où leur intérêt est particulièrement justifié.

Compte tenu de la nature des terrains et de la topographie, les galeries ont été souvent forées au tunnelier. Dans cette ville, la gestion a été confiée à une entreprise spécialisée créée pour l'occasion.

D'autres villes tchèques ont réalisé des galeries multiréseaux sur de petits tronçons (Pilsen, Most, Karlovy Vary, Jihlava, Usti nad Labem, Ostrava notamment). Depuis 1994, un texte normatif est entré en vigueur (CSN 737505), intitulé « Infrastructures techniques en galeries multiréseaux » et définissant les conditions à remplir pour édifier et mettre en service des galeries sur le territoire tchèque.

La préoccupation des auteurs de ce texte était cependant principalement le périmètre du centre historique de Prague, inscrit au Patrimoine mondial de l'humanité par l'Unesco³.

Les normes en vigueur et les prescriptions liées permettent de placer en galerie :

- les conduites d'eau de toutes pressions;
- les conduites d'eau chaude entre 70° et 150 °C et jusqu'à 25 bars de pression;
- les conduites de vapeur jusqu'à 260 °C et jusqu'à 20 bars;
- les conduites de gaz naturel et de gaz de ville jusqu'à 4 bars;

1. Le relief, prononcé, permet l'insertion des réseaux à écoulement gravitaire. La situation est inverse à Prague.

À Brno, le gaz a été écarté, ce qui, à la lumière de l'expérience pragoise et des réflexions de Clé de Sol, me paraît être d'une prudence injustifiée, mais fréquente (note de Michel Gérard qui a visité Brno).

2. On notera une petite contradiction des documents tchèques sur les termes « primaires », « secondaires » et « tertiaires », utilisés ici à propos de Brno, et 1^{re}, 2^e, 3^e catégorie utilisés pour Prague.

3. Prague est visité toute l'année par des touristes du monde entier, ce qui semble avoir beaucoup compté pour le maire de Prague qui ne voulait plus de travaux de voirie dans la partie historique de la ville.

Photo 1

Un petit train pour circuler
A little train for travelling

Galeries multiréseaux. L'expérience de Prague

- les câbles de distribution d'énergie électrique de 400 à 110000 volts;
- les câbles de réseaux de communication locaux et à longue distance (métalliques et optiques);
- les lignes de distribution de l'Internet et de la télévision par câble;
- la distribution de la poste pneumatique;
- les canalisations d'eaux usées et pluviales;
- les conduites de transport pneumatique de déchets ménagers;
- les conduites d'air comprimé.

En raison de faibles pentes qui rendraient excessivement coûteux un écoulement gravitaire, les concepteurs des galeries de Prague n'ont pas inclus les réseaux d'eaux usées et pluviales.

Développement des galeries à Prague

Une première opération de galeries multiréseaux a été réalisée dans les années 1970 au nord de Prague, dans une ville nouvelle, Severni Mesto (*ville du Nord*). Les galeries, d'une longueur de 5 700 mètres ont été exécutées en tranchées ouvertes où ont été ensuite posés des éléments préfabriqués en béton armé de 240 x 210 cm. Cette technologie a été appliquée dans d'autres réalisations de nouveaux quartiers extérieurs de l'agglomération.

Dans la plupart des cas, ces galeries longeaient en façade les sous-sols des bâtiments qu'elles rejoignaient par des « corridors techniques »⁴ partant en « râteau » de la galerie visitable (on trouvera plus loin une description de différents types de galeries).

La genèse d'une coopération franco-tchèque

La recherche « Clé de Sol »

Les réseaux indispensables à notre vie quotidienne sont de plus en plus nombreux et leur capacité doit répondre aux besoins de consommateurs. Souvent, il faut les implanter en souterrain pour ne pas encombrer l'espace au sol et ne pas dégrader le paysage urbain. Leur fonctionnement doit s'effectuer en toute sécurité – leur contrôle et leur accès doivent être aisés pour des réparations éventuelles. Aussi, leur coexistence ne doit entraîner de risques ni pour leur fonctionnement et leur conservation, ni pour l'environnement humain et naturel : d'où l'intérêt de la mise de réseaux dans des galeries souterraines communes.

Mais les réussites dans ce domaine sont rares en France, si l'on excepte les égouts d'Hausmann et Belgrand au XIX^e siècle. Pour comprendre pourquoi il en va ainsi et comment l'on pourrait mieux faire, un « Projet national (PN) de recherche appliquée en génie civil » a vu le jour en 1999 à l'initiative d'associations techniques très motivées, puis de villes, enfin d'opérateurs de réseaux et de grands donneurs d'ordres. Le programme de recherche avec expérimentation en vraie grandeur est devenu « Projet national pour le développement des galeries multiréseaux en milieu urbain », et a reçu le nom de « Clé de Sol » suivant la coutume des projets de l'Irex.

Un Guide pratique a été publié en septembre 2005. Une deuxième édition avec une légère mise à jour est sortie en mars 2008 des presses de TechniCités.

Comment « Clé de Sol » a connu les galeries tchèques

Au cours du projet les responsables de Clé de Sol se sont informés des réalisations de galeries dans plusieurs pays – entre autres en République Tchèque et d'abord à Brno, ville jumelée à Rennes, ville partenaire du PN. Ils ont alors appris que le réseau de Prague méritait une visite. La recherche

terminée, trois techniciens sont allés sur place, à Brno et à Prague en novembre 2006, et ont été très impressionnés tant par l'étendue des réseaux que par la réflexion des équipes tchèques dans les deux villes. Ils ont également appris que les galeries multiréseaux généraient une telle activité économique à Prague qu'une section la Chambre de commerce de Prague leur était dédiée et que cette section organisait chaque année un voyage d'études dans un pays étranger afin de voir ce qui s'y faisait en matière de galeries et de sécurité en souterrain.

Aussi, ont-ils proposé à la section Kolektory de la Chambre de commerce de Prague de l'aider à organiser son voyage d'études 2007 à Paris (égouts parisiens, ZAC Seine-Amont) en demandant aux initiateurs de prévoir à cette occasion une conférence leur permettant d'exposer leurs méthodes et réalisations aux membres de Clé de Sol et à leur environnement.

Lors de cette conférence, organisée le 6 décembre à Paris, des documents techniques ont été distribués aux participants. Ils étaient élaborés par la société de construction et de gestion des galeries de Prague (Kolektory A.S) et par le bureau d'études techniques (Ingutis) qui avait été chargé de la remarquable étude d'extension des galeries dans le centre historique de Prague.

Ces documents décrivent en détail, les différents aspects de fonctionnement et de gestion de galeries multiréseaux dans la capitale tchèque. Ils seront prochainement disponibles en français sur le site Clé de Sol.

En attendant, il a paru intéressant d'en présenter un *abstract*, ponctué ici et là de remarques de l'auteur-traducteur, Jaroslav Sternadel, ingénieur et architecte, tchèque d'origine, et de Michel Gérard, ancien président du PN Clé de Sol.

Cependant, cette conception n'a pas pu être utilisée dans les quartiers historiques centraux de la ville. Là, les galeries ont été forées au tunnelier. Les branchements, au niveau des caves, sont réalisés au moyen de fourreaux étanches, souvent obliques, de 10 à 30 cm de diamètre.

Actuellement la société Kolektory Praha A.S.⁵ gère et exploite environ 63 km de galeries exécutées en tranchées, 15 km de galeries forées, 7 km de corridors techniques et 2,7 km de passages en galerie en dessous de voies ferrées ou de voies urbaines importantes.

Quant à la réalisation de galeries nouvelles, elle se concentre aujourd'hui dans le centre historique de Prague.

Les responsables de Kolektory A.S. observent aujourd'hui, que malgré les principes décrits ci-dessus, un très grand nombre d'immeubles dans les cités-satellites ont été desservis par des branchements souterrains classiques, en pleine terre⁶. Enfin, dans les extensions de Prague, les franchissements par les réseaux de voies ferrées et automobiles (autoroutes urbaines) ont été souvent résolus par des galeries dans lesquelles ces réseaux sont regroupés.

Indications sur le financement des galeries de Prague

La construction des habitacles, la maintenance et l'entretien courant des galeries sont financés par des ressources provenant des activités économiques de la Ville de Prague, sur la base d'un budget approuvé par le Conseil municipal. Les investissements de modernisation de l'ensemble du réseau de galeries, réalisés par Kolektory A.S. proviennent également de la Ville de Prague.

À terme, une participation au financement des usagers des galeries et éventuellement des apports de fonds de l'Union européenne sont envisagés⁷.

4. Les documents tchèques distinguent deux concepts :

- d'une part ce que nous avons traduit par « caniveau technique », conformément à la définition Clé de Sol, et dont l'habitacle consiste en une tranchée près du sol, non visitable, recouverte par une dalle amovible;
- d'autre part le « corridor technique » qui semble avoir toutes les caractéristiques d'une galerie de branchement, de moindres dimensions que la galerie principale. Elle n'est peut-être pas visitable sur toute sa longueur, mais les réseaux y sont probablement observables.

5. À peu près S.A. en français.

6. Le lecteur doit également savoir que depuis la « révolution de velours » de 1989, il n'y a plus de réalisation de cités-satellites (Jaroslav Sternadel).

7. Clé de Sol est novateur sur ce point puisque le Guide pratique propose une méthode rationnelle et équitable de participation des acteurs concernés (ville et opérateurs) à l'investissement initial (Michel Gérard).



Photo 2

Puits de descente de matériel : on aperçoit en arrière-plan la hauteur du puits

Shaft for lowering equipment : the height of the shaft can be seen in the background



Photo 3

Au plafond, un feeder de gaz

On the ceiling, a gas feeder



Photo 4

Ascenseur. Notez comme l'orientation des personnes est une préoccupation partout présente

Lift. Note how the positioning of people is a constant concern

Galeries multiréseaux. L'expérience de Prague

Photo 5

Vue en contre-plongée.
Le gaz est en haut
Low angle shot.
The gas is at the top



© Michel Gérard

Évaluation et bilan des opérations à Prague. Typification des réalisations

Les responsables de Kolektory A.S. distinguent deux systèmes de galeries :

- les galeries creusées en tranchées, pratiquées dans des quartiers extérieurs d'habitat collectif (cités-satellites);
- les galeries forées au tunnelier, pratiquées dans la partie centrale de la ville.

Branchements appliqués à partir des galeries creusées en tranchées

Système de galeries principales et de branchement parallèles

Chaque immeuble est raccordé à une galerie qui lui est propre et qui assure la distribution de chaque section d'immeuble⁸. Cette galerie est raccordée à la galerie principale par un branchement particulier. Cette solution est plus onéreuse car elle aboutit en définitive à la mise en parallèle de la galerie principale et des galeries particulières aux immeubles.

Système de galeries multiréseaux et de corridors techniques

La galerie multiréseaux principale passe à proximité des pignons d'immeubles. Un corridor technique, en sous-sol de chaque immeuble, assure la distribution vers chaque cage d'escalier (ou colonne montante). Ce système est évidemment plus économique. Cependant, il présente un inconvénient : dans le cadre de la privatisation les corridors deviennent des parties communes de l'immeuble ce qui ne va pas sans difficultés juridiques entre l'ancien propriétaire (Ville de Prague) et les nouveaux copropriétaires⁹.

Les textes de Kolektory A.S. décrivent deux autres types de galeries :



© Michel Gérard

Photo 6

Conduite d'eau potable en PRV
(polyester renforcé verre)

Potable water pipe in GRP (glass reinforced polyester)

1. Groupements de réseaux pour franchissements de grandes infrastructures

Ce système est utilisé uniquement pour la traversée par les réseaux de voies de circulation importantes (par exemple l'autoroute Prague - Brno et plusieurs voies rapides). Les réseaux groupés et généralement enfouis sont rassemblés de part et d'autre du franchissement dans une emprise limitée de terrain.

L'inconvénient de ce système provient du manque d'espace pour l'entretien et les réparations des réseaux enfouis. La pose éventuelle d'autres réseaux (sauf évidemment dans les galeries sous voies rapides) exige des excavations malcommodes.

Ce système est de moins en moins appliqué actuellement¹⁰.

2. Galeries indépendantes

Cette solution a été retenue dans la plupart des cités-satellites de Prague. Elle permet une connexion de chaque immeuble par des distributions souterraines depuis la galerie multiréseaux. Le branchement assurant cette connexion reste la propriété de l'immeuble desservi.

Les galeries forées au tunnelier

(cf. encadré « Remarques préalables » de Jaroslav Sternadel et Michel Gérard).

Les galeries de transport (2^e catégorie) permettent d'équiper les quartiers ou les îlots d'habitations. Les dessertes des immeubles sont assurées par des galeries, majoritairement de distribution (3^e catégorie).

Les galeries de la 2^e catégorie sont forées par des tun-

8. Le document tchèque parle de sections : il semble qu'il faille sans doute traduire par « cage d'escalier ». D'autres modes de sectionnement peuvent toutefois être envisagés.

9. Ces difficultés semblent sans doute importantes aux Tchèques qui sortent d'un système économique sans propriété immobilière privée et qui ne disposent pas encore de l'arsenal juridique dont nous disposons en France, partage en volume notamment. Elles me paraissent donc exagérées (Michel Gérard).

10. La critique de ce système me paraît outrancièrement sévère. Elle tient au fait que tout passage d'un groupe de réseaux enfouis à une galerie entraîne, dans les réseaux enfouis, une densification qui n'est effectivement pas toujours simple à traiter (cf. « Points singuliers » dans le Guide Clé de Sol). Elle ne s'applique donc pas particulièrement aux traversées de grands obstacles mais à toute discontinuité. Elle n'est pas non plus réservée aux galeries : les abords des ponts par les réseaux connaissent les mêmes « concurrences » entre réseaux (Michel Gérard).

neliers à grande profondeur (30 à 40 m). Le forage y présente moins de difficultés, vu la consistance homogène du sous-sol et les risques moindres de conflits avec d'autres réseaux ou des constructions souterraines (figure 1).

Les galeries de distribution (3^e catégorie) peuvent être divisées en deux groupes :

- les galeries forées à faible profondeur : le forage avec un couvert de 2 à 3 m permet une connexion directe avec le sous-sol de chaque immeuble par un branchement particulier. Cependant le forage à faible profondeur présente un risque non négligeable d'arrachage accidentel de câbles et d'autres réseaux existants ;
- les galeries forées à grande profondeur : pour éviter cet inconvénient, la plupart des galeries de la 3^e catégorie sont forées à une profondeur de 8 à 12 m où les risques de conflits avec d'autres réseaux urbains sont réduits. Les connexions avec les immeubles sont alors assurées par des raccords obliques (fourreaux) de 5 à 30 cm de diamètre jusqu'aux sous-sols des bâtiments (figure 2).

Autres types

Le texte normatif en vigueur n° CSN 737505 appliqué aux galeries multiréseaux envisage et permet d'autres solutions techniques qui n'ont cependant pas encore été appliquées :

Remarques préalables

Les documents tchèques évoquent constamment des galeries de 2^e et 3^e catégorie, sans jamais parler de première catégorie. Voici comment on peut interpréter ces concepts.

La structure urbaine appelle d'elle-même une hiérarchisation des réseaux que suivent bien entendu les galeries. Les apports de puissance électrique, d'eau, etc. venant de l'extérieur de la ville ne sont pas traités en galeries et sont considérés à Prague comme des réseaux de première catégorie. On les appellerait en France réseaux primaires. Les documents remis en novembre 2007 ne les évoquent jamais. En revanche, Kolektory A.S. qualifie de 2^e catégorie les galeries suburbaines de transport énergie, etc. sans branchements et de 3^e catégorie les galeries qui regroupent surtout des réseaux de distribution avec branchements.

Curieusement à Brno (cf. supra) le classement semble être différent.

Jaroslav Sternadel et Michel Gérard

(Figure Kolektory A.S. Ingutis)

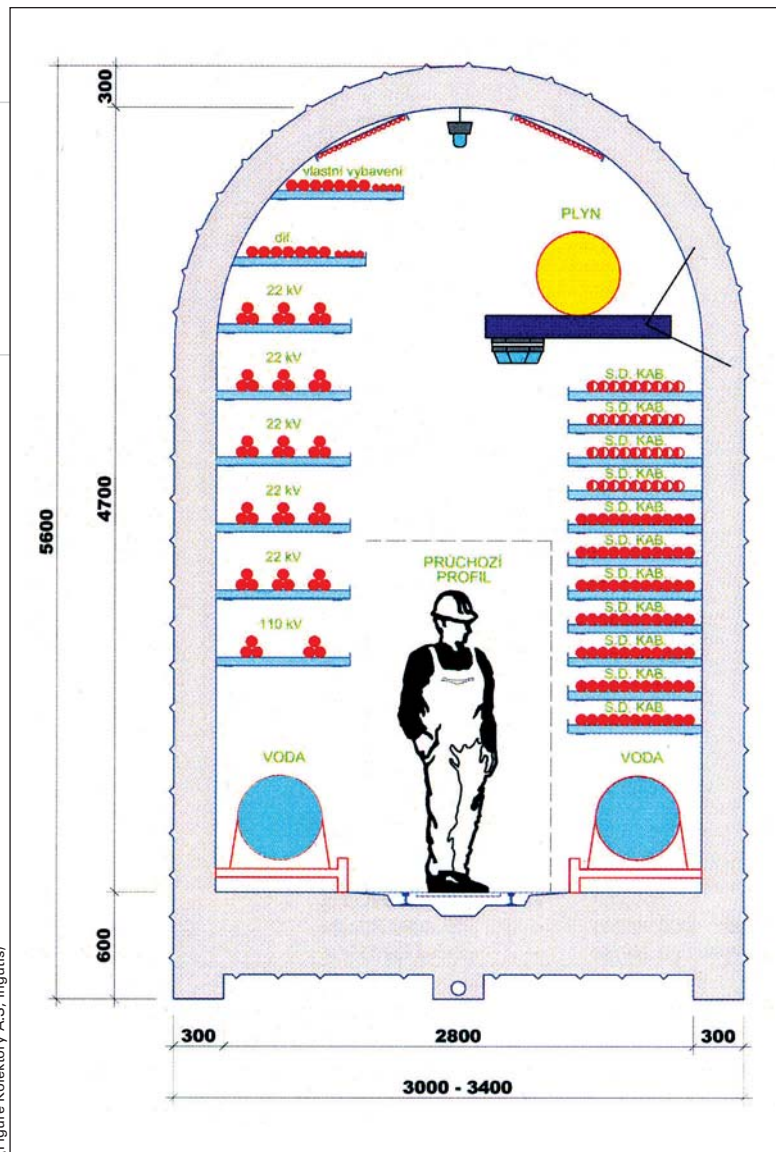


Figure 1
Coupe en travers
d'une galerie
de la 2^e catégorie
Cross section
of a category 2 gallery

Teplo : vapeur
Plyn : gaz
Voda : l'eau
Pruchozi profil : passage
Vlastni vybaveni : câbles
pour marche et régulation
Sdelovaci kabely : câbles
de communication

(Figure Kolektory A.S. Ingutis)

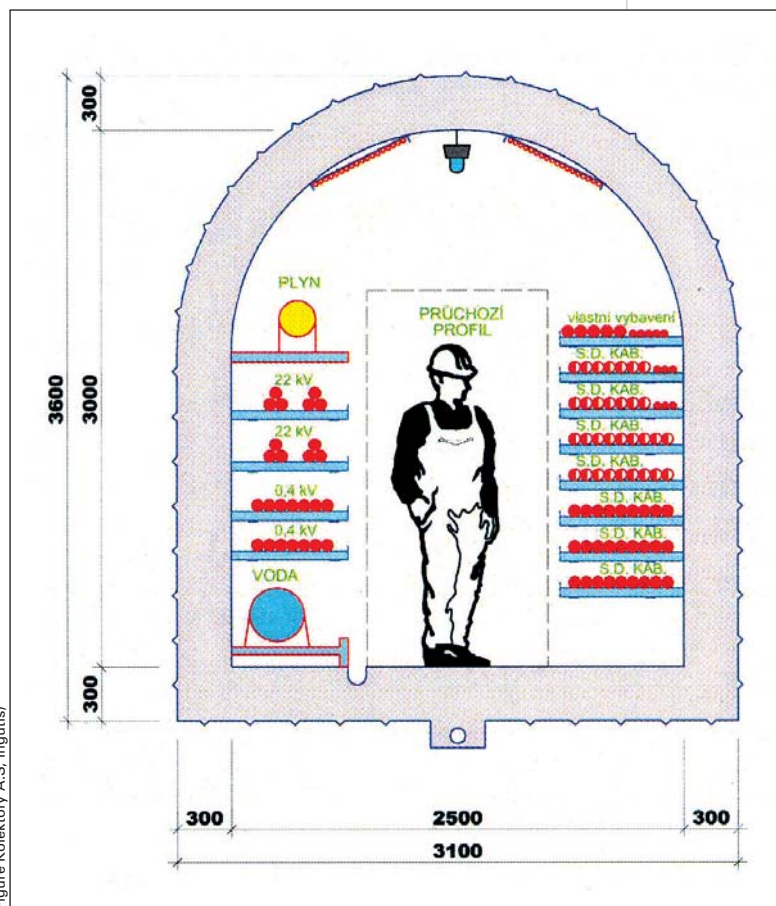
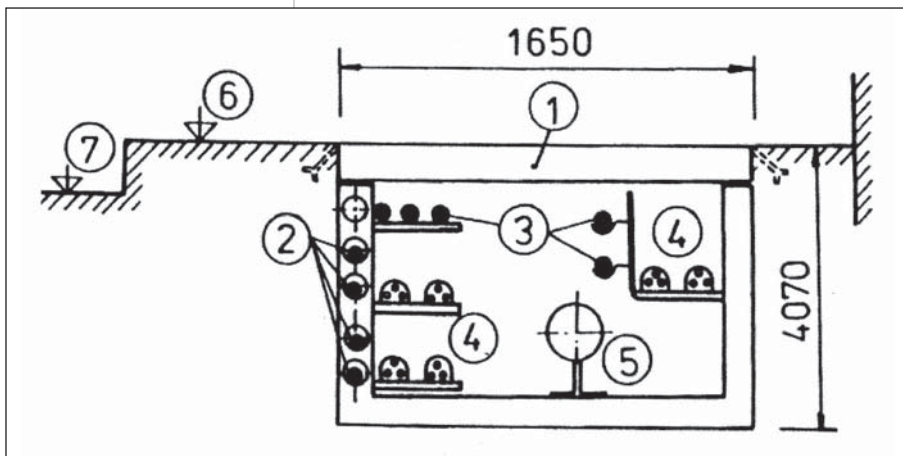


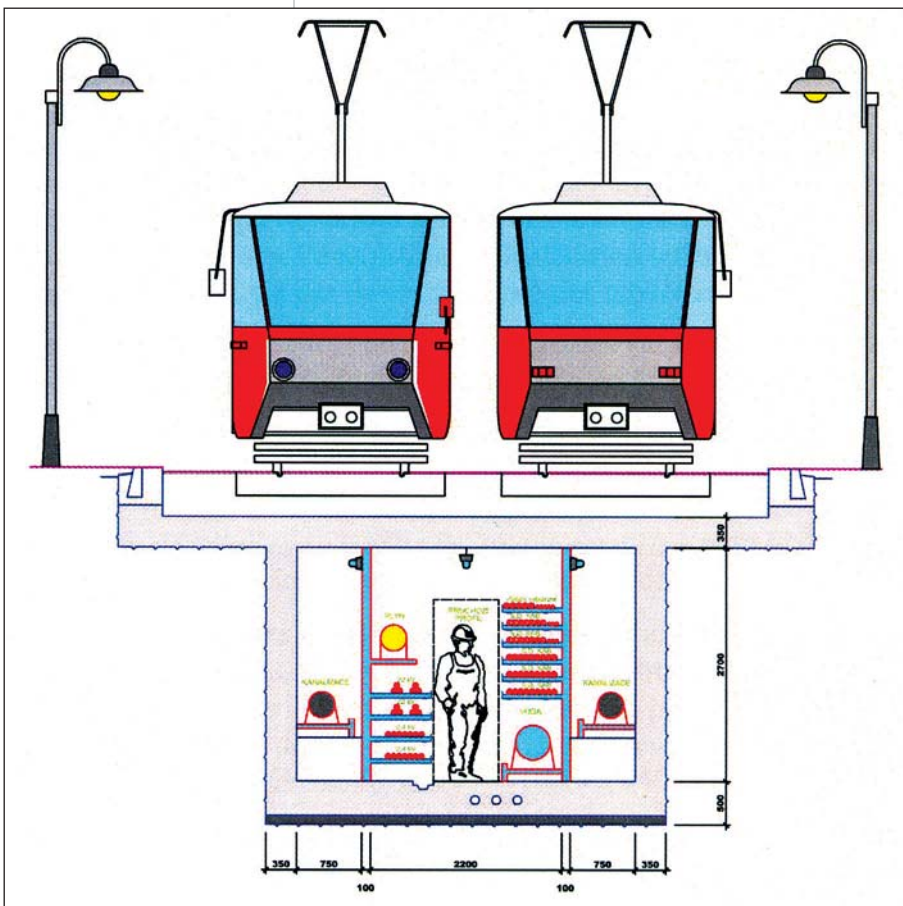
Figure 2
Coupe en travers
d'une galerie
de la 3^e catégorie
Cross section
of a category 3 gallery

Galeries multiréseaux. L'expérience de Prague



(Figure Kolektory A.S., Ingutis)

Figure 3
Coupe en travers d'un caniveau technique
Cross section of a service duct



(Figure Kolektory A.S., Ingutis)

Figure 4
Coupe en travers d'une galerie sous une voie de tramway
Cross section of a gallery under a tramway track

- **utilisation des vides existants, donc sans excavations** : les réseaux parcourent des sous-sols des immeubles. Bien entendu, il convient de les protéger et les sécuriser. Cette conception, pourtant très intéressante, se heurte désormais à des problèmes juridiques engendrés par la privatisation des immeubles¹¹;
- **caniveaux techniques** : les caniveaux techniques abritent des réseaux dans des habitacles non visitables. Ils sont situés sous les trottoirs ou sous les lignes de tramway. Leur couverture, sous forme de dalles, sert de surface de roulement ou de trottoir (figure 3);
- **galeries multiréseaux sous les voies de tramway** : les voies parcourues par des tramways subissent souvent des interventions, soit pour les réseaux souterrains, soit pour l'entretien des rails, des équipements liés et des caténaires. La solution préconisée consiste à installer les réseaux dans des habitacles préfabriqués dont la couverture supporte les voies ferrées et les installations liées. Cette solution est assez onéreuse mais le retour sur investissement est très rapide. Elle n'a pas encore été expérimentée à Prague et pourtant de nombreuses voies pragoises s'y prêteraient facilement (figure 4).

■ **L'exploitation et la sécurité (monitoring)¹²**

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 leur environnement en galerie qu'en pleine terre. Avant 1989 (révolution de velours), la sécurité des galeries multiréseaux était assurée par un personnel nombreux (environ 900 employés) et par des centres de surveillance et de contrôle (dispatchings) fonctionnant en service continu. Les contrôles visuels *in situ* étaient fréquents. Aujourd'hui, 117 employés suffisent pour assurer un contrôle continu du système de gestion centralisé (détection des fumées, système informatique centralisé, système visuel « *in touch* »).

11. Cf. remarque antérieure sur ce sujet : à La Défense (10 km de galeries) le découpage des propriétés en volumes résout aisément toutes ces questions. Mais sans aller jusqu'à cette sophistication juridique, des systèmes simples de partage des propriétés et des responsabilités peuvent être trouvés (Michel Gérard).

12. C'est nous qui traduisons le terme anglo-saxon de *monitoring* utilisé par le tchèque de cette façon (Jaroslav Sternadel et Michel Gérard).

13. Même observation que dans la note précédente.

14. Afin d'éviter les périphrases pour évoquer simultanément les concepts de dangers, d'aléas, de risques, de probabilités, d'événements redoutés etc., Clé de Sol a adopté le mot récent de « *cindynique* », synthétique et fort commode.

Organisation de l'exploitation (dispatching)¹³

Le territoire pragois desservi par des galeries multiréseaux est divisé en trois secteurs (Centre, Est et Ouest) dont la gestion est assurée 24 heures sur 24. Le gestionnaire du secteur Centre peut remplir en cas de besoin, la fonction de gestionnaire de l'ensemble du réseau. La surveillance de chaque secteur est assurée par un système de régulation et de mesurage dans les galeries (température, niveau d'eau, détection de fuites, surveillance d'accès...).

Toutes les données sont enregistrées et conservées dans une base *ad hoc*. Dans la journée, la surveillance et l'entretien sont assurés par une équipe permanente. En dehors des périodes de travail, les services de sécurité de la ville avec, si besoin est, l'aide de la police peuvent gérer les risques (situations exceptionnelles comme menace terroriste, inondation...).

Gestion de la sécurité¹⁴

Enregistrement et analyse systématique de tous les incidents, pannes et avaries

Le fonctionnement et l'exploitation des galeries sont régis par un « Règlement de gestion, de fonctionnement et d'entretien des galeries multiréseaux sur le territoire de la ville de Prague ». Ce règlement, élaboré par les services concernés, développe la mise en place de procédures et d'organisations pour garantir dans le temps une sécurité maximale dans un espace où plusieurs opérateurs ont à intervenir. Le service central de gestion enregistre tous les incidents et pannes. Il s'agit surtout de :

- interruptions de l'alimentation en énergie électrique;
- incidents sur le réseau de chauffage urbain;
- pannes sur le réseau d'eau potable;
- pannes sur les conduites de gaz;
- détection de gaz dangereux;
- départs de feux;
- dilatations anormales de canalisations;
- tentatives d'intrusion;
- contaminations de l'habitable par des substances dangereuses;
- blessures de personnel travaillant dans les galeries;
- entrées d'eau, fuites importantes.

Prévention des situations dangereuses

L'état-major de crise de la capitale et les services de sécurité coopèrent étroitement avec Kolektory A.S. Des exercices thématiques se déroulent régulièrement auxquels toutes les sections de sécurité sont intégrées.



© Michel Gérard

Photo 7

Segment encore peu occupé. L'anticipation est de mise !

Segment not yet greatly occupied. Anticipation is essential!



© Kolektory A.S.

Photo 8

Exercice de sécurité

Safety exercise

Ces exercices consistent à dégager des personnes blessées, à éteindre des incendies et à minimiser les dégâts. Des équipes d'alpinistes et de plongeurs sont régulièrement conviées à ces exercices (photo 8).

Pour permettre l'accoutumance à un milieu souterrain complexe, des plans digitalisés des galeries sont régulièrement actualisés avec les indications techniques correspondantes (longueurs et profondeurs des galeries, nombre et hauteurs des échelles, issues de secours et accès depuis la surface pour divers appareils techniques).

En 2002, Prague a subi une inondation catastrophique qui n'a heureusement que peu endommagé les galeries multiréseaux¹⁵. À la suite de cet événement des plans

15. À l'inverse de ce qui s'est passé pour d'autres types d'infrastructures urbaines.

Le lecteur notera avec intérêt que lors des inondations catastrophiques de la Seine à Paris, en 1910, le métro, qui n'avait pour les lignes existantes que 10 ans d'âge au plus, résista mieux au sinistre que les infrastructures de surface. Il fut remis en marche très rapidement. Contrairement à une opinion, qui sur un projet récent a eu un impact regrettable, les sites sujets à des risques d'inondation ont plutôt moins à craindre de réseaux en galeries, toujours sur supports et retenus par des colliers, que de réseaux enfouis qui « flottent » alors dans le liquide dense que devient la terre dans laquelle ils se trouvent. (Michel Gérard)

Galeries multiréseaux. L'expérience de Prague

Photo 9

Aménagements pour la ventilation du réseau de galeries
Developments for ventilation of the gallery network



© Michel Gérard

Photo 10

Une partie de la ventilation est forcée
Part of the ventilation is forced-draught



© Michel Gérard

Photo 11

Fin de bief
End of river stretch



© Michel Gérard



© Michel Gérard

Photo 12

Émergence de ventilation. Noter l'élégance du traitement : le meuble buffet semble avoir été conçu pour protéger le banc des voitures

Emergence of ventilation system. Note the elegance of the treatment : the buffet furniture seems to have been designed to protect the car bench



d'inondations ont été élaborés, puis plusieurs fois modifiés. Des barrières physiques contre les inondations ont été mises en place. Le but de ces mesures est non seulement d'empêcher la pénétration de l'eau dans les galeries et d'éviter ainsi les dégâts sur les réseaux, mais aussi de protéger les équipements de contrôle et de régulation.

De même, afin de faire face à une éventuelle attaque terroriste lors d'événements exceptionnels (par exemple tenues des conférences au sommet du FMI, de l'Otan, etc.), les contrôles sont renforcés à proportion de la gravité et du caractère du risque couru.

Signalons enfin, que pour éviter toute coupure de courant électrique de longue durée, plusieurs points de branchement à des groupes électriques de dépannage sont prévus.

■ Les avantages des galeries

Les galeries multiréseaux de Prague ont de très précieux avantages surtout dans les domaines suivants :

- distribution sûre et continue de l'énergie;
- réduction des fuites et des dépenses qui en découlent;
- réduction des délais de dépannage à deux à trois heures en moyenne;
- suppression des inconvénients des chantiers (danger, bruit, perte de temps);
- réduction des dégâts occasionnés par des pannes et avaries;

- augmentation de la longévité des réseaux;
- visites, contrôles préventifs et surveillance, évitant pannes et avaries;
- possibilité d'installation de réseaux supplémentaires en évitant les procédures administratives (permis de construire¹⁶...).

Ces aspects positifs sont appréciés des habitants quand ils en perçoivent les effets. Cela a été le cas des habitants des cités-satellites qui ont bénéficié de délais très courts pour installer les lignes de téléphone, de télévision par câble et d'Internet. ■



Photo 13

Puits pour entrée de matériaux vu de l'extérieur. Notez la discrétion du traitement

Shaft for material entrance, exterior view. Note the discretion of the treatment



Photo 14

Un autre puits. Vue rapprochée
Another shaft. Close-up view

Commentaires conclusifs par Michel Gérard

L'expérience tchèque est remarquable et il serait très intéressant que des maires de grandes villes françaises la connaissent, ne serait-ce que pour se rendre compte que ce qu'on dit impossible en France, est possible ailleurs, et à quelle échelle en Tchéquie ! Clé de Sol essaye donc d'organiser un voyage à Prague à cet effet. Dès que les contours de ce projet seront prêts, un avis sera communiqué à différentes revues, dont *Travaux*.

Du point de vue des techniques, de la cindynique¹⁷ et de l'exploitation, le Guide Clé de Sol était sorti depuis plus d'un an lorsque trois des membres du groupe ont visité les réseaux de Prague; ils ont alors eu l'immense satisfaction de constater que les choix des autorités urbaines de Prague, confirmés par une expérience impressionnante, correspondaient totalement aux choix du groupe Clé de Sol. En particulier Kolektory et Ingutis n'excluent aucun réseau en considération de sa dangerosité « alléguée », mais ils prennent les dispositions qui conviennent pour éviter tout incident, même bénin. Nous avons entendu avec intérêt les responsables de Kolektory nous dire qu'ils recevaient chaque année les félicitations de la société locale du gaz dont le rendement a été amélioré (moins de fuites et tout de suite réparées), qui a connu moins d'incidents qu'en pleine terre et qui n'a connu aucun accident, contrairement à son réseau encore en pleine terre.

Les seules différences observées par les Français, mais elles sont de taille, concernent le droit (domaine public, droits des réseaux, pratiques autorisées, etc.) et le financement. Les obstacles linguistiques et culturels sont, sur ces points, très difficiles à franchir et il faut des heures de questions-réponses pour savoir si les deux parties se sont parfaitement comprises.

En Tchéquie les villes fonctionnent largement en régie (système des Stadtwerke allemands) : la ville voit donc remonter dans ses comptes les économies des principaux réseaux¹⁸. Il n'est donc pas très surprenant que même après l'époque de domination soviétique, les autorités pragoises aient continué la pratique des galeries sur la lancée, cette

fois-ci avec un objectif très ambitieux, le secteur historique sauvegardé. Mais déjà elles annoncent qu'elles vont demander aux occupants de participer plus significativement à l'investissement et à l'exploitation. C'est sur ce point que Clé de Sol a sans doute effectué l'avancée la plus significative qui a paru, méthodologiquement, intéresser les Tchèques.

Je trouve personnellement les Tchèques très, voire trop, modestes. Leurs articles se terminent sur une liste d'avantages bien connus des galeries multiréseaux. Ils notent avec un peu d'amertume, me semble-t-il, que les habitants, aveugles quant à ce qui se passe dans leur sous-sol, ne perçoivent ces avantages que lorsqu'ils sont patents.

Clé de Sol a noté cette « ingratitude » du public ailleurs. À Besançon, où 12 km de galeries existent depuis plus de 30 ans dans l'immense quartier de Planoise, les habitants viennent seulement d'observer qu'à l'inverse de la ville ancienne, ils ne connaissaient pas de travaux en voirie. Il est vrai que, comme à Prague, ils avaient immédiatement noté que le câble s'était très vite développé : la télé et Internet, c'est autre chose que l'eau !

Les Tchèques devraient aussi souligner un point très important dans le cas de Prague : Kolektory et Ingutis sont aujourd'hui convaincus que les opérateurs de réseaux n'auraient pas pu faire face à l'augmentation de la demande de fluides provoquée par l'afflux sans cesse croissant de touristes dans une ville ancienne au réseau viaire souvent étroit et irrégulier, sans mettre en danger les bâtiments, pour un bon nombre fondés sur pieux en bois dans les alluvions de la Vltava. Non seulement les galeries à grande profondeur ont permis de résoudre élégamment cette question mais les forages qu'elles ont nécessités ont permis des injections de consolidation des fondations qui ont définitivement rassuré les conservateurs des monuments historiques et les propriétaires privés.

Bel exemple pour de nombreuses villes historiques françaises !

16. Cette indication sur le permis de construire est étonnante pour un Français car les réseaux en sont dispensés explicitement par le Code de l'urbanisme dans notre pays, alors que les galeries ne le sont pas, explicitement s'entend.

17. Voir note 14 sur la définition de ce terme.

18. De moins en moins cependant car les privatisations sont nombreuses, dans le domaine des télécoms en particulier.

Galerías multiréseaux. L'expérience de Praga

ABSTRACT

**Multiple-network galleries.
The experience of Prague**

J. Sternadel

The multiple-network galleries of the city of Prague today form a system covering about 90 km. The most spectacular part of this network is located under the historic city, classified as a World Heritage site.

At a conference in Paris on 6 December 2007, the managers of the company in charge of developing and running the Prague galleries, Kolektory A.S., and the engineering office assisting it, Ingutis, left the participants documents of which the Travaux review publishes a summary here.

The author, who closely follows the Czech documents, first discusses the gallery regulations justified by their large number in the Czech Republic, then gives some information concerning the funding of the Prague galleries. Like the Czech document, he then endeavours to characterise the various types of galleries in Prague. The construction technique (trenches excavated or drilled by tunnel boring machine) plays a predominant role in this classification, but other factors are also involved, in particular connection methods.

Finally, operation, safety and the prevention of hazardous situations, subjects which have generated much thinking, observations and experience feedback, are discussed briefly.

The entire article is punctuated by notes and commentary by the author and translator, Jaroslav Sternadel, and Michel Gérard, former chairman of the national applied research project on multiple-network galleries entitled "Clé de Sol".

The latter ends the article with concluding comments designed in particular to explain certain similarities and differences between the Czech and French contexts.

RESUMEN ESPAÑOL

**Galerías multiredes.
La experiencia de Praga**

J. Sternadel

Hoy en día, las galerías multiredes de la ciudad de Praga forman un conjunto de aproximadamente 90 km. La parte más espectacular de esta red está ubicada debajo de la ciudad histórica, clasificada al patrimonio mundial de la humanidad.

Con motivo de una conferencia en París, el 6 de diciembre de 2007, los responsables de la empresa encargada del desarrollo y de la explotación de las galerías de Praga, Kolektory A.S. y de la oficina de estudios que actúa como asesor, Ingutis, facilitaron a los participantes diversos documentos de los cuales la revista Travaux publica aquí un resumen.

El autor, que sigue de cerca los textos checos, evoca en primero la normativa de las galerías que justifica su número en República Checa y proporciona a continuación algunas indicaciones relativas a la financiación de las galerías de Praga. A semejanza del documento checo, el autor se aplica acto seguido en caracterizar los distintos tipos de galerías de Praga.

El modo constructivo (zanjas excavadas o perforación mediante tuneladora) desempeña un papel preponderante en esta clasificación pero también intervienen otros factores, principalmente los modos de conexión.

Finalmente la explotación, la seguridad y la prevención de las situaciones peligrosas, temas que provocaron numerosas reflexiones, observaciones y aprovechamiento de experiencias, se exponen brevemente.

La totalidad del presente artículo está completado por observaciones y comentarios del autor y traductor, Jaroslav Sternadel, así como por Michel Gérard, ex presidente del proyecto nacional de investigación aplicada acerca de las galerías multiredes denominado "Clave de Sol".

Este último finaliza el artículo por un comentario conclusivo destinado fundamentalmente en explicar algunas similitudes y diferencias entre los contextos checos y francés.

Innovations et nouveautés

Du 3 au 5 juin dernier s'est tenu à Moscou No Dig 2008, le congrès international des techniques sans tranchée.

Organisé par l'ISTT (International Society for Trenchless Technology) et la toute jeune RSTT (Russian STT) et 26^e du nom, il se tenait pour la première fois en Russie, gage d'ouverture de la technologie sans tranchée sur le vaste marché russe.

Parmi les quelque 70 communications présentées, en voici une quinzaine succinctement exposées qui ont retenu notre attention en termes d'innovation ou de nouveauté.

éléments finis. Les modules de réaction de second ordre déterminés par l'équation de Schleicher apparaissent plus élevés que les valeurs calculées par analyse aux éléments finis pour les sols sableux et plus faibles pour ceux de type argileux. Aussi attirent-ils particulièrement l'attention sur l'analyse des efforts dans les sols argileux, que l'équation de Schleicher avantage.

La méthode de calcul disponible dans la norme hollandaise simple et rapide pour le calcul de la distribution des forces normales entre la canalisation et le forage donne une évaluation raisonnable de la force de retrait maximale. Cependant elle ne permet pas d'expliquer tous les problèmes de traction. Kruse, Pruiksmas et Teunissen [3] ont créé un modèle pour le retrait des canalisations, qui peut décrire l'ensemble complexe d'interactions entre la canalisation, la garniture du forage, le fluide de forage et le sol environnant. Les résultats des simulations modélisées améliorent la compréhension des forces de réaction du sol dans les courbes.



Photo 1

L'ouverture du cycle de conférences par John Castle et Dec Downey, respectivement secrétaire et président de l'ISTT (International Society for Trenchless Technology) dont la FSTT (France Sans Tranchée Technologie) est adhérente

Opening of the conference cycle by John Castle and Dec Downey, respectively secretary and chairman of the ISTT (International Society for Trenchless Technology), of which FSTT (France Sans Tranchée Technologie) is a member

■ Travaux neufs

Forage dirigé

Localisation

Nagovitsyn [1] a analysé l'influence des facteurs de dégradation de l'exactitude des systèmes de localisation de HDD et donne quelques recommandations pour réduire l'influence des facteurs d'interférences dues aux propriétés de l'environnement et aux caractéristiques de fonctionnement.

Calcul - Dimensionnement

Partant du fait que la méthode hollandaise courante pour calculer le module de réaction secondaire dans un forage basée sur la théorie de Schleicher est fréquemment remise en cause, Teunissen, Pruiksmas et Kruse [2] ont mené une recherche basée sur des calculs par

Photo 2

Foreuse pour forage dirigé
Drilling machine for directional drilling



à No Dig 2008

Jean-Michel Bergue
Directeur scientifique
FSTT (France Sans Tranchée Technologies)



Photo 3

Faisceau de fourreaux tiré par la foreuse derrière les outils alésurs 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

Microtunnelage

Calcul - Dimensionnement

Aux Pays-Bas, et plus généralement dans les sols mous, un des problèmes rencontrés est le contrôle du forage dans les courbes. Pour mieux comprendre le comportement de l'alésage dans de telles conditions, Broere et Dijkstra [4] ont développé un modèle analytique, qui tient compte du déplacement et de la rotation de l'outil, en prenant en compte la réaction de second ordre et la rigidité du sol en tant que paramètres principaux décrivant le comportement du sol.

Le modèle est calé avec la différence de réaction à l'intérieur et à l'extérieur de la courbe. Les auteurs ont présenté une simulation tridimensionnelle aux éléments finis et comparé les résultats au comportement du microtunnelier.

Shirokov [5] a présenté une méthode de détermination de la pression verticale des terres exercée sur les tuyaux en béton posés par microtunnelage. La méthode est basée sur le phénomène de la formation de voûte par le perçage d'un tunnel fermé et la pression de tassement maximale par opposition aux méthodes de calcul basées sur la technique de rupture du sol pendant le tassement.

Les bases de la méthode de calcul sont la théorie de Protodiakonov concernant la rigidité des terres ainsi que les incidences de la pression du sol. Sur la base des considérations théoriques expérimentalement prouvées, Protodiakonov fait un certain nombre d'hypothèses sur l'effet de voûte et introduit un rapport de la rigidité des terres dans ses calculs. Il s'avère théoriquement et pratiquement que la profondeur n'affecte pas la variation de pression de tassement.

Dans la pratique, cela permet de réduire la pression verticale réelle de tassement dans les calculs conventionnels et permet d'installer des tuyaux plus profondément par microtunnelage, tout en gardant la même capacité mécanique.

Knaub [6] a présenté un nouvel anneau de transmission de pression : le « joint hydraulique ». En appliquant le principe des vases communicants, une distribution uniforme des efforts dans le joint est obtenue sous un grand débattement. En même temps le « joint hydraulique » permet la surveillance fiable en temps réel de la structure du tuyau en tenant compte du mouvement effectif de la tête de forage.

Des méthodes actualisées de navigation sont également présentées, ainsi que la technologie laser de compas gyroscopique appliquée aux systèmes de télécommande avertissant automatiquement le personnel et permettant une réaction immédiate appropriée en cas de déviation d'alignement.

■ Réhabilitation

Chemisage continu polymérisé en place

Pour remédier aux difficultés du chemisage de conduites de petits diamètres comportant des sections courbes, Koyama [7] a présenté la méthode Ailiner DP qui est un procédé de chemisage par inversion avec une enveloppe tissée de polyester imprégnée de résine thermodurcie à l'eau chaude. Le procédé est applicable jusqu'au diamètre 80 mm en négociant des coudes multiples de 90 degrés sans ouverture.

Pour remédier aux contraintes du chemisage de conduites de moyens et de grands diamètres (enveloppes épaisses lourdes à transporter et à mettre en œuvre), Zaltsman [8] a présenté une technologie innovante utilisant une méthodologie de conception inspirée de celle utilisée dans l'industrie de l'espace, qui incorpore le verre et le carbone comme fibres de renforcement dans l'enveloppe de la chemise.

L'orientation optimale des fibres permet d'obtenir une rigidité et une résistance mécanique supérieures à celles



Photo 4

Microtunnelier

Microtunnel boring machine

Innovations et nouveautés à No Dig 2008

Photo 5
Pousse tube
Pipe jack



Photo 6
Forage à la tarière
Auger drilling

des matériaux traditionnels utilisés en chemisage, en gagnant approximativement 40 % en épaisseur, pénalisant d'autant moins la capacité hydraulique de la conduite réhabilitée. Les meilleures caractéristiques physiques de ce composite le rendent également approprié à la réhabilitation des conduites non circulaires.

Persson [9] a complété les diverses études environnementales des technologies de travaux sans tranchée disponibles pour donner une base de comparaison mesurable entre les différentes technologies disponibles pour la réhabilitation des canalisations. Il passe en revue les questions principales et l'expérience internationale sur l'impact que peut avoir le choix de différents matériaux et technologies en ce qui concerne les émissions de CO₂.

Il identifie ensuite les différences principales entre différents systèmes de chemisage actuellement disponibles sur le marché concernant les émissions de CO₂, aux différentes étapes d'un projet typique de réhabilitation.

En employant un rayonnement d'une longueur d'onde spécifique comme catalyseur de durcissement de la chemise, la dépense d'énergie et les émissions de CO₂ peuvent être sensiblement réduites, comparées aux technologies traditionnelles utilisant l'eau chaude ou la vapeur.

Jang, Koo, Yu et Parc [10] ont comparé les techniques de chemisage existantes en Corée et une nouvelle méthode proposée par SGT et l'Université de Séoul (UOSIS). Il s'agit d'un procédé utilisant un mode de durcissement à l'eau chaude pulvérisée avec un appareillage à buse et hélice. Ce mode de durcissement permet d'économiser de l'eau et du temps, tout en concernant mieux toute la surface de l'enveloppe.

Chemisage projeté de polymère

Un chemisage projeté de polymère à séchage rapide de « nouvelle génération » a été développé, mis en œuvre par l'intermédiaire d'un ombilical fixé à une tête de projection avec une épaisseur minimale de 3 mm. Le matériau est complètement durci et la canalisation peut être remise en service une heure après l'application du produit.

Tindell, Thackeray, Stockhill, Brown et Robinson [11] ont présenté les résultats des essais pratiques montrant que cette technique semi-structurante confère les propriétés structurales exigées en conduites d'eau potable « simplement vieilles », avec des dommages localisés ou avec des éclatements limités, offrant de ce fait la continuité longitudinale dans la conduite et la résistance à la rupture satisfaisantes.

Tubage sans espace annulaire

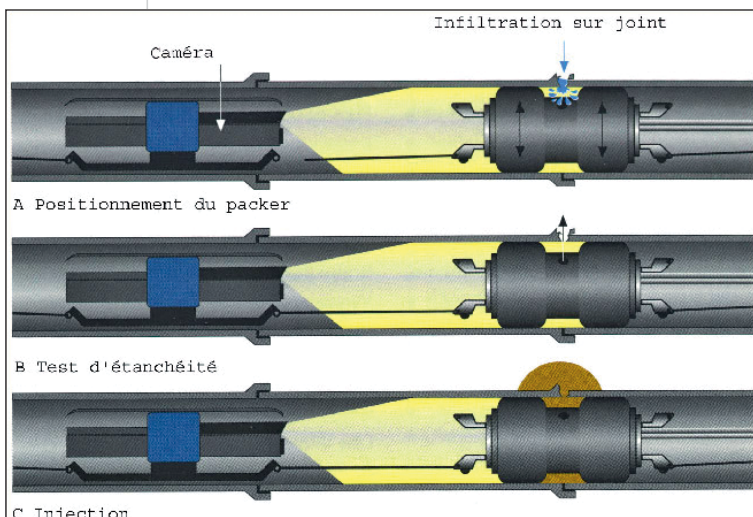
Revenant sur une étude de chargement à divers niveaux de pression hydraulique jusqu'à effondrement de 46 tuyaux réhabilités par tubage sans espace annulaire de diamètre 200 mm et 65 de diamètre 300 mm, Zhao et Whittle [12] ont étudié les anomalies et les contradictions à l'origine de la dispersion des données expérimentales en les examinant statistiquement dans une perspective différente.

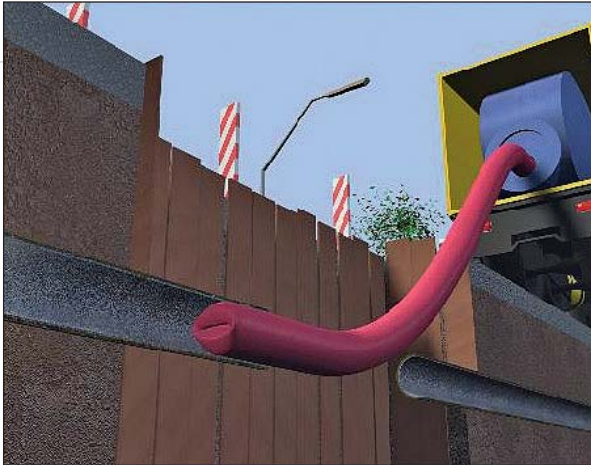
Les auteurs discutent ce qui peut être appris de la dispersion dans les données recueillies et proposent une recommandation de dimensionnement minimum s'adaptant à l'influence inévitable des anomalies et des contradictions « réelles ».

Éclatement

L'effet de l'éclatement de tuyaux sur les réseaux adjacents est un souci important pour tous les utilisateurs de la technique de remplacement par éclatement. Pour

Figure 1
Réparation :
injection
d'étanchement
Repair : sealing
injection





Photos 7 et 8
Rénovation : chemisage polymérisé en place
Renovation :
in situ polymerised lining

contribuer à répondre à cette question, Yamaoka [13] a rendu compte d'une série d'opérations expérimentales d'éclatement centrées sur les mouvements des sols environnants et décrit les résultats d'une étude numérique sur l'effet vis-à-vis des réseaux voisins. Il contribue ainsi à diminuer les craintes générées par cette technologie de remplacement.

Matériaux spéciaux pour réhabilitation

Sterling, Allouche, Diaz, Montes et Vernon [14] ont décrit le développement et l'expérimentation d'un mélange de géopolymères de propriétés mécaniques optimisées pour la réhabilitation des réseaux d'assainissement. Les trois meilleurs modèles de mélange ont été placés dans des regards de visite pour une période de surveillance de 18 mois et soumis à un programme d'essais en milieu acide en laboratoire. Les auteurs pré-

sentent les résultats du programme d'immersion acide en laboratoire et les premiers résultats obtenus en égout.

La corrosion des câbles de précontrainte est une cause importante de détérioration des ouvrages circulaires en béton précontraint. Une des techniques développées récemment pour renforcer des conduites est l'utilisation de polymère renforcé de fibres de carbone (CFRP). Le CFRP est appliqué comme le papier peint et durcit en un à deux jours en conditions ambiantes, atteignant en résistance mécanique deux à trois fois celle de l'acier. Ehsani et Pena [15] ont discuté d'une application récente de 256 m dans un ouvrage de 3 m de diamètre. ■

Références

[1] Nagovitsyn A.L., about on accuracy of locating systems for horizontal directional drilling.

[2] J.A.M. Teunissen, J.-P. Pruiksmas and H.M.G. Kruse, modulus of subgrade reaction for pipelines in a borehole installed by HDD.

[3] H.M.G. Kruse, J.-P. Pruiksmas, J.A.M. Teunissen, modulus of subgrade reaction for pipelines in a borehole.

[4] W. Broere, J. Dijkstra, modeling the behaviour of a micro-tunneling due to steering corrections.

[5] Shirokov V.S., on calculation of vertical ground pressure upon concrete pipes driven by microtunneling.

[6] W. Knaub, new dimensions for pipe jacking and microtunneling.

[7] K. Koyama, a new CIPP technique which can rehabilitate multiple 90° elbows.

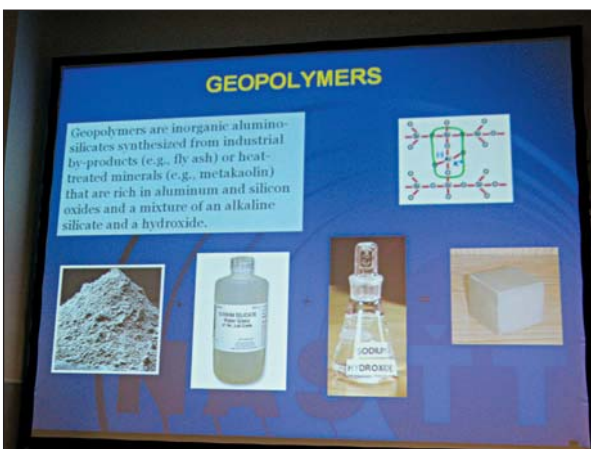


Photo 9

Quelques polymères... (extrait de la présentation de R. Sterling)

Some polymers... (excerpted from the presentation by R. Sterling)



Photo 10

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

Continuous tubing (laid by filling with water)

Innovations et nouveautés à No Dig 2008

- ▶ [8] E. Zaltsman, expanding the application envelope for medium and large diameter cured-in-place pipe products using fiber-reinforced composite technology.
- [9] B. Persson, light cured glass fibre reinforced CIPP and its environmental benefits.
- [10] Jang M., Koo J., Yu M., Park B., new curing techniques of CIPP in Korea.
- [11] I. Tindell, C. Thackeray, P. Stockhill, D. Brown, I. Robinson, semi-structural spray lining : a breakthrough rehabilitation technique for drinking water mains.
- [12] W. Zhao, G. Whittle, long-term liner buckling tests : what we can learn from data scatter.
- [13] R. Yamaoka, numerical study on effect on pipe bursting on adjacent structure/pavement.
- [14] R. Sterling, E.N. Allouche, E.I. Diaz, C. Montes, G. Vernon, applications of geopolymer materials in rehabilitation of industrial sewers.
- [15] M. Ehsani, C. Pena, internal strengthening of prestressed concrete cylinder pipes (PCCP) with carbon fibre reinforced polymer(CFRP).

ABSTRACT
Innovations and new products at No Dig 2008

J.-M. Bergue

About fifteen papers presented in Trenchless Technology Congress No Dig 2008 in Moscow are summed up. There are selected as innovative or new and concern installation of new structures (HDD and microtunneling) and their rehabilitation (lining, bursting).

RESUMEN ESPAÑOL
Innovaciones y novedades en No Dig 2008

J.-M. Bergue

Una quincena de comunicaciones presentadas en el congreso internacional de las técnicas sin zanjas No Dig 2008 en Moscú se presentan de forma resumida. Seleccionadas según diversos criterios de innovación o de novedad, se refieren a los nuevos trabajos (excavación dirigida y microtuneladora) y la rehabilitación (revestimiento, entubación, estallido).

Très haut débit résidentiel : un chantier pour les vingt prochaines années

Stéfan Le Dù
Chargé d'études -
Point d'appui national
Aménagement
Numérique des
Territoires
CETE de l'Ouest

Annoncé fin 2006 par les principaux opérateurs, le déploiement à grande échelle des réseaux de desserte très haut débit en fibre optique s'est jusqu'à présent heurté à deux obstacles : une barrière horizontale, le coût du génie civil; une barrière verticale, la mise en place du câblage optique à l'intérieur des immeubles.

La loi de modernisation de l'Économie a introduit en août 2008 plusieurs dispositions visant à faciliter le déploiement dans les immeubles : obligation de mutualisation des lignes optiques déployées, convention entre opérateurs et propriétaires, « droit à la fibre » inspiré du droit à l'antenne. Dans les immeubles collectifs neufs, le câblage optique dès la construction devient obligatoire à partir du 1^{er} janvier 2011. Au-delà des zones denses et des immeubles collectifs, les aménageurs peuvent prendre des mesures pour faciliter le déploiement ultérieur du très haut débit par fibre optique. Dans les nouveaux lotissements résidentiels par exemple, le maître d'ouvrage devrait prévoir dès la conception la mise en place d'une infrastructure neutre et mutualisée, permettant aux différents opérateurs de desservir les futurs habitants. Il s'appuiera pour cela sur une ingénierie neutre, réalisée de préférence par un prestataire indépendant des opérateurs.

■ FTTH : le très haut débit résidentiel par fibre optique

Principe et intérêt

Le FTTH¹ (« fiber to the home » – fibre jusqu'au logement) consiste – comme son nom l'indique – en la mise en place d'un réseau de fibres optiques dont la terminaison se trouve au plus près de l'abonné : au niveau de son logement.

Le FTTH permet d'apporter aux utilisateurs des accès internet à très haut débit, dépassant les barrières de l'ADSL actuel, qui utilise les câbles de cuivre du réseau téléphonique pour des débits plafonnés à 20 Mbit/s dans les cas les plus favorables, et souvent beaucoup moins en raison de l'éloignement par rapport au central téléphonique. Ainsi, les premières offres commerciales FTTH grand public des opérateurs sont basées sur des connexions à 100 Mbit/s.

Sur le marché professionnel, on trouve des offres avec des débits de 10 Gbit/s (et plus) – avec les mêmes fibres que celles utilisées pour le grand public. La limitation

technique est en effet liée aux équipements optoélectroniques placés à chaque extrémité de la fibre, et non à la fibre elle-même dont les limites physiques restent encore à atteindre.

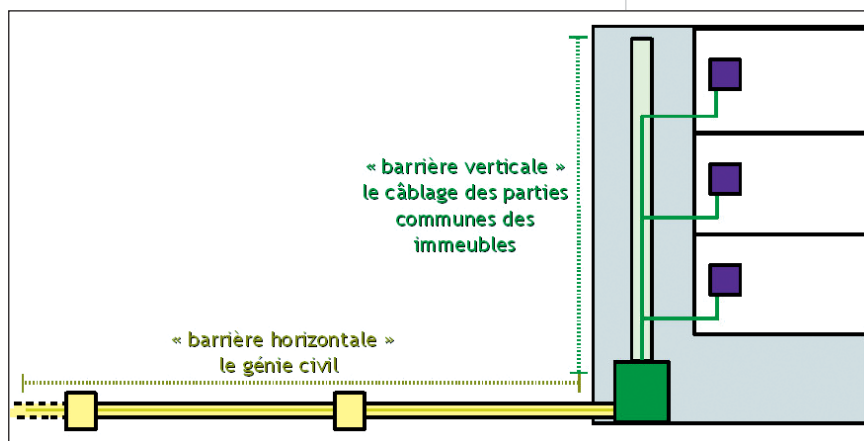
Le très haut débit est de plus en plus justifié, au fur et à mesure que se développent et se démocratisent de nouveaux usages toujours plus consommateurs de bande passante (la vidéo en haute définition, la télé-présence, la sauvegarde à distance en temps réel, le partage de fichiers multimédia...).

Des débuts difficiles

En septembre 2006, l'opérateur Free annonçait un plan de déploiement du FTTH dans les zones denses françaises. Il était rapidement suivi par Neuf Cegetel et Orange.

Deux ans plus tard, les opérateurs communiquent assez peu sur les déploiements réalisés – certains avouent des retards, d'autres avancent timidement des nombres d'abonnés plutôt modestes. En septembre 2008, on dénombrait ainsi 14 200 abonnés à la fibre chez Orange, soit moins de 10 % de l'objectif à fin 2008, annoncé deux ans plus tôt.

Le FTTH s'est jusqu'à présent heurté à plusieurs diffi-



cultés. D'une part, en dehors de Paris où le réseau d'égouts permet de tirer des câbles optiques sans travaux jusqu'au sous-sol de pratiquement tous les immeubles, la mise en place d'une boucle locale optique nécessite de réaliser des travaux de génie civil coûteux dans les rues – sauf à disposer de capacités dans des fourreaux existants, ce qui n'est le cas que de France Télécom et Numéricable² (figure 1).

D'autre part, les opérateurs ont dû faire face aux diffi-

Figure 1

Obstacles au déploiement massif du FTTH

Barriers to massive roll-out of FTTH

1. Pour en savoir plus sur le FTTH : http://www.ant.developpement-durable.gouv.fr/article.php3?id_article=18

2. Il existe désormais une offre régulée d'accès aux infrastructures de génie civil de France Télécom pour le déploiement de réseaux FTTx

Très haut débit résidentiel : un chantier pour les vingt prochaines années

Photo 1

Exemple de boîtiers
d'immeuble

Example of building
junction boxes



► cultés d'accès aux parties communes des immeubles collectifs – qui représentent la majeure partie du parc de logements dans les zones denses.

■ Le câblage optique de l'intérieur des immeubles : une difficulté pour les opérateurs

Immeubles existants : convaincre les copropriétés

Dans les immeubles existants, la mise en place d'un câblage optique dans les parties communes, visant à raccorder le pied d'immeuble (où se trouve l'interface avec le réseau de desserte qui passe dans la rue) et chacun des appartements, nécessite l'autorisation du propriétaire. Pour les immeubles en copropriété, l'opérateur qui souhaite câbler un immeuble doit donc obtenir de la copropriété l'inscription de sa demande à l'ordre du jour de la prochaine assemblée générale (laquelle se tient une fois par an), et lors de cette assemblée, convaincre les copropriétaires de lui accorder l'autorisation.

Les copropriétés, encore marquées par l'expérience parfois douloureuse des réseaux câblés et inquiètes quant à la possibilité pour chacun des occupants de choisir librement son opérateur, ne se sont pas précipitées pour autoriser les opérateurs à pénétrer dans les immeubles. L'association de consommateurs UFC Que Choisir a recommandé en octobre 2007 à toutes les copropriétés de n'autoriser aucun câblage dans l'attente d'un cadre réglementaire clair garantissant le bon fonctionnement de la concurrence (photo 1).

Immeubles neufs : mobiliser les constructeurs

Dans les immeubles neufs, la difficulté est d'un autre ordre : il faut que le maître d'ouvrage de l'opération immobilière soit convaincu de l'intérêt de prévoir le câblage optique des parties communes du bâtiment. Dans le cas contraire, il ne consentira pas à prendre en charge le surcoût d'investissement, estimé à environ 200 euros par appartement – même si de toute évidence le coût sera encore plus élevé si le câblage est réalisé postérieurement à la construction de l'immeuble. Si aux États-Unis les acteurs de l'immobilier commencent à réaliser que la présence du très haut débit dans un logement permet d'en augmenter sensiblement la valeur, il s'agissait en France de sensibiliser des acteurs à une technologie encore récente, dans un contexte où les immeubles doivent déjà être équipés du réseau téléphonique et d'un réseau permettant la distribution de la télévision.

Afin d'inciter les constructeurs immobiliers à intégrer le câblage optique interne dès la construction, le ministre de l'Industrie a lancé en 2006 un projet de label « Logement multimédia », dans le cadre du plan national pour le très haut débit. De son côté, l'ARCEP³ a organisé plusieurs consultations publiques visant à identifier les problèmes rencontrés par les acteurs, rassembler les propositions de chacun, et formuler des préconisations. Ainsi, il est apparu que sans mutualisation de la partie terminale des réseaux, la concurrence ne pourrait pas fonctionner.

Loi de modernisation de l'Économie : des mesures pour le FTTH

Finalement, en août 2008, une partie du contenu du projet de label ainsi que les conclusions des consultations publiques se sont trouvées transcrites dans la loi de modernisation de l'Économie⁴, qui a introduit plusieurs mesures permettant de favoriser le câblage optique des immeubles.

Des garanties pour les copropriétés et les occupants

Dans les immeubles existants, afin de garantir aux propriétaires, copropriétés et occupants des immeubles que le déploiement des réseaux dans les immeubles par les opérateurs ne conduise pas à des situations de

3. ARCEP : Autorité de Régulation des Communications Électroniques des Postes.

4. Volet « Aménagement numérique » de la LME. Voir le site : http://www.ant.developpement-durable.gouv.fr/article.php3?id_article=366

monopole, la loi apporte plusieurs mesures de protection. En effet, si quelqu'un souhaite changer d'opérateur il doit pouvoir le faire sans pour autant déménager...

La première est l'obligation de mutualisation de la partie terminale (cf. encadré « Principe de la mutualisation de la partie terminale »), c'est-à-dire la partie du réseau qui se trouve dans l'immeuble : tout opérateur ayant réalisé les travaux de câblage optique d'un immeuble a l'obligation de permettre à tout autre opérateur d'utiliser les lignes optiques ainsi établies. Concrètement, cela permet d'éviter que les occupants d'un immeuble n'aient accès qu'à l'offre de l'opérateur ayant installé les fibres dans l'immeuble.

La seconde mesure de protection est l'obligation de fixer explicitement les règles dans une convention opérateur-propriétaire, encadrée par la loi, pour tout câblage optique des parties communes.

Outre des garanties quant à la réalisation des travaux sans nuisances excessives, la convention fixe les rôles de chacun ; le propriétaire des parties communes met à disposition des infrastructures (gaines, espace dans un local technique...), l'opérateur pose, entretient et exploite le câblage optique, et assure la mise à disposition des lignes pour les autres opérateurs.

Moins de freins pour le câblage du parc ancien

La loi s'est également attachée à lever les freins au câblage des immeubles par les opérateurs. Ainsi, toute proposition de câblage optique par un opérateur doit désormais être obligatoirement inscrite à l'ordre du jour de la prochaine assemblée de copropriété. Et tout propriétaire (ou copropriété) saisi d'une demande a l'obligation d'y apporter une réponse.

La loi va plus loin en introduisant un « droit à la fibre » : si un occupant souhaite s'abonner au très haut débit et si un opérateur est prêt à réaliser le réseau optique nécessaire dans l'immeuble, alors le propriétaire (ou la copropriété) ne peut pas s'y opposer, sauf motif sérieux et légitime, comme l'existence d'un câblage permettant déjà d'effectuer le raccordement.

1^{er} janvier 2010 : la fibre obligatoire dans les nouveaux immeubles

Enfin, pour le neuf, allant plus loin que l'idée initiale d'un label incitatif, la loi impose désormais que tout immeuble comprenant plusieurs logements ou locaux professionnels soit équipé, dès sa construction, de lignes optiques permettant de desservir chaque appartement ou local.

Cette obligation s'applique à partir du 1^{er} janvier 2010 pour les immeubles de plus de 25 locaux, et à partir du 1^{er} janvier 2011 pour les autres.

Principe de la mutualisation de la partie terminale

Dans l'exemple représenté sur la figure 2 ci-dessus, trois opérateurs disposant chacun de leur réseau de desserte FTTH ont des clients dans l'immeuble III. À l'intérieur de l'immeuble, un câblage mutualisé a été mis en place (en violet sur le schéma) : un opérateur unique a installé au moins une fibre optique par appartement, dans tout l'immeuble.

Ce réseau mutualisé interne relie ainsi chaque logement à un « point de mutualisation », qui constitue l'interface entre les réseaux propres à chaque opérateur et le réseau interne de l'immeuble. Au niveau du point de mutualisation, chaque opérateur relie sa propre fibre à celle qui correspond au logement de son client.

Dans certains cas (zones les plus denses), le point de mutualisation peut se situer en pied d'immeuble et être dédié à l'immeuble.

La LME fixe toutefois le principe que le point de mutualisation se trouvera dans le cas général plus en amont, permettant aux opérateurs de desservir plusieurs immeubles sans pour autant avoir à déployer chacun un câble jusqu'à chaque immeuble.



■ Au-delà des zones denses : l'exemple des nouveaux lotissements résidentiels

Si l'attention est aujourd'hui largement focalisée sur le cas des zones résidentielles les plus denses, où l'habitat est essentiellement collectif, l'extension du très haut débit à des territoires plus étendus nécessitera que des actions soient menées également sur les autres territoires. L'avantage des secteurs où l'habitat est majoritairement pavillonnaire est que la question des parties communes propres aux immeubles collectifs (colonne montante, paliers d'étages) ne se pose pas.

En revanche, la partie « horizontale » y est plus importante : non seulement les longueurs à parcourir pour desservir chaque bâtiment sont en moyenne plus longues que dans les zones denses, mais en plus,

Très haut débit résidentiel : un chantier pour les vingt prochaines années

chaque bâtiment ne comprend qu'un abonné potentiel. Plus encore que dans les zones denses, il est indispensable que celui qui aménage la voirie d'un nouveau quartier résidentiel – dans lequel l'ensemble des réseaux est désormais pratiquement toujours enfoui – pense à intégrer la pose de fourreaux et chambres permettant la desserte optique ultérieure de chaque habitation (photo 2).

Dans les nouveaux lotissements, les aménageurs – publics ou privés – doivent être vigilants sur plusieurs points.

Celui qui paie les fourreaux en est propriétaire et exploitant

Dans le cas d'un lotissement communal, si la collectivité paie les infrastructures d'accueil de réseaux de communications électroniques (fourreaux, chambres, et travaux nécessaires à leur mise en place), alors elle en est et reste propriétaire à l'issue des travaux. Elle les met ensuite à disposition de tous les opérateurs, dans des conditions transparentes et non discriminatoires⁵. Parmi les opérateurs, celui qui est chargé du service universel des télécommunications (actuellement France Télécom) sera un utilisateur comme les autres, même s'il sera certainement présent dans tous les cas (le service universel téléphonique fixe devant être amené partout) et aura besoin de davantage de volume (les câbles et équipements du réseau cuivre étant plus encombrants que ceux des réseaux optiques). À ce titre, il paiera une redevance pour l'utilisation des fourreaux et chambres.

5. Pour plus de précisions sur la mise à disposition d'infrastructures d'accueil de réseaux de communications électroniques, voir le site : http://www.ant.developpement-durable.gouv.fr/article.php?id_article=124

La collectivité n'a aucune obligation de financer la mise en place de fourreaux sur le domaine public : si elle ne le fait pas, c'est aux opérateurs eux-mêmes qu'il appartient de trouver des solutions pour passer leurs réseaux, dans le respect des contraintes d'urbanisme.

Si un opérateur souhaite financer des fourreaux lors de la viabilisation d'un lotissement communal, on se trouve alors dans une démarche de co-investissement. La collectivité a intérêt à négocier des droits d'usage partagés, notamment pour les chambres, afin que l'infrastructure mise en place et ses droits d'usage n'empêchent pas le développement de la concurrence sur la zone considérée.

Dans un lotissement privé, c'est au maître d'ouvrage du lotissement (ou aux opérateurs si ceux-ci sont d'accord) de financer les infrastructures. Si ce dernier finance des fourreaux sous la voirie du lotissement, ceux-ci seront intégrés au domaine public communal, lors de l'éventuel transfert de la voirie du lotissement vers le domaine public communal. La collectivité les met ensuite à disposition des opérateurs, dans les conditions décrites précédemment.

L'ingénierie des infrastructures de télécommunications doit être neutre

Dans un lotissement communal une question revient fréquemment : qui est responsable des études pour les infrastructures télécoms ?

La première approche possible est celle d'une étude d'ingénierie des infrastructures d'accueil de réseaux de communications électroniques réalisée par les services techniques de la collectivité, ou bien par un bureau d'études indépendant de tout opérateur. Dans ce cas, à l'issue des études de projet, le plan des fourreaux et chambres prévus peut être soumis pour avis aux différents opérateurs – futurs locataires des infrastructures. Les opérateurs indiquent alors si le projet permet de répondre à leurs besoins, de préférence en prenant en compte les besoins prévisibles des 5-10 ans à venir, ce qui inclut donc le FTTH. L'opérateur en charge du service universel répond *a minima* pour ses besoins liés au réseau cuivre téléphonique. Bien entendu, la réponse des opérateurs est formulée gratuitement, puisqu'ils sont simplement invités à émettre un avis sur un projet.

La seconde approche est celle d'une collectivité faisant réaliser l'étude d'ingénierie des infrastructures d'accueil par un opérateur de télécommunication privé.

Dans ce cas, celui-ci n'est pas consulté pour donner son avis sur un projet prédéfini, mais pour concevoir le projet en fonction de besoins exprimés par le maître

Photo 2
Lotissement en construction
Housing estate under construction



© DREIF-GOBRY

d'ouvrage. Il intervient non pas en tant qu'opérateur de réseaux, mais en tant que bureau d'études compétent en matière de réseaux télécoms. Sa prestation sera alors logiquement facturée. Au préalable, l'opérateur aura été retenu, soit comme candidat le mieux-disant dans le cadre d'un marché à procédure adaptée (si le coût de l'étude est supérieur à 4000 €), soit dans les autres cas, dans des conditions transparentes et non discriminatoires.

Bien entendu, une ingénierie indépendante des intérêts particuliers de tel ou tel opérateur est préférable. Elle permet d'éviter que l'infrastructure qui est conçue ne constitue un frein au développement local de la concurrence. À l'instar des immeubles collectifs où il est nécessaire de disposer d'un point de mutualisation permettant de partager la partie terminale, dans un lotissement, il faut avoir des possibilités techniques de mutualisation du segment terminal.

Une ingénierie indépendante des opérateurs permet également au maître d'ouvrage de « garder la main » sur les infrastructures télécoms en lui garantissant sa maîtrise d'accès aux ouvrages (figure 3).

Une offre à renforcer, une demande à structurer

Aujourd'hui, toutefois, plusieurs questions demeurent. Les bureaux d'études généralistes VRD réalisant des prestations de maîtrise d'œuvre pour la viabilisation de lotissements résidentiels – ou de zones d'activités également concernées – sont-ils dotés des compétences techniques nécessaires à la prise en compte de ce sujet ? Les maîtres d'ouvrage eux-mêmes pensent-ils systématiquement à inscrire dans leurs appels d'offres pour le choix du maître d'œuvre, que la prestation d'ingénierie à réaliser inclut non seulement la voirie et les réseaux humides, mais également les infrastructures de réseaux de communications électroniques ?

L'observation de ce qui se déroule encore aujourd'hui sur les territoires permet de penser que ce n'est pas toujours le cas.

Si l'on souhaite accompagner le développement d'une offre très haut débit concurrentielle partout en France, et pas seulement dans les zones les plus denses où les investissements des opérateurs privés seuls – avec leurs exigences de retour sur investissement rapide – sont parfois tout juste suffisants pour couvrir les coûts, il est indispensable que dans les zones moins denses, toute opération d'aménagement d'une nouvelle zone résidentielle, inclue la pose d'infrastructures d'accueil de réseaux de communications électroniques dont l'ingénierie est basée sur une approche de réseau ouvert, neutre, mutualisable. Ceci vaut plus généralement,

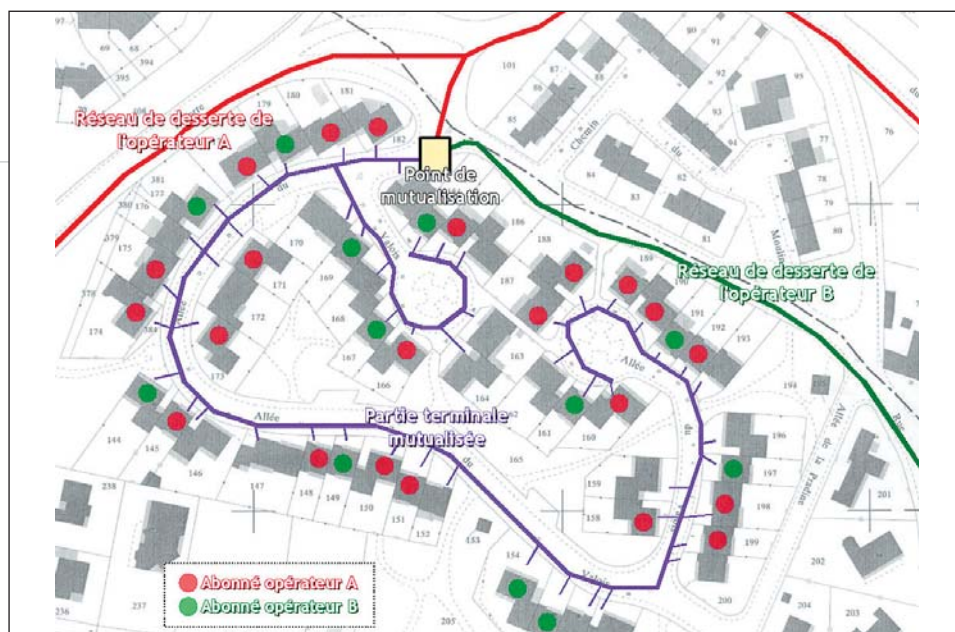


Figure 3
Mutualisation de la partie terminale dans un lotissement résidentiel. Schéma de principe
Pooling of the terminal part in a housing estate. Schematic diagram

pour toute opération de travaux étendue sur une partie urbanisée d'une commune (par exemple la réhabilitation de la voirie d'un quartier, l'amélioration d'une traversée de bourg...). Et l'aménageur est le mieux placé pour l'imposer, a fortiori s'il est public.

Du côté des prestataires d'ingénierie en VRD, la compétence en matière de génie civil pour les réseaux télécoms doit être développée afin d'apporter une réponse au besoin.

Que faut-il poser dans un lotissement résidentiel ?

Sans entrer dans les détails qui doivent être étudiés en fonction de chaque projet, on peut définir quelques principes directeurs simples sur lesquels la maîtrise d'œuvre peut se baser.

Sous la voirie, les chambres doivent être reliées à autant de fourreaux que nécessaire pour permettre, à la fois le déploiement du réseau cuivre téléphonique, et celui d'au moins un réseau optique. Le nombre de fourreaux doit être adapté en conséquence (photo 3).

Il faut également que l'adduction des différentes parcelles, depuis les chambres, permette à terme de tirer un câble optique vers la parcelle, afin d'éviter la création d'une nouvelle adduction spécifique FTTH le jour où la fibre arrivera. Concrètement, cela signifie qu'au moins deux fourreaux par parcelle sont souhaitables. On peut également prévoir, suivant la taille du lotissement et la configuration des réseaux de collecte permettant de raccorder ce lotissement, un point de concentration situé en entrée de la zone aménagée, matérialisé par une chambre de grande taille, ou une armoire. Cet espace technique situé en entrée de zone

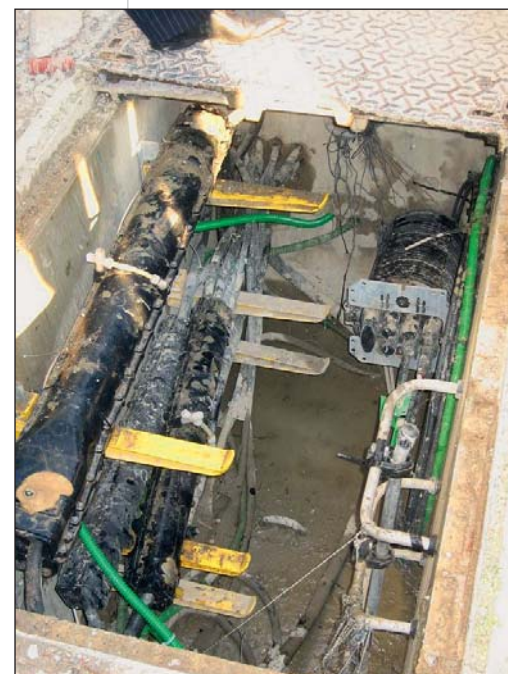


Photo 3
Chambre accueillant à la fois des câbles optiques et des câbles cuivre
Chamber receiving both the optical cables and copper cables

Très haut débit résidentiel : un chantier pour les vingt prochaines années

ne doit pas être dimensionné uniquement pour l'accueil des équipements du réseau téléphonique. L'approche la plus souhaitable est de mettre en place des chambres mutualisables, qui pourront servir à la fois au réseau téléphonique cuivre et aux futurs réseaux optiques FTTH.

■ Conclusion

Le développement du très haut débit résidentiel sur les territoires nécessitera des actions à différents niveaux. Les avancées sur le câblage des parties communes des immeubles constituent un pas dans cette direction.

En anticipant, les collectivités et autres aménageurs peuvent intégrer dans les projets de travaux touchant à la voirie, la pose de fourreaux qui pourront être mobilisés lors des déploiements.

Afin d'avoir une vision d'ensemble, à long terme, des besoins et des actions à mener, un schéma directeur d'aménagement numérique du territoire constituera un outil précieux. ■

> **Pour en savoir plus** sur l'aménagement numérique des territoires, site web : <http://www.ant.developpement-durable.gouv.fr>

ABSTRACT

Residential Very-high-data-rate Digital Subscriber Lines : a project for the next twenty years

St. Le Dû

Announced at the end of 2006 by the leading operators, the large-scale roll-out of fibre-optic VHDSL networks has until now come up against two barriers : a horizontal barrier, the cost of civil engineering, and a vertical barrier, installation of fibre-optic cables inside buildings.

The Act for Modernisation of the Economy in August 2008 introduced several measures designed to facilitate deployment in buildings : obligation of pooling of the fibre-optic lines deployed, agreement between operators and owners, "right to fibre" based on the right to an antenna. In new blocks of flats, fibre-optic cabling as of the construction stage becomes compulsory from 1st January 2011.

Outside of dense areas and blocks of flats, developers can take measures to facilitate the subsequent deployment of fibre-optic VHDSL lines. In new housing estates, for example, the client should provide as of the design stage for the establishment of a neutral, pooled infrastructure, allowing the various operators to serve the future inhabitants. For this purpose neutral engineering will be used, preferably carried out by a contractor independent of the operators.

RESUMEN ESPAÑOL

Muy alta velocidad residencial : una obra para los veinte años venideros

St. Le Dû

Anunciado a finales de 2006 por los principales operadores, el despliegue a gran escala de las redes de conexión de muy alta velocidad de fibra óptica tropezó hasta entonces con dos obstáculos : una barrera horizontal, el coste de la ingeniería civil; una barrera vertical, la implantación del cableado óptico en el interior de los inmuebles.

La ley de modernización de la Economía ha introducido en agosto de 2008 varias disposiciones que tienen como objetivo facilitar el despliegue en los inmuebles : obligación de mutualización de las líneas ópticas desplegadas, convención entre operadores y propietarios, « derecho a la fibra » inspirado del derecho a la antena. En los nuevos inmuebles colectivos, el cableado óptico desde la construcción pasa a ser obligatorio a partir del 1 de enero de 2011.

Más allá de las zonas densas y de los inmuebles colectivos, los responsables de la ordenación pueden tomar diversas medidas para facilitar el despliegue ulterior de la muy alta velocidad por fibra óptica. En las nuevas urbanizaciones residenciales por ejemplo, el promotor deberá prever a partir del establecimiento del concepto la implantación de una infraestructura neutra y mutualizada, que permite a los distintos operadores conectar a los futuros habitantes. Para ello podrá apoyarse sobre una ingeniería neutra, realizada preferentemente por un prestatario independiente a los operadores.

L'intercepteur Est de Montpellier - Lot n° 3

1640 mètres de collecteur en microtunnel Ø 1200 mm

Afin d'acheminer les eaux usées des 220 000 habitants de la dizaine de communes situées à l'est de Montpellier, la communauté d'agglomération a entrepris la pose de la première tranche du collecteur de l'intercepteur Est, réalisée par microtunnelage sur une longueur de 1640 m.

Cette réalisation s'inscrit dans le développement du schéma directeur d'assainissement prévoyant de déconnecter les réseaux séparatifs des réseaux unitaires afin d'étendre et de rationaliser la collecte des eaux usées jusqu'à la station d'épuration Maera d'une capacité de traitement de 470 000 équivalents-habitants.

■ Réduire les nuisances grâce au microtunnelage

Le collecteur rencontre sur son tracé des contraintes liées à sa situation géographique dans un environnement très urbanisé en surface. On dénombre également des voies d'accès à forte circulation, avec des traversées singulières que sont les franchissements des voies du tramway, de l'autoroute A9 et de la rivière Lez. Pour ces raisons, et au regard de la profondeur de l'ouvrage, la technique de pose retenue par la Direction de l'eau et de l'assainissement de l'agglomération s'est

portée sur le microtunnelage. Ce choix était conforté par les avantages environnementaux des techniques de pose des réseaux sans tranchée :

- réduction des circulations d'engins et de camions par la baisse des volumes de déblais-remblais;
- préservation des réseaux et des chaussées en place.

Ces travaux, réalisés par l'entreprise Sade - Service Travaux Spéciaux, ont débuté en novembre 2006 pour s'achever par la mise en service du collecteur au mois d'août 2008.

■ Les données du projet

Géométrie du tracé

Le collecteur d'un diamètre intérieur de 1200 mm est constitué en amont de quatre tronçons rectilignes compris entre les puits P1 et P5 représentant un linéaire de 920 m (figure 1), situé sous l'avenue de la Mer à une profondeur moyenne de 7 m. Sur cette première partie, les adaptations apportées au tracé ont permis de réaliser un tir d'une longueur de 220 m permettant de franchir le radier d'un ouvrage existant avec une couverture de 20 cm sans nécessité de procéder à son dévoiement.

La partie aval longe le Lez sur une longueur de 720 m depuis le puits P10, situé à une profondeur de 8 m, jus-



Pascal Rault
Responsable du pôle
Génie civil - Travaux
souterrains
Sade - Service Travaux
Spéciaux



Pascal Iacono
Directeur du chantier
Sade - Service Travaux
Spéciaux



Figure 1
Lot n° 3 de l'intercepteur Est.
Tronçons P1-P5 et P10-P7
Work section 3 of the eastern
intercepting sewer. Sections
P1-P5 and P10-P7

L'intercepteur Est de Montpellier - Lot n° 3. 1640 mètres de collecteur en microtunnel Ø 1200 mm



Photo 1

Montage du premier anneau
Assembly of the first ring



Photo 3

Immersion de la cage d'armatures
Submersion of the reinforcement cage

Figure 2

Principe d'assemblage
des anneaux
Schematic of ring assembly

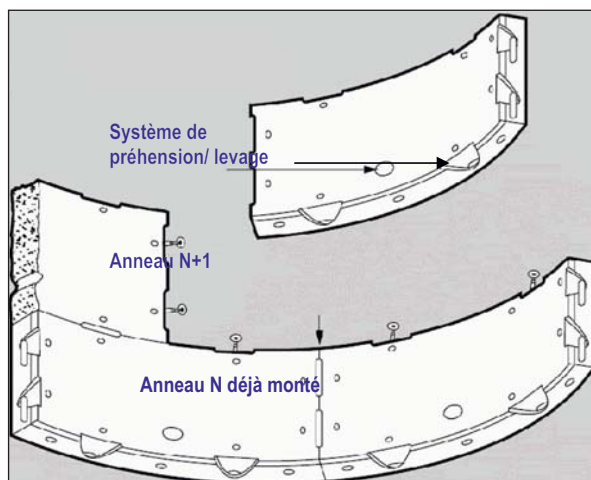


Photo 2

Scellement
des armatures
du radier
Embedding invert
reinforcing bars



qu'au poste de relèvement de Pont Trinquat placé à une profondeur de 13 m.

Conditions hydrogéologiques

Les travaux s'insèrent dans les alluvions modernes du Lez constituées principalement de limons argileux plus ou moins sableux en présence d'une nappe représentant une charge d'eau variant de 2 à 7 m sur la longueur du tracé. La partie aval du projet se trouve à l'interface des formations sablo-graveleuses et des masses de grès de Montpellier.

Le caractère hétérogène de ces données a conditionné le mode de réalisation des puits et l'adéquation de la conception de la roue de coupe du microtunnelier.

Des techniques pour le soutènement des puits adaptées aux conditions hydrologiques

Les variations de hauteur de nappe et de perméabilité du sol en fonction de la nature des alluvions ont conduit à mettre en œuvre deux méthodes de réalisation du soutènement des puits. Ces ouvrages de dimension comprise entre 5,50 m et 4,50 m de diamètre ont pour fonction d'assurer, en phase provisoire, l'introduction ou la sortie du matériel de forage, et en phase définitive de permettre l'accès pour l'exploitation du collecteur.

Les puits réalisés par havage

Pour les terrains argilo-sableux qui présentent une perméabilité relativement faible de l'ordre de 4×10^{-7} m/s, les ouvrages P1 à P4 et P7 sont réalisés par havage d'anneaux constitués de voussoirs préfabriqués en béton armé assemblés mécaniquement. Le premier élément (photo 1) est conçu selon une forme biseautée servant de trousse coupante afin de permettre la pénétration dans le terrain et la protection des parois lors de l'excavation. Les éléments suivants, liaisonnés dans le sens radial et vertical au moyen de goujons ajustables (figure 2), sont montés au fur et à mesure de la progression du puits, facilitée par l'injection d'un coulis de lubrification. En phase définitive, cette couche est substituée par un coulis de serrage qui vient renforcer l'étanchéité des parois, lesquelles présentent l'aspect fini du béton coffré préfabriqué. L'ouvrage est complété par un radier ancré aux parois (photo 2), puis couvert par une dalle en béton armé préfabriquée sur site.

Les puits réalisés en parois au coulis autodurcissable armé

Les puits P5, P6, P9 et P10 interceptent des horizons géologiques constitués de graves sableuses présentant des perméabilités élevées, de l'ordre de 10^{-4} m/s, et très sensibles aux fluctuations des crues du Lez.

Pour ces raisons, ces ouvrages sont réalisés à l'intérieur d'une enceinte étanche formée d'une paroi au coulis autodurcissable armé. Celle-ci sert également de soutènement provisoire pour la construction en phase définitive du génie civil des chambres d'accès.

Le mode de réalisation s'apparente à celui des parois moulées. Les panneaux successifs sont forés au moyen d'une pelle hydraulique montée avec un bâti long équipé en benne preneuse. Simultanément l'excavation est remplie d'un coulis composé de bentonite, de ciment et d'adjuvants dont les qualités thixotropiques assurent la stabilité des parois. En fin de foration, une cage d'armatures est immergée (photo 3) dans le coulis qui assurera sa prise pour atteindre une résistance en compression de 3 MPa après 28 jours.

CARACTÉRISTIQUES DU MICROTUNNELIER

- Constructeur : Herrenknecht
- Type : AVN1200TB
- Date de fabrication : 2006
- Diamètre de forage : 1505 mm
- Longueur totale : 6950 mm
- Poids : 13 t
- Puissance installée sur la tête : 55 kW
- Couple maximum : 258 kNm

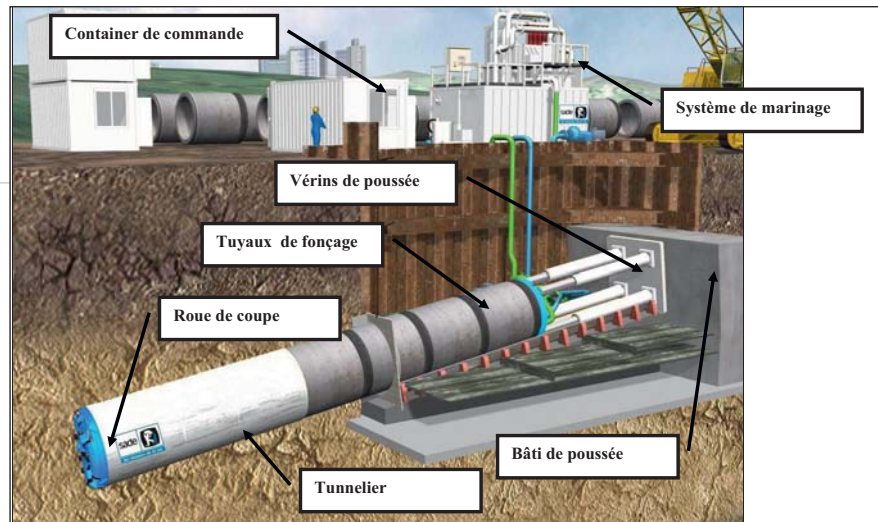


Figure 3
Principe du microtunnel
Schematic of the microtunnel



Photo 4
Unité de traitement
des déblais
Excavation treatment unit

■ Un microtunnelier pour forer sur des grandes longueurs

La configuration du projet et le souhait du maître d'ouvrage d'optimiser le nombre d'ouvrages intermédiaires ont abouti à des distances entre puits d'une longueur moyenne de 200 m avec un maximum de 245 m. Dès lors, cette contrainte conduisait l'entreprise Sade à proposer un microtunnelier disposant d'une motorisation dotée d'une puissance élevée (132 kW) associée à une centrale hydraulique embarquée.

Le fonctionnement de l'ensemble du matériel comprend (figure 3) :

- une station de poussée, des stations intermédiaires qui assurent l'avancement;
- un tunnelier, composé d'une roue de coupe permettant l'excavation;
- un système de marinage pour l'évacuation et le traitement des déblais (photo 4);
- un système de guidage pour contrôler et corriger la trajectoire;

L'intercepteur Est de Montpellier - Lot n° 3. 1640 mètres de collecteur en microtunnel Ø 1200 mm

Photo 5

Station de poussée principale
Main jacking station



Photo 6

Station intermédiaire de poussée
Intermediate jacking station



Photo 8

Montage de la roue de coupe mixte sur le site
Assembly of the combined cutting wheel on site



Photo 7

Roue de coupe terrain meuble
Loose ground cutting wheel



- un système d'injection assurant la lubrification;
- un poste de pilotage en surface pour commander les différents organes de la machine.

Poussée, avancement

Le fonçage des tuyaux est réalisé par l'intermédiaire de la station de poussée principale montée au fond du puits de travail. Elle se compose d'un ensemble de quatre vérins hydrauliques d'une poussée totale de 508 t (photo 5).

En fonction de la longueur du forage et des efforts de frottement exercés par le terrain sur les tuyaux, des stations intermédiaires de poussée sont intercalées tous les 100 m environ entre deux tuyaux. Chaque station est composée d'une virole métallique qui coulisse sur la partie extérieure du tuyau, à l'intérieur de laquelle est installé un ensemble de 14 vérins d'une capacité de 350 t (photo 6).

■ Des outils d'excavation adaptés au changement de géologie

L'excavation s'effectue par l'intermédiaire de la roue de coupe (diamètre extérieur de 1505 mm) installée en tête du microtunnelier et équipée d'outils permettant l'abattage du terrain sous l'action combinée de la rotation et de la poussée. L'équipement de la machine

peut mobiliser un couple d'abattage de 258 kNm avec une vitesse de rotation variable jusqu'à 6,7 tours/minute afin d'adapter l'excavation aux variations de nature des matériaux à extraire.

Pour la réalisation du tronçon P1-P5, le microtunnelier est équipé d'une tête pour « terrains meubles » (photo 7) pourvue de 26 couteaux disposés sur quatre branches offrant une ouverture importante.

Pour la partie aval, la présence de galets et de bancs de grès indurés (Rc de 30 MPa) ont conduit au montage d'une roue de coupe pour « terrains mixtes » avec des ouvertures réduites et composée de six mollettes, dix couteaux et quatre racleurs (photo 8).

■ Une gestion automatisée des injections de lubrification

L'action du frottement du terrain en place qui s'exerce sur les parois du tuyau est réduite au moyen d'injections de coulis de lubrification qui forment une pellicule de l'ordre de 30 mm entre la surcoupe du forage et le diamètre extérieur des tuyaux.

Le coulis, composé de bentonite associée à des polymères, est fabriqué en surface puis distribué et injecté au travers d'inserts équipant les parois des tuyaux. La répartition s'effectue en volume et en pression à partir d'un ensemble de vannes à commande pneumatique (photo 9) gérées depuis la surface. Cette automatisation assure une optimisation parfaite de la lubrification en fonction des zones à compléter.

■ Un système de guidage associant rayon laser et niveau hydrostatique

Le contrôle du guidage du microtunnelier passe par le repérage de sa position et l'application d'une correction de la trajectoire. L'acquisition des écarts en planimétrie et en altimétrie est obtenue à partir de l'impact sur une cible de détection optique d'un rayon laser qui émet depuis le puits de travail (photo 10).

Pour pallier les phénomènes de diffraction constatés au-delà de 150 m, le système de guidage est complété par une mesure de hauteur obtenue à partir d'un capteur électronique calculant la pression et le niveau d'un liquide à l'intérieur d'un tube qui chemine depuis le puits de travail jusqu'à l'avant de la machine (figure 4). La correction de la trajectoire s'effectue par l'action de trois vérins disposés entre la tête et le corps central de la machine.



Photo 9
Vanne d'injection
Injection valve



Photo 10
Cible active embarquée à l'arrière de la machine
Active target mounted on the rear of the machine

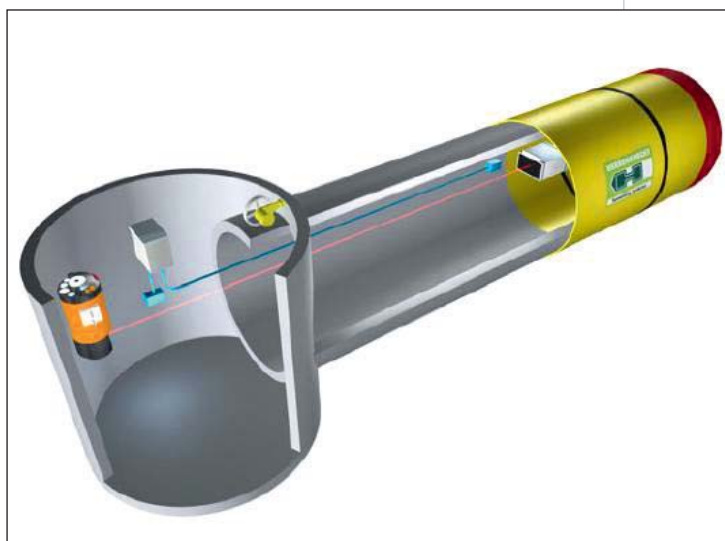


Figure 4
Illustration du guidage laser associé au capteur de niveau
Illustration of laser guidance associated with the level sensor

L'intercepteur Est de Montpellier - Lot n° 3. 1640 mètres de collecteur en microtunnel Ø 1200 mm

Photo 11

Tuyau Meyer en béton
de polymère
*Meyer pipe
in polymer concrete*



Photo 12

Sortie du microtunnelier
à l'intérieur du poste
de relevage Trinquat
*Microtunneller exit
in Trinquat lifting station*



Photo 13

Synoptique et pupitre
de commande
*Mimic panel and control
console*



■ Des matériaux pour les tuyaux en fonction de la présence de H₂S

La partie amont du collecteur est constituée sur 1310 m par des tuyaux en béton armé fabriqués par la société TCR et répondant aux spécifications de la norme EN 16.341. Chaque élément comprend :

- une bague d'emboîtement en acier traité montée à la fabrication et qui assure le blocage d'un joint d'étanchéité;
- un latté en bois, intercalé entre deux faces d'appui pour assurer une répartition des efforts de poussée;
- trois inserts pour la circulation des injections.

Caractéristiques dimensionnelles :

- Diamètre intérieur : 1200 mm.
- Diamètre extérieur : 1490 mm.
- Longueur unitaire : 3000 mm.

En partie aval, à l'approche du poste de relevage et en fonction de la concentration des effluents, le projet nécessitait la mise en œuvre sur un linéaire de 330 m de tuyaux compatibles avec la présence de dégagements de H₂S. Fabriqués par la société Meyer, ces tuyaux de mêmes caractéristiques dimensionnelles sont conçus en béton de polymère à partir de résine de polyester, d'agréats de quartz et de silice (photo 11).

■ Entrées et sorties de terre du microtunnelier

Du fait de la pression des différents fluides inhérents au fonctionnement du microtunnelier (eaux de maritage, coulis de lubrification), et de la charge d'eau liée à la nappe, les opérations d'entrée et de sortie de terre requièrent la mise en place d'un joint presse-étoupe dimensionné pour assurer l'étanchéité entre le terrain

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maitre d'ouvrage

Montpellier Agglomération - Direction de l'Eau et de l'Assainissement

Maitre d'œuvre

Egis Eau Montpellier

Entreprise

Sade - Service Travaux Spéciaux

Sous-traitants

Hydrogéotechnique (reconnaisances complémentaires)

- Montant du marché lot n° 3 : 5470000,00 € HT

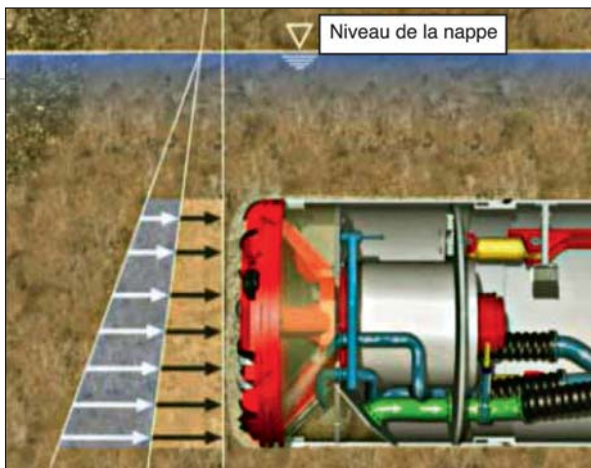


Figure 5

Principe de confinement du front de taille
Schematic of tunnel face confinement

et les parois du puits. Cet élément est constitué d'un anneau en élastomère monté sur une bride en acier scellé sur un massif en béton (photo 12).

■ Des paramètres gérés et enregistrés

Les différents paramètres mesurés apparaissent au niveau du poste de pilotage installé en surface (photo 13). L'excavation (vitesse de rotation, sens de rotation, pression au front de taille) est gérée en association avec la vitesse d'avancement et les données du circuit du marinage (débit des pompes, pression du fluide) afin de maintenir un confinement à l'intérieur de la chambre d'abattage capable de s'opposer aux pressions exercées par le poids des terres et la charge hydrostatique (figure 5).

L'ensemble de ces paramètres fait l'objet d'un enregistrement (figure 6) et d'un traitement avec des objectifs d'amélioration des cadences d'avancement et de respect des tolérances d'implantation. ■

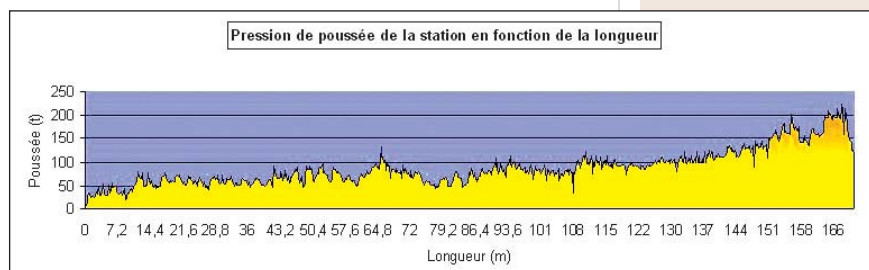


Figure 6

Enregistrement des paramètres d'avancement
Recording of progress parameters

ABSTRACT

Eastern intercepting sewer in Montpellier - Work section 3. 1640 metres of main drain in dia. 1200 mm microtunnel

P. Rault, P. Iacono

To transport the sewage of the 220,000 inhabitants of the ten or so districts located to the east of Montpellier, the inter-municipal association ("Communauté d'agglomération") has undertaken to install the first section of the main drain of the eastern intercepting sewer, executed by microtunneling over a length of 1640 m.

This work forms part of the development of the Master Drainage Plan providing for disconnection of the separate networks from the combined networks so as to extend and rationalise sewage collection up to the Maera sewage plant with a treatment capacity of 470,000 population equivalents.

RESUMEN ESPAÑOL

El interceptor Este de Montpellier - Lote nº 3 - 1640 metros de conducción de alcantarillado en microtúnel Ø 1200 mm

P. Rault y P. Iacono

Con objeto de transportar las aguas residuales de los 220000 habitantes de unos diez municipios ubicados al Este de Montpellier, la mancomunidad urbana ha emprendido el tendido de la primera zanja de la conducción de alcantarillado del interceptor Este, ejecutado por microtuneladora sobre una longitud de 1640 metros.

Esta realización se inscribe en el desarrollo del esquema director de saneamiento que vislumbra la desconexión de las redes separativas de las redes unitarias con el propósito de ampliar y racionalizar la colecta de las aguas residuales hasta la estación depuradora Maera de una capacidad de tratamiento de 470000 equivalentes-habitantes.

Le projet d'assainissement de Chambenier (Ardèche)

C'est dans le but de préserver le milieu naturel que la création d'un réseau de transfert pour acheminer les eaux usées vers une seule et unique station a vu le jour.

Les contraintes naturelles liées à la proximité du Rhône ont rendu ces travaux particulièrement délicats.

L'utilisation ne sera optimum qu'à l'horizon 2020. En attendant des solutions ont dû être trouvées pour faire obstacle aux nuisances occasionnées par le surdimensionnement des réseaux.

■ Bref rappel historique

Pour répondre aux exigences de la loi sur l'eau du 3 janvier 1992 et du décret du 3 juin 1994, une étude de faisabilité préalable au présent projet a été réalisée par le bureau Sogreah en 2002 et 2003, à l'échelle du bassin d'assainissement regroupant quatre communes. Cette étude a permis de définir pour les communes urbaines du Pouzin et de La Voulte-sur-Rhône, et rurales de Baix et de Rompon, un schéma directeur d'assainissement ainsi qu'un comparatif entre plusieurs sites d'implantation de la future station intercommunale de traitement des eaux usées.

Les élus des quatre communes concernées ont alors souhaité mettre en commun leurs forces pour la construction et la gestion de la future station d'épuration et des réseaux de transfert, par la création d'un syndicat, le 18 mars 2004, le Syndicat mixte de Chambenier.

■ Objectifs

Le projet dimensionné à l'horizon 2009 permettra d'assurer la protection du milieu naturel (suppression des rejets directs dans le Rhône et dans le ruisseau du Monteiller) en réalisant la mise en séparatif du vieux bourg du Pouzin, du village de Baix et du hameau de Celles les Bains (commune de Rompon), et en collectant les effluents du hameau des Cabannes (commune de La Voulte-sur-Rhône) et de divers hameaux de Baix (La Roche, La Minlerie et La Croix).

■ Les études

Outre l'étude de faisabilité, une étude d'impact préalable à l'élaboration du dossier d'enquête publique a été confiée, en novembre 2004, au cabinet S.I.E.E. de Montpellier.

En complément, une étude de communication et de qualification des boues a été confiée, en mai 2005, au groupement BCEOM - Egis avec la collaboration de sociologues lors des réunions publiques.

Une étude complémentaire au titre de Natura 2000 a été réalisée par le cabinet Biotope de Montpellier.

Parallèlement, la CNR a été chargée du suivi technique pour les travaux affectant ses propres ouvrages. De même, pour les travaux touchant le domaine SNCF, une mission similaire a été attribuée à RFF (mandataire Adyal).

Une campagne géotechnique a été réalisée par la société SIC Infra pour la station d'épuration et Géo Plus pour les réseaux et postes.

■ Attribution des travaux

Les réseaux de transfert

Un appel d'offres européen pour l'attribution des travaux a été lancé en juin 2006. La commission d'appel d'offres a désigné, en septembre 2006, l'entreprise Rampa TP du Pouzin attributaire des travaux des réseaux de transfert (cf. encadré « Les principaux intervenants »).

Les travaux ont débuté le 20 novembre 2006.

LES PRINCIPAUX INTERVENANTS

Maître d'ouvrage

Syndicat mixte de Chambenier (M. Edmond Fornalik)

Maître d'ouvrage délégué

SDEA (Syndicat départemental d'Équipement de l'Ardèche) (D. Renaud et M. Blondeaux)

Maîtrise d'œuvre (réseaux de transfert)

Bureau d'études Pöyry Environment (Aubenas).
(Chargé d'affaire N. Moulin)

Maîtrise d'œuvre (station d'épuration)

Cabinet Merlin (Lyon)

Coordination sécurité et protection de la santé (CSPS)

Bureau Qualiconsult Sécurité (Bourg-lès-Valence)

Entreprise titulaire

Rampa TP (P. Rampa). Conducteur de travaux
(T. Marandat)

Sous-traitants

- Amec Spie et Pompages Rhône-Alpes (postes de relevage)
- Sacer Sud-Est (voirie)
- Genty Brunel (forage dirigé)
- Can (travaux acrobatiques)
- Eiffage Construction (station de relevage principale SR3)

du Syndicat mixte

Jean-Lou Pailhes
Directeur
Bureau d'études Pöyry

La station d'épuration

À l'issue d'une procédure négociée, le marché de travaux a été attribué au groupement GTM Environnement de Décines et Eiffage Construction du Pouzin au mois d'avril 2007.

Le 4 février 2008 démarraient les travaux de cette station qui aura une capacité de traitement des eaux usées de près de 13 000 équivalents-habitants.

■ Les contraintes du projet

Le projet, situé sur la rive droite du Rhône, a dû composer avec la topographie du terrain, et plus particulièrement avec de très faibles pentes.

Pour la construction de 17 km de collecteurs dont 15 km en refoulement, il a fallu l'implantation de 12 stations de relevage, un forage dirigé sous la rivière Ouvèze au Pouzin, une traversée en souille dans le lit de la rivière Payre à Baix, ainsi qu'une traversée en encorbellement sous le pont du Rhône au Pouzin, pour aboutir finalement à la station d'épuration implantée en rive gauche du Rhône, quartier Chambenier.

Autre contrainte du projet : l'encombrement du sous-sol qui a nécessité un partenariat constant avec l'ensemble des concessionnaires (réseaux gaz HP, PTT longue distance, réseau d'irrigation, drains CNR et tous les réseaux classiques secs et humides).

En outre, pour certaines sections, là où les profondeurs atteignaient plus de 5 m, il a fallu mettre en place des dispositifs d'épuisage et de rabattement de la nappe du Rhône, affleurante à certains endroits.

Quelques points remarquables

Sur 5 km environ, la pose entre La Voulte-sur-Rhône et Le Pouzin s'est faite à la trancheuse, sur l'ex-RN 86 sous circulation intense avec une voie neutralisée (photo 1).

Eu égard à la topographie, la pose du réseau de refoulement a requis la création de points hauts et bas afin de respecter les conditions d'évacuation de l'air. La pose de vidange en points bas s'effectuera par aspiration dans des cheminées à l'aval de robinets vannes (photo 2).

Le franchissement de la rivière la Payre s'est fait en souille, en période d'étiage, après accord des services de la Police de l'eau (photo 3).

La technique du forage dirigé a été retenue pour traverser l'Ouvéze. Passant sous les digues béton et les



Photo 1

La trancheuse en action sur l'ex-RN 86

The trencher in action on former state highway RN 86



Photo 2

Mise en place des vidanges

Installing drains



Photo 3

Franchissement en souille de la rivière

Trench crossing of the river

Le projet d'assainissement du Syndicat mixte de Chambenier (Ardèche)



Photo 4
Traversée de l'Ouvèze par forage dirigé
Crossing the Ouvèze by directional drilling

drains CNR, la distance du tir a atteint 150 m, diamètre 200 mm en PEHD (photo 4).

Les postes de refoulement, situés sur les antennes principales compte tenu des longueurs de refoulement et de la topographie, sont placés entre 5 et 7 m de profondeur. En considérant la nature des terrains, le havage a été adopté comme technique de pose. Les puits sont en éléments béton à âme en tôle de diamètre 3 000 mm (photo 5).

Le réseau de transfert est dimensionné pour raccorder, à l'horizon 2020, 13 000 équivalents-habitants. Sa mise en charge sera toutefois progressive, car elle est liée à l'achèvement des travaux de collecte de l'ensemble des communes.

QUELQUES CHIFFRES

- Enveloppe prévisionnelle de l'opération : 10 585 000 € HT dont :
- > ouvrages de transport des effluents : 4 699 760 € HT (valeur juin 2006)
- > ouvrages de traitement des effluents : 3 489 950 € HT (valeur août 2006)

Financement

- Agence de l'eau : 3 528 500 €
- Région Rhône-Alpes : 669 500 €
- Département de l'Ardèche : 1 224 200 €
- D.G.E. : 205 000 €
- Autofinancement du Syndicat par emprunt : 4 958 300 €

Dans un premier temps le réseau sera donc surdimensionné, amenant des nuisances dues à l'allongement des temps de séjour des effluents dans les refoulements et les stations; dans le cas présent, ces nuisances seront traitées efficacement par un procédé adapté.

■ Le procédé Nutriox®

L'apparition de l'hydrogène sulfuré (H₂S) est liée entre autres, à un temps de séjour des effluents trop long, au cours duquel les composés soufrés sont transformés en sulfure et en H₂S. Ce phénomène ne peut se produire qu'en l'absence d'oxygène (anaérobie).

Au débouché dans le réseau à écoulement libre, le gaz H₂S se dégage et peut, après condensation sur les parois, se transformer en acide sulfurique (pH proche de 0) et endommager gravement les infrastructures.

L'arrivée en station d'épuration d'un effluent avec un fort taux de H₂S augmente, d'une part la consommation en oxygène de celle-ci, mais favorise aussi le développement des algues bactériennes.

Photo 5
Les puits en béton à âme en tôle
Shafts in steel-core concrete



Le passage en encorbellement le long du pont du Pouzin

La traversée du Rhône, au niveau de la commune du Pouzin, est sans doute le point le plus remarquable du tracé. Le choix des techniques pour franchir cet obstacle étant limité, c'est finalement le passage en encorbellement le long du pont qui s'est imposé.

Notons que le Syndicat Ouvèze-Payre (Syndicat de distribution d'eau potable) a profité de ces travaux d'assainissement pour poser en parallèle une canalisation d'eau potable.

C'est la société Can Industrie spécialiste des travaux acrobatiques qui, en sous-traitance de l'entreprise Rampa TP, s'est chargée de l'opération. Avant dépose de l'ancienne canalisation d'eau potable, une conduite volante a été mise en place.



Photo 6

Potence support
des deux canalisations
EU-AEP

Support bracket
for the two
sewage/drinking water
pipes



Photo 7

Joints de dilatation à chaque extrémité du pont
Expansion joints at each end of the bridge

Les canalisations, en acier, ont un diamètre de 350 mm pour les eaux usées et pour l'eau potable, et la longueur de pose est de 300 m.

Une nacelle a été spécialement construite pour déposer l'ancienne canalisation qui était découpée et descendue par tronçon sur un bateau faisant la navette avec la rive. Elle a aussi servi à la mise en place des supports fixés au vousoir métallique du pont.

Le treuillage des deux nouvelles canalisations s'est fait à partir d'une rive, alors que sur la rive opposée s'effectuait le soudage. Le treuil lesté par 5 tonnes de béton est un modèle à air comprimé d'une puissance de 2 tonnes permettant un avancement de 12 m en une dizaine de minutes (photos 6, 7 et 8).



Photo 8

Travaux de dépose
de l'ancienne
canalisation sur une
nacelle spécialement
construite

Work for removal
of the former pipe
on a specially built
cradle

Le projet d'assainissement du Syndicat mixte de Chambenier (Ardèche)



Photo 9

Poste de refoulement avec cuve de traitement H₂S (Nutriox)

Discharge station with H₂S treatment tank (Nutriox)

► Pour éviter ce problème sur le projet de Chambenier, le Syndicat a retenu le procédé de traitement Nutriox®. Celui-ci s'injecte dans les stations de refoulement à l'amont du réseau. Il agit en modifiant la population bactérienne dans les eaux usées et dans le bio-film recouvrant les parois des collecteurs.

L'activité métabolique et la croissance de certains genres bactériens sont ainsi favorisées au détriment des bactéries anaérobies, ce qui permet l'élimination de l'H₂S déjà formé et empêche sa formation ultérieure (photo 9).

Ce produit est également efficace contre les odeurs. ■

ABSTRACT
The Chambenier Joint Authority sewerage project (Ardèche region)

J.-L. Pailhes

It was in order to protect the natural environment that the creation of a transfer network to convey sewage to a single treatment station came into being.

The natural constraints due to the proximity of the Rhone River made this work extremely difficult.

Its operation will be optimum only by 2020. In the meantime, solutions had to be found to prevent the nuisances arising from system oversizing.

RESUMEN ESPAÑOL
Proyecto de saneamiento del Sindicato mixto de Chambenier (Ardèche)

J.-L. Pailhes

Es con el objetivo de preservar el medio natural que la creación de una red de transferencia para transportar las aguas residuales hacia una sola y única estación ha podido realizarse.

Las limitaciones naturales vinculadas con la proximidad del Ródano hicieron que estos trabajos fueron particularmente delicados.

La utilización únicamente será óptima al horizonte de 2020 y, esperando esta fecha, se han tenido que encontrar diversas soluciones para paliar con las molestias provocadas por el sobredimensionamiento de las redes.

Sem@for77 déploie avec succès le premier réseau d'initiative publique en Île-de-France

En quelques années, la société Vinci Networks, aujourd'hui associée à Marais et Axia, est devenue un acteur majeur de la construction et de l'exploitation des réseaux d'initiative publique.

Tout a commencé en 2000, lorsque Sogea Construction et Vinci Énergies ont fondé une société en participation pour construire une artère de fibre optique entre Paris et Hendaye, soit 1400 km de réseau, pour le compte de l'opérateur scandinave Telia. Ensuite, tout est allé très vite. En avril 2001, les deux pôles décident de créer Vinci Networks et lui donnent un objectif : déployer des réseaux de communication pour le compte des opérateurs, et jouer un rôle d'assistance à maîtrise d'ouvrage intégrée. « À cette même époque, rapporte Étienne Dugas, son directeur, la bulle Internet a explosé, et les 2/3 des opérateurs ont déposé le bilan. Nous avons donc cherché à nous repositionner dans la création de réseaux pour le compte de collectivités, sous forme de délégation de service public. En l'espèce, nous avons été des pionniers ».

■ Des perspectives considérables

La stratégie s'est révélée payante. En 2003, Vinci Networks signe sa première affaire en délégation de service public (DSP) avec le Conseil général de Maine-et-Loire. Rappelons que la DSP est un contrat par lequel une personne morale de droit public confie la gestion d'un service public dont elle a la responsabilité à un délégataire public ou privé – en l'occurrence ici, privé – dont la rémunération est substantiellement liée au résultat d'exploitation du service.

L'opération, d'un montant de 30 M€, est alors subventionnée à hauteur de 70 %, pour une concession de 20 ans. Afin de mener à bien ce premier chantier – et ceux qui vont suivre – Vinci Networks décide de se rapprocher de Marais Contracting Services, leader européen dans la pose mécanisée de fibre optique et titulaire du brevet Cleanfast. Ce procédé permet une pose dix fois plus rapide qu'un atelier classique, avec remblaiement de la tranchée à l'avancement et offre un autre atout majeur en milieu urbain : aussitôt ouverte, la tranchée est déjà refermée, d'où un gain de temps et une diminution notable des nuisances visuelles et sonores.

En 2006, Vinci Networks, le Canadien Axia et Marais Contracting Services s'associent et donnent naissance à Covage pour construire et exploiter, en tant qu'opérateur d'opérateurs, le marché du très haut débit. « Les

perspectives sont considérables, moyennant quelques investissements, explique Étienne Dugas, président de Covage. À l'échéance 2030, la France entière sera raccordée en fibre optique, ce qui représente environ 30 Md€ d'investissements à la fois publics et privés. C'est un vrai choix de société ».



■ La DSP de Seine-et-Marne

En novembre de la même année, le Conseil général de la Seine-et-Marne confie à Covage, toujours en sa qualité d'opérateur d'opérateurs, la DSP du très haut débit sur l'ensemble de son département. Le projet, baptisé Sem@for77, est financé à 60 % par le groupement, le reste étant pris en charge à parts égales par la région Île-de-France et le département, pour un montant total de 80 M€. « Le réseau, qui comprend 1 100 km de fibre optique et une couverture WiMax¹, permettra de couvrir les 514 communes du département, de desservir en fibre optique la plupart des zones d'activités et un grand nombre d'établissements publics dans les secteurs de la santé, de l'éducation et de l'administration », indique Patrick Marre, le directeur de Sem@for77. La fin des travaux est prévue en novembre, date à laquelle pourra démarrer la phase d'exploitation et de commercialisation, prévue sur une durée restante de 18 ans.

1. Worldwide Interoperability for Microwave Access, est une famille de normes définissant les connexions à haut-débit par voie hertzienne et promet des débits de plusieurs dizaines de mégabits/seconde sur des rayons de couverture de quelques dizaines de kilomètres.



Étienne Dugas
Président
Covage



Guilhem Prieur
Responsable
de la communication
Covage

Sem@for77 déploie avec succès le premier réseau d'initiative publique en Île-de-France

■ Sem@for77 : le 1^{er} réseau en Île-de-France

Le compte à rebours a démarré le 6 novembre 2006 lors de la signature du contrat de délégation de service public entre Covage et le Conseil général de Seine-et-Marne. Le premier mois a été le moment de la mobilisation d'une équipe confirmée de 15 personnes afin de piloter ce projet dans les meilleures conditions.

Les six premiers mois du projet ont été consacrés aux études nécessaires à la réalisation du projet. Au-delà des APS et APD incontournables (respectivement avant-projet sommaire et avant-projet détaillé), l'ensemble des acteurs concernés par le projet de réseau très haut débit ont été rencontrés : les services des collectivités (communes et communautés de communes), les aménageurs de zones d'activités, les organismes institutionnels (Chambres de commerce et d'industrie, etc.), les concessionnaires (réseaux d'électricité, de gaz, d'eau, etc.), les groupes d'intérêt économique, les promoteurs immobiliers, les associations de riverains, etc.

Le défi lancé à Sem@for77

Pour Sem@for77, il s'agissait de relever le défi suivant : mener de front l'ensemble de ces opérations en tenant compte de leur interdépendance.

Il a donc fallu résoudre une équation à cinq inconnues et qui varient en permanence :

- la situation des sites des shelters;
- la situation des points hauts WiMax;
- les droits de passage pour les gestionnaires;
- la récupération d'infrastructures existantes;
- la définition de l'ingénierie optique.

Nous avons procédé par itération successive tout en ayant un délai très contraignant (24 mois pour concevoir, construire et activer le réseau).

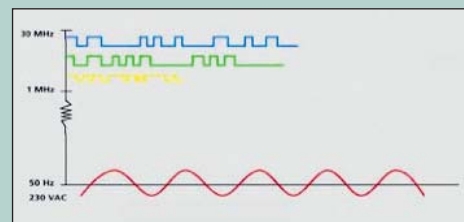
La mutualisation des fourreaux est en effet cruciale afin de limiter les investissements financiers et accélérer le déroulé du projet. En outre, la mutualisation préserve la population des nuisances habituelles liées à la réali-

Le haut-débit via le réseau électrique pour porter l'Internet et des services énergétiques

Une technologie mature

La technologie des courants porteurs en ligne permet la transmission de données numériques haut-débit en utilisant le réseau électrique comme support de propagation des signaux.

Le principe consiste à superposer des signaux haute fréquence (compris dans la bande de 1 à 30 MHz) au courant alternatif 50 Hz.



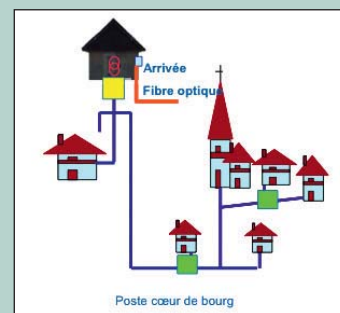
Des innovations

La technologie CPL, qui permet de transporter l'Internet sur le fil électrique, est utilisée pour mettre en place le réseau haut-débit qui va collecter les données de consommation des ménages, mais aussi des conseils, le partage des meilleures pratiques...

L'investissement par logement est ainsi fortement réduit ce qui facilite le déploiement des offres télécoms.

Une architecture robuste

Le haut-débit est acheminé via une fibre optique ou un réseau WiMax jusqu'aux postes de transformation électrique à partir desquels l'information va transiter par le réseau électrique pour parvenir aux foyers à travers la prise électrique.



Source : Effineo

sation de travaux : bruit, poussière, ralentissement de la circulation, équilibre écologique. Il s'agit également de procéder à une gestion cohérente des sous-sols et réseaux existants des collectivités.

Ainsi, 90 km de fourreaux ont été mutualisés avec l'opérateur Global Crossing, 43 km auprès de Level 3, 90 km auprès de Neuf Cégétel, 11 km auprès de Colt, 29 km chez Numéricable et 35 km chez RFF (Réseau Ferré de France); soit près de 300 km. Ces 300 km de fourreaux viennent s'ajouter aux 850 km de génie civil déployés sur l'ensemble du territoire.

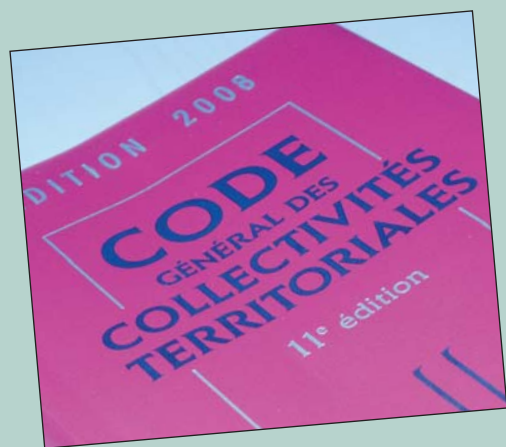
Pour assurer une bonne gestion des aspects contractuels liés au transfert des titres de propriété, des droits de passage, des baux des points hauts et des shelters, la

recherche et la négociation de sites de réception de ces shelters, une juriste à plein-temps a été missionnée sur le projet.

En effet, il était également prévu dans le projet la pose de 22 shelters : des sites permettant d'accueillir des équipements de télécom ou de régénération du signal. Sem@for77 a confié à Sobeia Environnement, filiale de Vinci Construction France, un contrat d'entreprise générale pour la réalisation des 850 km de génie civil à déployer.

Compte tenu de l'envergure du projet, Sobeia Environnement a découpé les travaux en différents lots ou tronçons de 50 à 100 km. Chaque lot a été piloté par une entreprise partenaire afin de réaliser

À chacun son modèle !



Covage propose des solutions innovantes aux collectivités pour répondre et dépasser leurs objectifs quel que soit le modèle retenu.

Chaque collectivité peut avoir recours au partenariat public privé « PPP » ou à la délégation de service public « DSP » selon ses objectifs.

En **PPP**, la collectivité s'assure une maîtrise de l'outil ainsi qu'une couverture des zones où l'équilibre économique peut sembler fragile : le loyer versé annuellement par la collectivité à la société de projet, titulaire du contrat de partenariat, garantit une fourniture de service et un engagement supérieur de la part du ou des industriels actionnaires de la société de projet à la collectivité. La personne publique définit les tarifs de mise à disposition des services et perçoit les revenus auprès des usagers, quitte à mandater la société de projet pour assurer une mission d'assistance à la commercialisa-

tion. Dans ce cadre la société de projet assume la conception, le financement, la construction et l'exploitation technique du réseau, contre partie du loyer annuel versé par la collectivité prélevé sur son budget de fonctionnement.

Le modèle **DSP** incite le délégataire à être plus proactif concernant la commercialisation des services. Ce modèle sera particulièrement pertinent sur les territoires à forte densité et à potentiel économique probant, où la rentabilité économique moyennant une subvention d'équipement est avérée. Le délégataire commercialise le réseau qu'il a conçu, construit et financé en partie sur fonds propres à ses risques et périls. Contrairement au PPP, le délégataire perçoit les revenus issus de la vente des services aux usagers. Pour la collectivité une fois son service public délégué, elle en perd une partie de la maîtrise. C'est le délégataire qui a fixé les tarifs, quand bien même il ne peut les modifier sans l'accord du délégant; c'est lui également qui définit la politique commerciale et marketing.

Au-delà des aspects de rentabilité et d'aménagement du territoire la différence fondamentale entre les deux modèles pour la collectivité c'est bien le financement : budget d'investissement pour la DSP et budget de fonctionnement pour le PPP. Il est également possible, voire souhaitable, d'imaginer une association des deux modèles : PPP pour l'infrastructure et DSP sous forme d'affermage pour sa commercialisation, le loyer versé par le fermier couvrant peu ou prou le loyer versé à la société de projet dans le cadre du PPP.

Sem@for77 déploie avec succès le premier réseau d'initiative publique en Île-de-France

▶ simultanément plusieurs tronçons du réseau Sem@for77. L'ingénierie optique a été définie en même temps par les équipes de Sem@for77 pour permettre la pose et les raccordements de câbles, de 12 à 288 fibres, fournis par Silec.

Juin 2007 marque la date du premier coup de pioche en vue du déploiement du réseau. La première tranchée a été ouverte sur la commune de Fontainebleau.

Si le projet prévoyait essentiellement le déploiement d'un réseau en fibre optique, nos engagements nous ont poussés à envisager des solutions alternatives afin de permettre un accès au haut-débit pour tous. Dans ce sens, 14 points hauts ont été équipés de stations de base (base station ou BS) pour étendre la couverture WiMax; au préalable, 35 BS existantes avaient été déployées dans le cadre d'un marché de conception et de construction antérieur à la DSP.

Ces BS sont exploitées par Sem@for77 moyennant une redevance d'affermage payée par Sem@for77 au Conseil général.

Sem@for77 a été une grande aventure humaine complexe, avec une belle réussite à la clef : les 1200 kilomètres de réseau ont été déployés dans les délais. Grâce à ce réseau, les entreprises et les habitants du département de la Seine-et-Marne peuvent bénéficier de l'accès à Internet en haut-débit et les entreprises ont accès à des services très haut-débit pour rester compétitives. ■

ABSTRACT

Sem@for77 successfully deploys the first public initiative network in the Île-de-France region

É. Dugas, G. Prieur

Covage and its subsidiary Sem@for77 have deployed a VHDSL network of nearly 1200 km over the entire territory of the Seine-et-Marne department.

The financing for this network is provided 40 % by local bodies (department Council 50 %, regional Council 50 %) and 60 % by Covage. Successfully deployed on schedule (in 24 months) despite major constraints, Sem@for77 is already providing inhabitants, companies and government departments with latest-generation services within the framework of development of the region's digital systems infrastructure, in natural continuity with the departmental highway infrastructure.

RESUMEN ESPAÑOL

Sem@for77 despliega con éxito la primera Red de iniciativa pública en Île-de-France

É. Dugas y G. Prieur

Covage y su filial Sem@for77 desplegaron una red de muy alta velocidad de casi 1200 kilómetros en la totalidad del territorio de Seine-et-Marne.

Esta red está financiada a razón del 40 % por las colectividades locales (diputación provincial 50 %, consejo regional 50 %) y a razón del 60 % por Covage. Desplegado con todo éxito dentro de los plazos impartidos (24 meses) y a pesar de fuertes imperativos, Sem@for77 ya puede aportar a los habitantes, empresas y administraciones los servicios de última generación en el marco de la ordenación digital del territorio, prolongación natural de las infraestructuras viarias departamentales.