

Réhabilitation par tubage des conduites d'eau au moyen de tubes en polyéthylène à haute densité

Par Jack Q. Zhao

Le tubage est une technologie de réhabilitation sans tranchée des conduites, qui offre de nombreux avantages par rapport à la méthode traditionnelle d'excavation. Ce numéro renferme des informations sur la réalisation, la performance et les coûts du tubage, tirées d'un projet récent mené par l'Institut de recherche en construction du CNRC.

Méthode employée pour réhabiliter les canalisations (eau, égout et gaz) souterraines, le tubage consiste à insérer un tube neuf à l'intérieur d'une canalisation existante¹. Sauf à des endroits particuliers, cette technique ne nécessite pas de creuser de tranchée, d'où les nombreux avantages par rapport aux travaux de remplacement ou de réparation faisant appel au creusement et au remblayage de tranchées (moins d'entraves à la circulation, de nuisance pour l'environ-

nement, de dérangements pour le public). Ainsi, la réhabilitation par tubage d'une conduite d'eau de 915 mm de diamètre dans une rue d'Ottawa, en 1999, est presque passée inaperçue, sauf aux environs des fosses d'insertion et des lieux d'entreposage des matériaux (figure 1).

Ce numéro s'intéresse plus particulièrement à la réhabilitation par tubage des conduites d'eau à l'aide de tubes en polyéthylène à haute densité (PEHD), avec injection de coulis dans l'espace annulaire compris entre le tube intérieur et la conduite existante. Il vise à aider les ingénieurs municipaux à entreprendre des projets de réhabilitation de conduites qui soient économiques et durables.

Considérations techniques

Capacité de débit

Un des principaux facteurs que l'étude des projets de réhabilitation par tubage doit prendre en compte est la capacité de débit. Le diamètre extérieur du tube inséré est habituellement de 10 % minimum inférieur au diamètre intérieur de la conduite existante. Par conséquent, la section d'écoulement (A_L) de la conduite réhabilitée est inférieure à celle de la conduite existante (A_H). La capacité de débit du tube inséré augmente avec l'accroissement du rapport



Figure 1. Réhabilitation par tubage d'une conduite, rue Gloucester, Ottawa

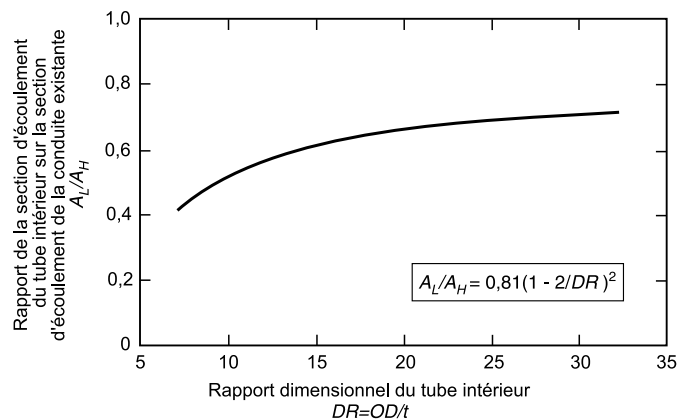


Figure 2. Effet du rapport dimensionnel du tubage sur la réduction de la section d'écoulement

dimensionnel (rapport du diamètre extérieur sur son épaisseur) (figure 2). Comme le tube intérieur est habituellement plus lisse que la conduite existante, la baisse de capacité de débit due à la réduction de la section d'écoulement peut être légèrement compensée par la résistance amoindrie à l'écoulement.

Charges

Un autre facteur à considérer est la résistance du tubage aux charges imposées par le sol et aux surcharges. Les conduites principales de distribution d'eau sont soumises à la fois à des charges internes, de nature hydrostatique, et à des charges externes, celles des sols; ces dernières sont supportées par la conduite existante, avant et après la mise en place du tubage, et ce, tant que la conduite existante conserve son intégrité. Dans le cas d'un tubage sans injection de coulis annulaire, le tube intérieur est soumis uniquement aux charges hydrostatiques internes et externes. Dans le cas d'un tubage avec injection de coulis, les charges internes et externes sont distribuées à la conduite existante, à l'anneau de coulis et au tube intérieur, selon la rigidité relative de chacun de ces éléments (ce principe ne s'applique pas aux tubes installés aux endroits des fosses d'insertion car la section de conduite existante a été retirée pour faciliter l'insertion et le raccordement des tubes). On cherche actuellement à déterminer la durée et l'importance de la résistance de la conduite existante aux charges externes après réhabilitation.

Joints

En raison de la facilité avec laquelle ils peuvent être assemblés par fusion bout à bout, les tubes en PEHD sont tout indiqués pour les projets de tubage. S'ils sont correctement réalisés, les joints aboutés sont aussi résistants que les tronçons sans joints. Cependant, des conditions de chantier défavorables (par exemple un refroidissement rapide, la présence de poussière ou d'humidité) peuvent compromettre la résistance du joint. Il est important de bien observer la méthode

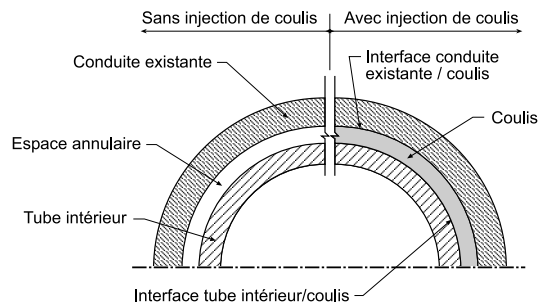


Figure 3. Espace annulaire avec et sans coulis

d'assemblage par fusion² et de s'assurer, après chaque opération, que la plaque chauffante de la machine est propre et qu'elle fonctionne correctement.

Les joints ainsi réalisés doivent être soumis à un contrôle de la qualité et à des essais. On veillera à retenir les services d'inspecteurs indépendants pour l'essai des joints aboutés selon des critères semblables à ceux établis dans une récente étude de l'IRC³. On note actuellement un manque de mesures uniformes de contrôle de qualité des joints par fusion réalisés sur place; l'IRC cherche à combler cette lacune.

D'autres types de joints, notamment les joints à bride, s'imposent dans certaines configurations ou pour les tronçons de conduites assemblés dans les fosses d'insertion. Dans le cas des joints à bride, des raccords en T, des branchements latéraux, des raccordements de vannes ou des assemblages comportant d'autres types de matériaux, il est essentiel d'employer des fixations et des matériaux ayant une durabilité au moins équivalente à celle du tubage en PEHD.

Facteurs influant sur la résistance des conduites tubées

Coulis

L'espace séparant la conduite existante du tube inséré peut être ou non comblé de coulis (figure 3). Bien que l'on ne connaisse pas encore complètement les conséquences de l'utilisation de coulis, sa présence dans l'espace annulaire offre les avantages suivants :

- résistance accrue au flambement au moment de la vidange de la conduite;
- résistance accrue aux ruptures par cisaillement à l'endroit des branchements latéraux;
- meilleure protection du tube intérieur en cas de bris de la conduite existante;
- durée de vie utile plus longue du tube intérieur, grâce à la répartition des charges⁴.

Habituellement, le calcul du tubage suppose que la conduite existante et le coulis ne participent pas aux charges résistantes⁵. On a tendance à présumer de la dégradation

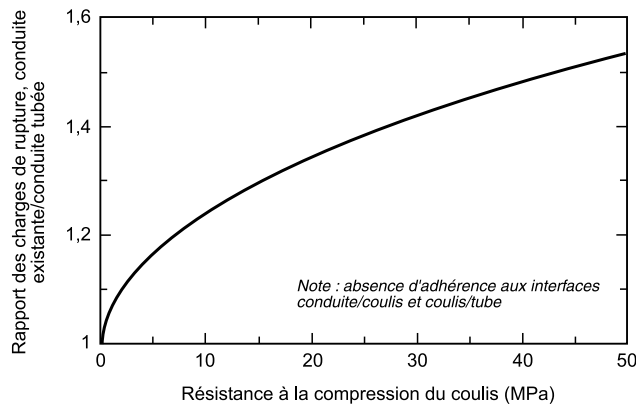


Figure 4. Effet de la résistance du coulis sur la résistance à la rupture de la conduite

complète de la conduite existante, mais dans les faits, la réhabilitation d'une conduite est entreprise bien avant ce stade. Le critère de décision est habituellement le taux limite de bris de canalisations (par exemple, trois bris par kilomètre, par année). Et même lorsque cette limite est franchie, la conduite n'est encore que partiellement détériorée.

La résistance à la rupture d'une conduite tubée avec injection de coulis dépend de la contribution de la conduite existante, du coulis et du tubage. La résistance du coulis est un facteur significatif de la résistance à la rupture⁴ de la conduite composite ainsi obtenue. La résistance de la conduite réhabilitée augmentera avec la résistance du coulis (figure 4).

Adhérence du coulis à la surface du tube et de la conduite existante

L'adhérence aux interfaces entre la conduite existante, le coulis et le tube intérieur (figure 3) détermine la tenue structurale des trois anneaux que forme l'ensemble. Dans un ensemble avec adhérence complète des interfaces, les trois anneaux sont solidaires, fixes l'un par rapport à l'autre : on a une conduite composite. Si les interfaces sont entièrement désolidarisées, les anneaux sont indépendants mais en interaction (c'est ce que l'on appelle également le système de tubes concentriques⁶). Du point de vue

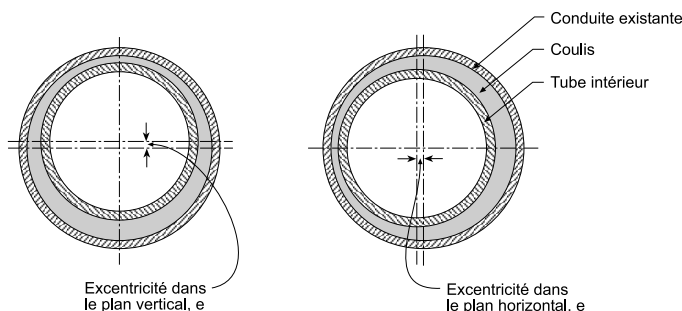


Figure 5. Excentricité du tubage dans les plans vertical et horizontal

de la performance structurale, les systèmes entièrement adhérents et entièrement indépendants représentent respectivement le meilleur cas et le pire cas.

L'adhérence de l'interface entre le coulis et une conduite en fonte rouillée est de beaucoup supérieure à celle de l'interface entre le coulis et le tube en polyéthylène à haute densité. Des solutions innovatrices, telle la création d'une paroi extérieure profilée sur le tube de PEHD, favorisent une meilleure adhérence et un frottement accru à l'interface tube-coulis.

Excentricité

Le tube intérieur et la conduite existante, à moins d'avoir placé des cales d'espacement à intervalles réguliers, sont habituellement excentriques (figure 5). Bien que l'on soit porté à croire que l'excentricité a un effet négatif sur la capacité de la conduite existante, du coulis et du tube intérieur de se comporter de manière uniforme, telle une section composite, une étude récente a démontré que cette condition ne réduit pas forcément la résistance⁷. L'excentricité dans le plan horizontal améliore la performance de la conduite réhabilitée : réduction des contraintes et des déformations sous l'action des charges externes, tant pour les systèmes entièrement adhérents que pour les systèmes entièrement indépendants.

Tronçons en tranchée

En raison des conditions de chantier, certains tronçons du tubage devront toujours être installés par enfouissement direct. Dans les cas suivants notamment, l'excavation demeure la seule solution :

- raccordements de deux tronçons introduits dans des directions opposées;
- raccordements en T, coudes ou changements brusques de direction ou d'altitude;
- raccordements entre tubes de dimensions ou de matériaux différents.

À ces endroits, la charge imposée au tubage n'est plus la même : à la charge

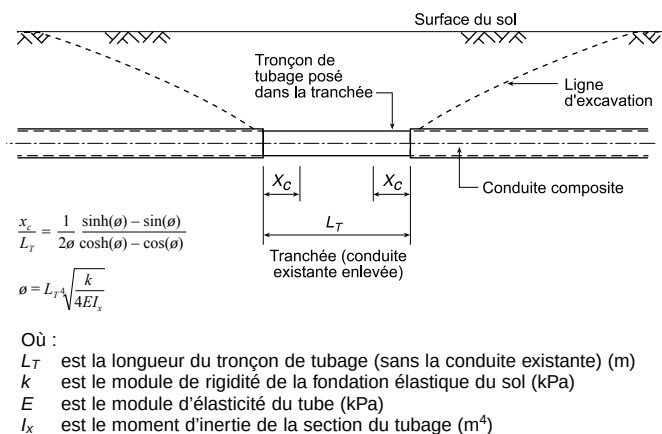


Figure 6. Zones critiques dans la partie en tranchée

hydrostatique interne s'ajoutent les charges totales du sol ainsi que les surcharges. Il peut être plus économique de renforcer isolément les tronçons installés après creusement de tranchée que de renforcer la totalité du tubage. De plus, une étude récente⁸ définit, à chaque extrémité du tronçon avec tranchée, une zone critique X_c , qui ne devrait pas comporter de joints à cause des moments et des forces de cisaillement élevés (figure 6). La longueur de la zone critique est déterminée d'après la qualité de l'assise, la rigidité du tube et la longueur de l'excavation.

Coût

Le coût total de la réhabilitation d'une conduite principale de distribution d'eau comprend les coûts directs et les coûts sociaux (ces derniers étant difficiles à quantifier) résultant des retards causés à la circulation, des inconvénients pour le public et des effets sur l'environnement⁹. En se fondant sur les données financières connues de travaux de tubage¹⁰ réalisés en Amérique du Nord, il est possible d'évaluer les coûts de réhabilitation par tubage des conduites en appliquant l'équation ci-après :

$$C = 1,18D^{1,053} L^{0,944}$$

Où :

C est le coût direct (\$CAN)

D est le diamètre du tubage (mm)

L est la longueur totale de conduite réhabilitée (m)

Sommaire

Le tubage par insertion de tubes en PEHD est une méthode efficace de réhabilitation des conduites de distribution d'eau. Ce numéro renferme de nouvelles informations sur cette technique de tubage. Les énoncés ci-après résument ces informations :

- Le débit du tubage croît avec l'augmentation de son rapport dimensionnel (RD).
- La conduite existante et le coulis contribuent à la résistance aux charges du sol et aux surcharges; la performance structurale de la conduite réhabilitée est fonction de l'adhérence des interfaces des anneaux formés par la conduite existante, le coulis et le tube de PEHD.
- La fusion bout à bout est une caractéristique importante du tuyau en PEHD, mais l'intégrité des joints repose sur l'adoption de méthodes acceptables d'assemblage complétées par un contrôle de la qualité.
- Les joints à bride et d'autres types de joints doivent être réalisés avec des

matériaux et selon des méthodes qui assureront une durée de vie au moins équivalente à celle du tubage en PEHD.

- Les tronçons installés dans des tranchées soumettent le tubage à des variations soudaines de charge. Aux deux extrémités de ces tronçons se trouve une zone critique qui ne devrait comporter aucun joint.
- Les données historiques nord-américaines sur le tubage ont servi à mettre au point un outil d'évaluation des coûts de la réhabilitation réalisée selon cette technique.

La recherche sur la réhabilitation par tubage vise à quantifier les avantages de l'injection de coulis et les effets de l'excentricité. Une meilleure connaissance de ces paramètres permettra une meilleure prévision des performances et de la rentabilité de cette technique.

Références

1. ISTT/WRC. Trenchless technology database. The International No-Dig Multimedia CD-ROM, Version 1.0. International Society for Trenchless Technology, Londres, Royaume-Uni, 1996. <http://www.istt.com/>
2. The Plastics Pipe Institute, filiale de *The Society of the Plastics Industry*, Polyethylene Joining Procedures, Washington, DC, 1998.
3. Zhao, J.Q., Daigle, L. et Beaulieu, D., Effect of joint contamination on the quality of butt-fused HDPE pipe joints, *Revue canadienne de génie civil*, vol. 29, n° 5, p. 787-798, 2002.
4. Zhao, J.Q. et Daigle, L., Structural performance of sliplined watermain, *Revue canadienne de génie civil*, vol. 28, n° 6, p. 969-978, 2001.
5. Hickie, J.E. et Glasgow, K.L., Design and installation of large diameter slipliner pipe in Lakeland, Florida. *Proceedings of Trenchless Pipeline Projects: Practical Applications*, Boston, MA, 8 au 11 juin, p. 382-389, 1997.
6. Water Research Centre, Sewerage rehabilitation manual, Troisième édition, Wiltshire, Royaume-Uni, 1994.
7. Zhao, J.Q., Daigle, L. et Rajani, B.B., Effect of eccentricity and bonding on behaviour and performance of sliplined pipe, soumis au *Tunnelling and Underground Space*, 2003.
8. Zhao, J.Q. et Doherty, I.J., Behavior and performance of liner pipe in trenchless and trenched portions of sliplining rehabilitation, soumis au *No-Dig 2003 Conference*, Las Vegas, NV, Avril 2003.
9. McKim, R.A., Bidding Strategies for Trenchless Technologies, *Cost Engineering*, vol. 40, p. 37-41, 1998.
10. Zhao, J.Q. et Rajani, B.B., Construction and rehabilitation costs for buried pipe with a focus on trenchless technologies, *Research Report n° 101*, Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches du Canada, 37p., 2002.

M. Jack Zhao, Ph.D., est agent de recherche au sein du programme Réhabilitation des infrastructures urbaines de l'Institut de recherche en construction, qui fait partie du Conseil national de recherches du Canada.

© 2003

Conseil national de recherches du Canada

Janvier 2003

ISSN 1206-1239

« Solutions constructives » est une collection d'articles techniques renfermant de l'information pratique issue de récents travaux de recherche en construction.

Canada

Pour obtenir de plus amples renseignements, communiquer avec l'Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa K1A 0R6.
Téléphone : (613) 993-2607 Télécopieur : (613) 952-7673 Internet : <http://www.nrc.ca/irc>