

SURVEILLANCE DES TRAVAUX DE RÉHABILITATION DES CONDUITES SECONDAIRES PAR LA TECHNIQUE DE CHEMISAGE



Montréal 

*Mme Lila Touahria, ing.
M. Jacques Pharand, ing.*

Novembre 2016



Mise en contexte



- **La Ville de Montréal a opté pour l'utilisation des techniques sans tranchée pour rajeunir son réseau d'aqueduc et d'égout. La technique de chemisage permet :**
 - Minimiser les coûts par rapport au remplacement des conduites par excavation
 - Réduire le déficit accumulé
 - Minimiser les impacts sur les citoyens et les usagers de la route
 - Réduire les impacts environnementaux (sols excavés)



Contenu de la présentation



- Introduction
- Présentation de l'équipe et structure organisationnelle
- Planification de la surveillance
- Étapes des travaux de chemisage
- Points de contrôle des travaux de chemisage
- Échantillonnage et essais au laboratoire
- Étapes ou critères d'acceptation
- Anomalies observées et mesures correctives
- Conclusion/Questions



But



Présenter les mécanismes de contrôle mis en place à la Direction des Infrastructures (DI) de la Ville de Montréal pour les travaux de réhabilitation de conduites d'aqueduc et d'égout

Objectifs



- Vérifier les exigences contractuelles
- S'assurer de la conformité des travaux
- Informer les autres municipalités des pratiques de contrôle à la DI



Présentation de l'équipe



- 1 chef d'équipe
- 6 ingénieurs
- 3 agents techniques
- 7 surveillants internes
- 2 stagiaires
- 6 à 8 surveillants externes
- 4 à 5 analystes externes

- **Pour un total de 29**
Excluant ce qui suit...



Structure organisationnelle



- **Autres services en support :**
 - Communications et info-travaux
 - Gestion des impacts et circulation
 - Expertise et soutien technique (laboratoire)
 - Gestion de projet et économie de la construction (facturation)

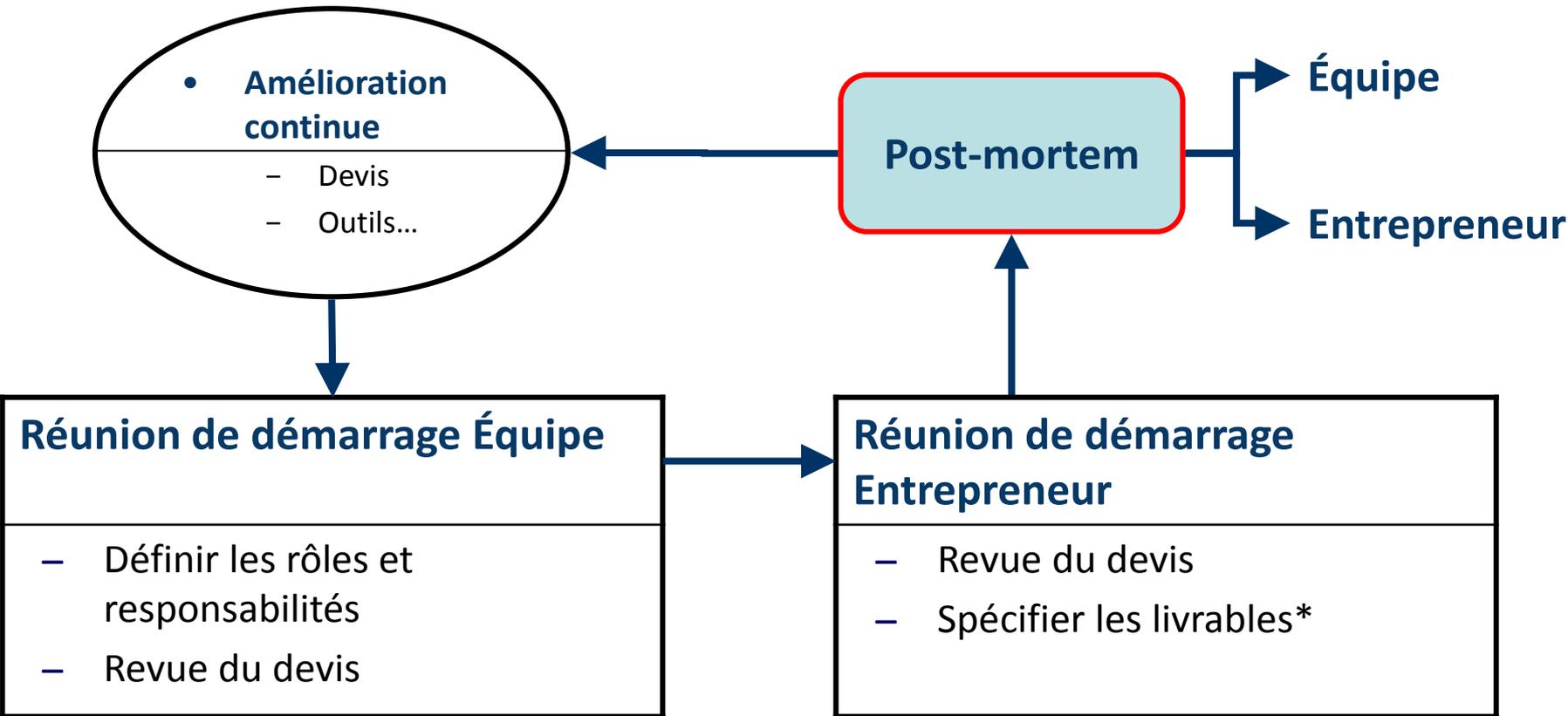


Nombre de kms réalisés 

Année	Aqueduc (km)	Égout (km)
2008	9,1	1,2
2009	14,8	10,8
2010	12,8	12,6
2011	13,4	14,5
2012	18,3	23,1
2013	13,2	33,7
2014	29,3	31,2
2015	28,1	36,4
2016	20,6	36,2
2017	28 (à venir)	56 (à venir)
Total	187.6 km	255,7 km



Planification de la surveillance



* Souvent ceux qui exécutent ne connaissent pas le devis



Étapes des travaux de chemisage



Guide pour la surveillance :

1. Travaux préparatoires
2. Inspection CCTV avant gainage
3. Installation de la gaine
 - Essai d'étanchéité (conduite d'aqueduc seulement)
4. Découpe des extrémités et ouverture des raccordements
5. Inspection CCTV après gainage
6. Échantillonnage et essais au laboratoire



1. Travaux Préparatoires



Aqueduc

- Nettoyage hydraulique
- Alésage mécanique des obstacles (joints de plomb, revêtements, etc.)
- Prise de mesure et localisation des entrées de service
- Noter la présence d'infiltration
- Noter la présence de coudes, de vannes, de trous, etc.
- Réparer par excavation, si requis

Égout

- Nettoyage hydraulique
- Alésage mécanique des obstacles (calcaire, racines, graisse, raccs pénétrants, etc.)
- Prise de mesure et localisation des entrées de service
- Noter la présence d'infiltration
- Noter la présence de trous et la déformation
- Réparer par cimentage ou par excavation, si requis



2. Inspection CCTV avant Gainage



Aqueduc

- Qualité des inspections (clarté de l'image, vitesse de la caméra, etc.)
- Absence d'accumulation d'eau dans la conduite
- Absence d'infiltration
- Bouchonnage des entrées de service

Égout

- Qualité des inspections (clarté de l'image, vitesse de la caméra, etc.)
- Absence d'accumulation d'eau dans la conduite
- Absence d'infiltration



3. Installation de la Gaine



Aqueduc

- Inspection en présence du surveillant
- Assèchement de la conduite
- Autoriser l'insertion de la gaine
- Valider s'il y a une prise d'échantillon
- Prise de température lors de la réticulation de la gaine
- Essai d'étanchéité selon la norme ASTM F1216 (À 125 PSI)

Égout

- Inspection en présence du surveillant
- Absence d'eau dans la conduite
- Autoriser l'insertion de la gaine
- Valider s'il y a une prise d'échantillon
- Prise de température lors de la réticulation de la gaine



4. Découpe des extrémités et ouverture des raccordements



Aqueduc

- S'assurer que le perçage des raccordements soit à l'emplacement exact des entrées de service
- S'assurer qu'il n'y a pas de vide entre la gaine et la conduite existante lors de la découpe aux extrémités

Égout

- S'assurer que le perçage des raccordements soit à l'emplacement exact des entrées de service.
- S'assurer de l'application d'un ciment hydraulique :
 - entre la gaine et la conduite existante lors de la découpe aux extrémités
 - le pourtour des racc. dans les conduites visitables
 - au droit des prélèvements d'échantillon dans les conduites visitables



5. Inspection CCTV après Gainage



Aqueduc

- Qualité des inspections (clarté de l'image, vitesse de la caméra, etc.)
- Qualité des ouvertures des entrées de service (perçage hors cible)
- Noter toutes les anomalies observées

Égout

- Qualité des inspections (clarté de l'image, vitesse de la caméra, etc.)
- Qualité des ouvertures des entrées de service (perçage hors cible)
- Noter toutes les anomalies observées



6. Échantillonnage et essai au laboratoire



Aqueduc

- Prélèvement des échantillons de la gaine incluant toutes anomalies observées
- Essais au laboratoire
 - Flexion ASTM D790 (1/350 m.l.)
 - Traction ASTM D638 (1/350 m.l.)
 - Rigidité et écrasement ASTM D2412 (3 essais par $\varnothing \leq 400$ mm)
 - Chargement hydrostatique ASTM D1599 (3 essais par $\varnothing \leq 400$ mm)
 - Adhérence ASTM D7234
 - Test d'écoulement (en développement)

Égout

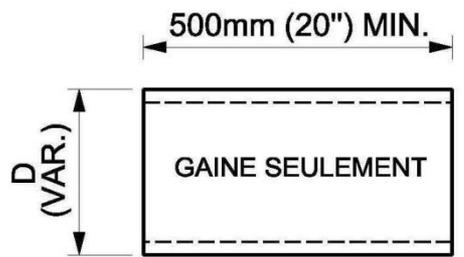
- Prélèvement des échantillons de la gaine incluant toutes anomalies observées
- Essais au laboratoire
 - Flexion ASTM D790 (1/350 m.l.)
 - Rigidité et écrasement ASTM D2412 (3 essais par $\varnothing \leq 400$ mm)
 - Chargement hydrostatique ASTM D1599 (1 essai par $\varnothing \leq 400$ mm)



Échantillonnage / Essai de traction et flexion



- Chemisage d'aqueduc avec renfort structural radial plus important que longitudinal
- La gaine est aplati aux fins d'essai et les échantillons taillés dans l'axe le plus fort pour les essais de flexion et de traction

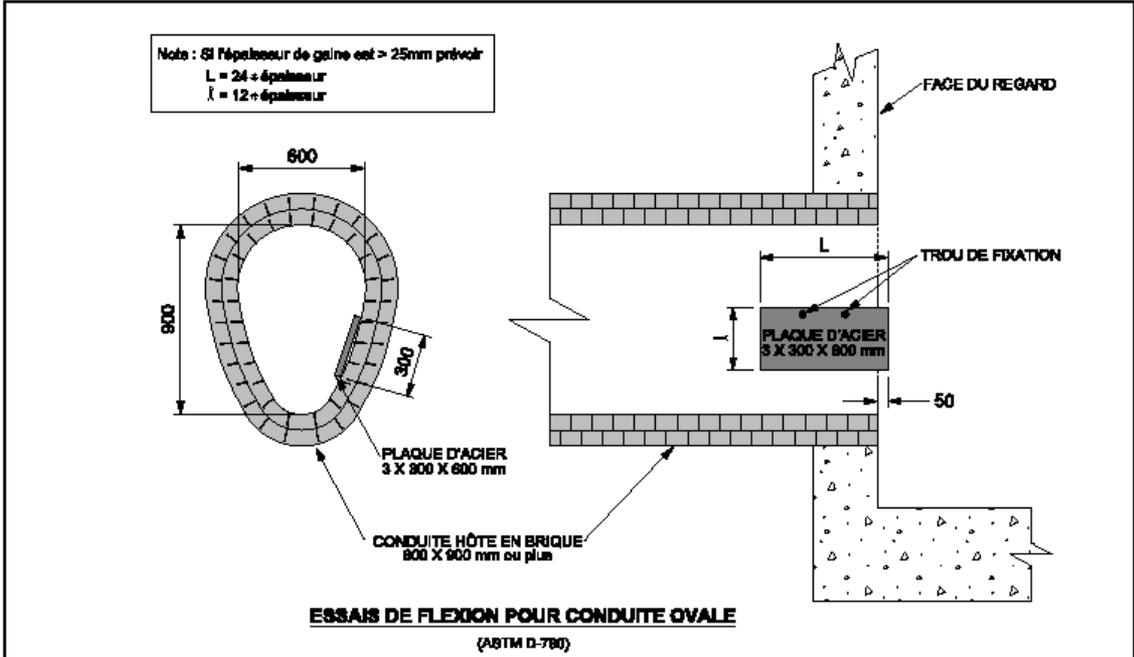


- Chemisage d'égout sans renfort structural / Essai de flexion
- Les échantillons sont taillés dans le sens longitudinal

ESSAI DE FLEXION POUR CONDUITE CIRCULAIRE (ASTM D-790)



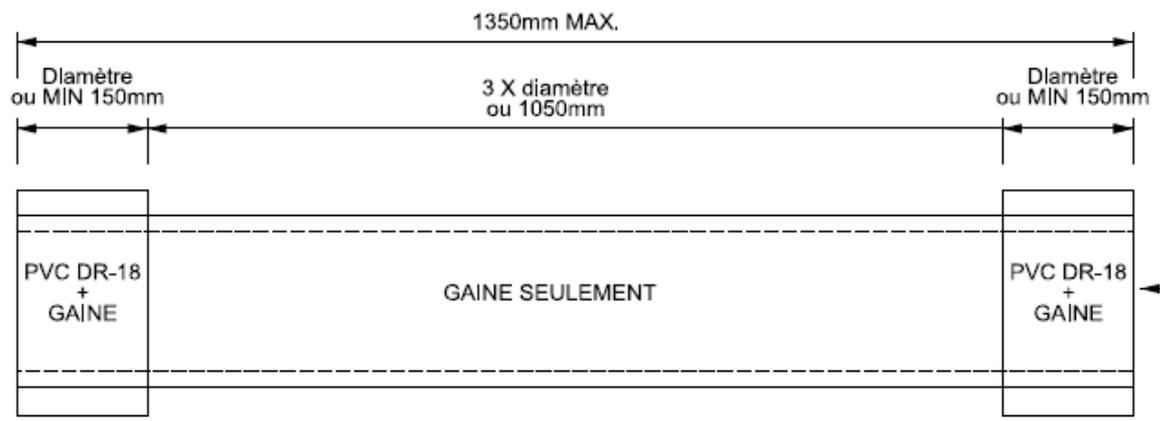
Échantillonnage / Essai de flexion sur ovoïde en brique



<p>Service des infrastructures, de la voirie et des transports Direction des infrastructures Division de la conception des travaux</p>	<p>DESIGNÉ PAR J. Robitoux, dess.</p> <p>REVISÉ PAR W. Wong, ing.</p>	<p>REVISÉ PAR G.M. 3672</p> <p>DATE Janv. 2018</p> <p>PROJ. 1000-2018</p>
	<p>APPROUVÉ PAR L. Tassabeh, ing. Chef d'équipe</p> <p>CADRE RE-1</p>	
<p>TITRE TECHNIQUE DE PRÉLÈVEMENT D'ÉCHANTILLON CONDUITE DE BRIQUE</p> <p>ÉCHELLE : 1:10</p>		



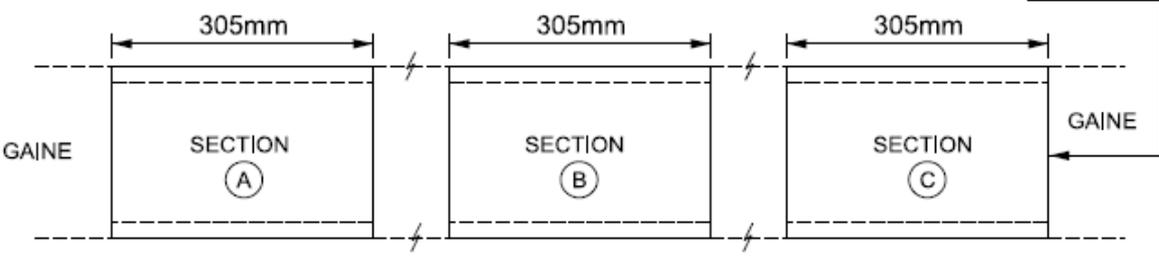
Croquis pour échantillonnage essais hydrostatique et rigidité



ESSAIS DE CHARGEMENT HYDROSTATIQUE

"ÉCLATEMENT"

(ASTM D-1599)
3 échantillons par diamètre



ESSAIS DE RIGIDITÉ ET D'ÉCRASEMENT

(ASTM D-2412)

1 échantillon = 3 sections

Note importante : Les coupes doivent être parallèles et à angle droit (305mm ±3mm)





Étapes ou critères d'acceptation



La conduite est-elle prête à gagner ?

Analyse visuelle des inspections TV avant gainage

- Absence de trous, d'imperfections, déformations, etc.
- Absence d'infiltrations

L'état de la gaine est-il acceptable?

Analyse visuelle des inspections TV après gainage

- Absence de plis (longitudinaux, transversaux, circonférentiels, etc.)
- Absence de boursouflures, bosses, piqûres, etc.
- Absence de dommage de la membrane (déchirures, tâches, délamination, égratignures, surface non durcie, etc.)
- Absence de perçage hors cible
- Autres



Étapes ou critères d'acceptation (suite)



L'étanchéité de la gaine est-elle assurée?

- **Essai d'étanchéité selon ASTM F1216 (aqueduc seulement)**

- **Volume de perte admissible (litre/heure):**

$0.00007717 \times \text{diamètre de conduite (mm)} \times \text{longueur de la conduite (m)} / 1 \text{ heure}$

Ex: $0,00007717 \times 250 \text{ mm} \times 100 \text{ m} = 1,9 \text{ litre/heure}$

Les propriétés de la gaine satisfont-elles aux exigences (ASTM F1216)?

- **Résultats des essais en laboratoire**

- **Contrainte en traction \geq valeurs de conception $\geq 21 \text{ MPa}$**
- **Contrainte en flexion \geq valeurs de conception $\geq 31 \text{ MPa}$**
- **Module de flexion \geq valeurs de conception $\geq 1724 \text{ MPa}$**
- **Épaisseur de la gaine installée \geq Épaisseur de la gaine calculée**



Étapes ou critères d'acceptation (suite)



Les propriétés de la gaine correspondent-elles à celles utilisées lors de la conception?

- **Calculs de rétro-ingénierie**

- Les écarts de conception sont identifiés à partir des résultats d'essais en laboratoire sur les échantillons prélevés au chantier
- Les résultats d'essais sont insérés dans les formules apparaissant en annexe de la norme ASTM F1216 pour les calculs de rétro-ingénierie « Reverse Engineering ». Pour les conduites non-circulaires, la méthode de calcul WRc est utilisée
- L'épaisseur de la gaine installée \geq l'épaisseur obtenue au calcul de la rétro-ingénierie

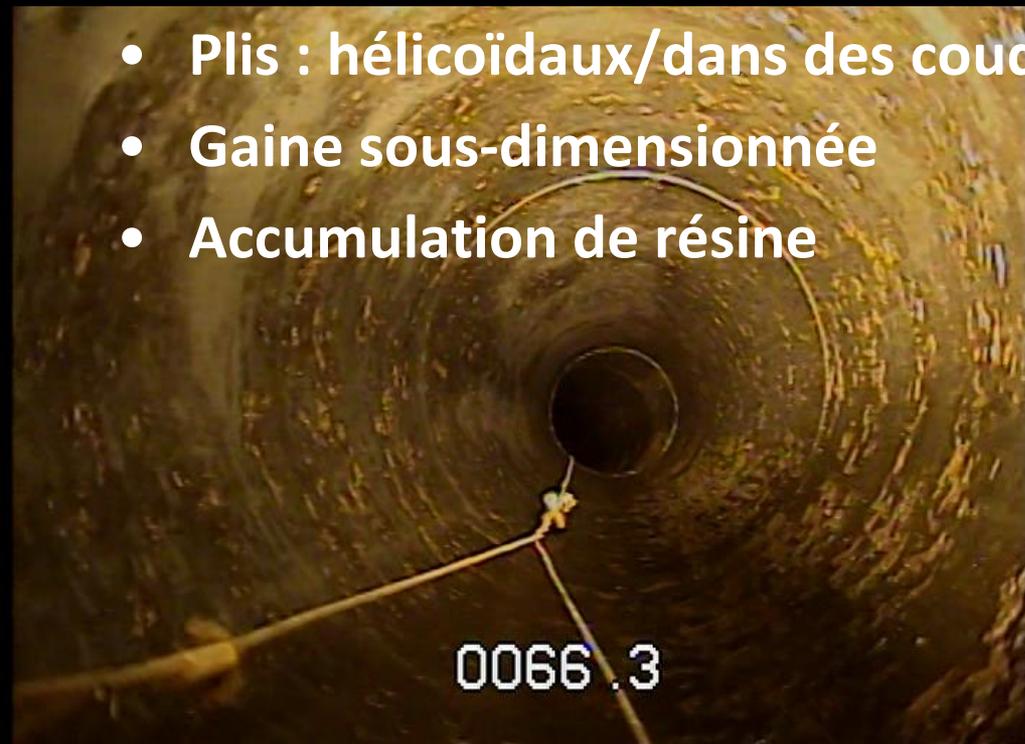


Anomalies observées et mesures correctives



Conduite d'aqueduc

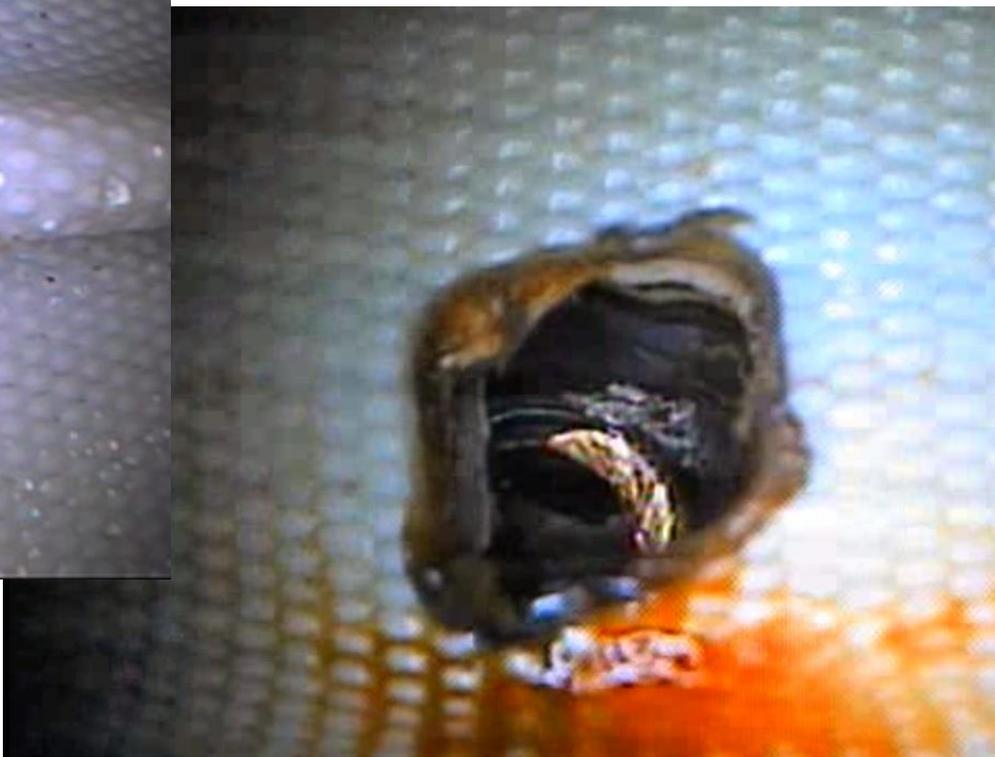
- Entrées de service: perçage hors cible/dans un pli
- Plis : hélicoïdaux/dans des coudes
- Gaine sous-dimensionnée
- Accumulation de résine





Conduite d'aqueduc

Perçage hors cible





Conduite d'aqueduc

Anomalies - Plis





Conduite d'aqueduc

Gaine sous-dimensionnée

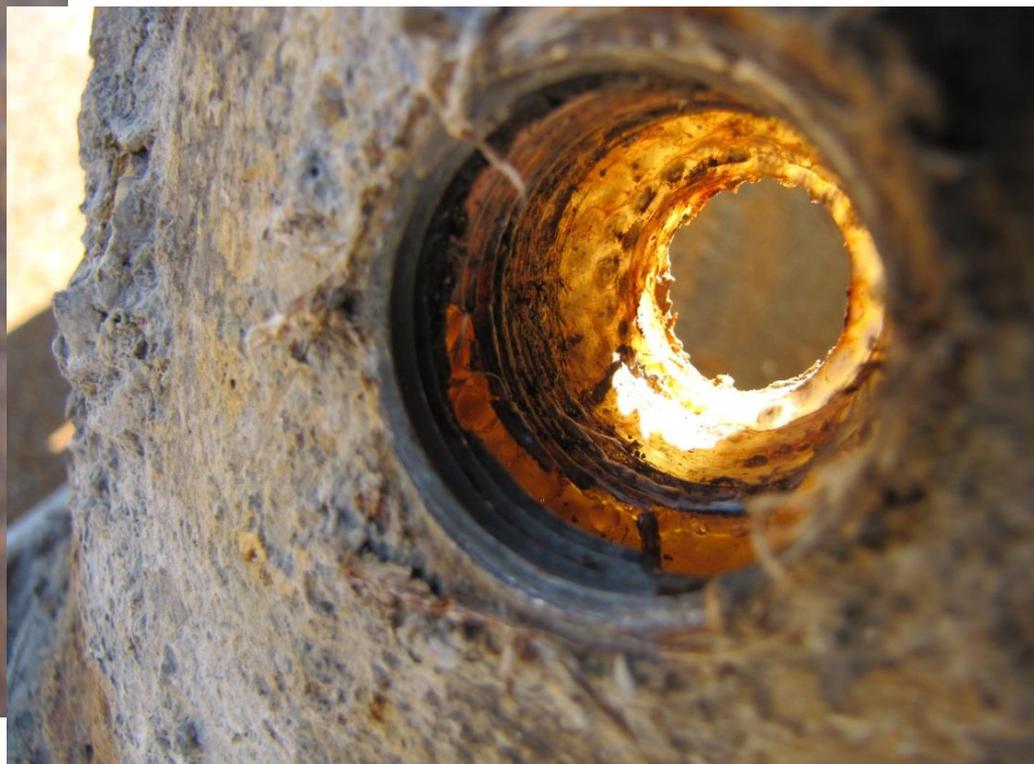




Gaine sous-dimensionnée



Entrée de service #1



Entrée de service #2



Conduite d'aqueduc

Accumulation de résine



Rachel
08/04/14
P527 To P529
7.7 M.

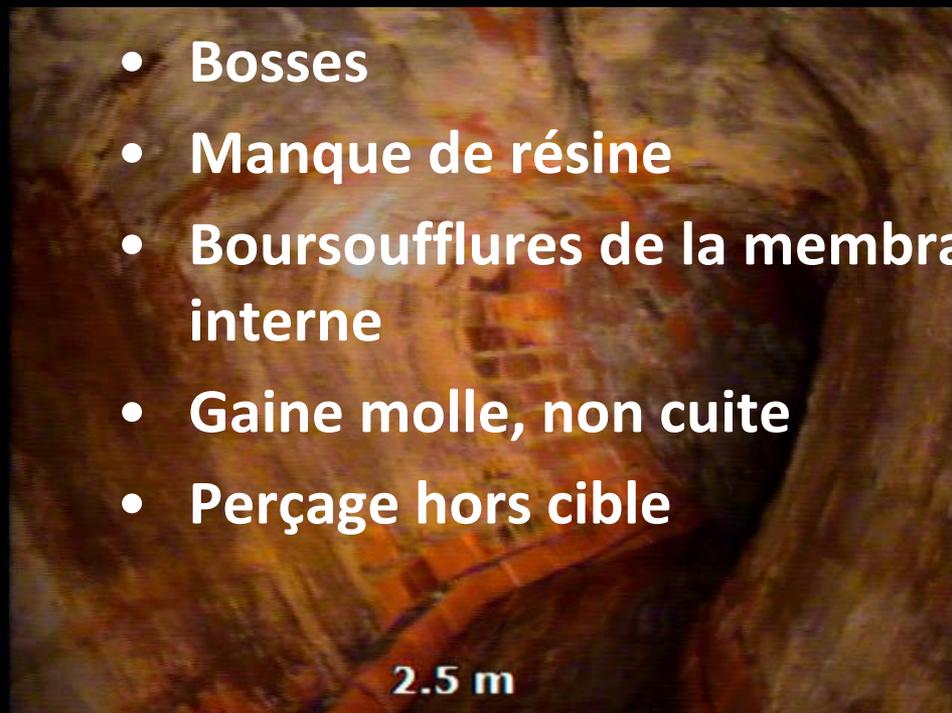


Anomalies observées et mesures correctives



Conduite d'égout

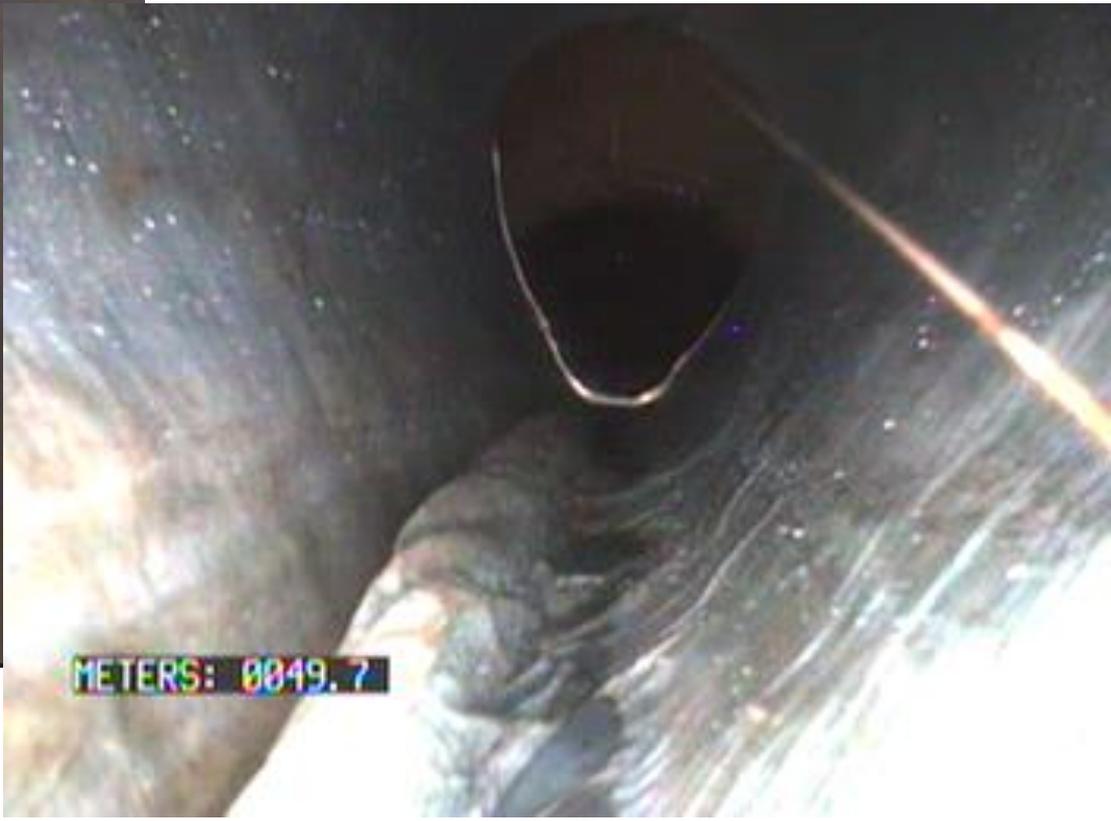
- Plis
- Bosses
- Manque de résine
- Boursoufflures de la membrane interne
- Gaine molle, non cuite
- Perçage hors cible





Conduite d'égout

Plis





Conduite d'égout

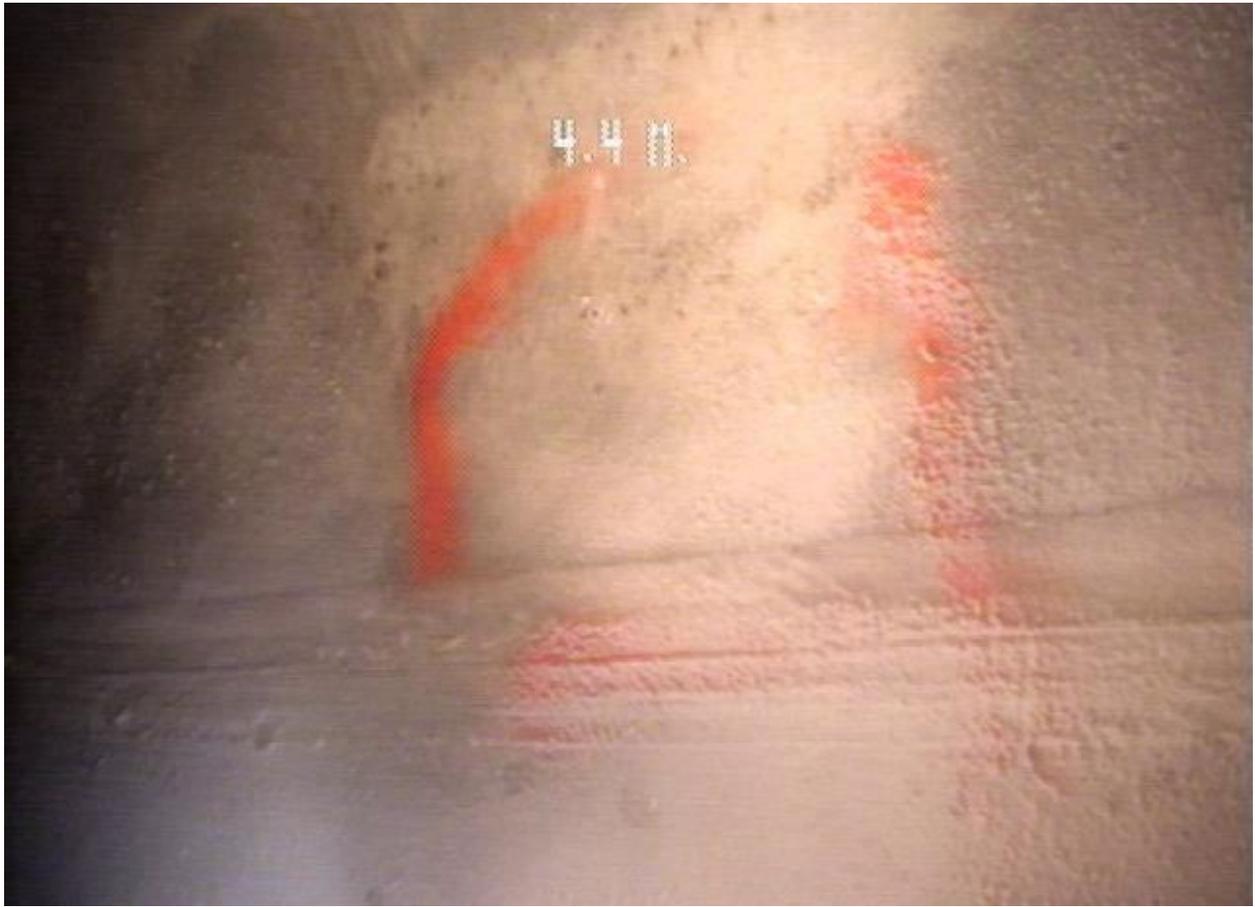
Bosses





Conduite d'égout

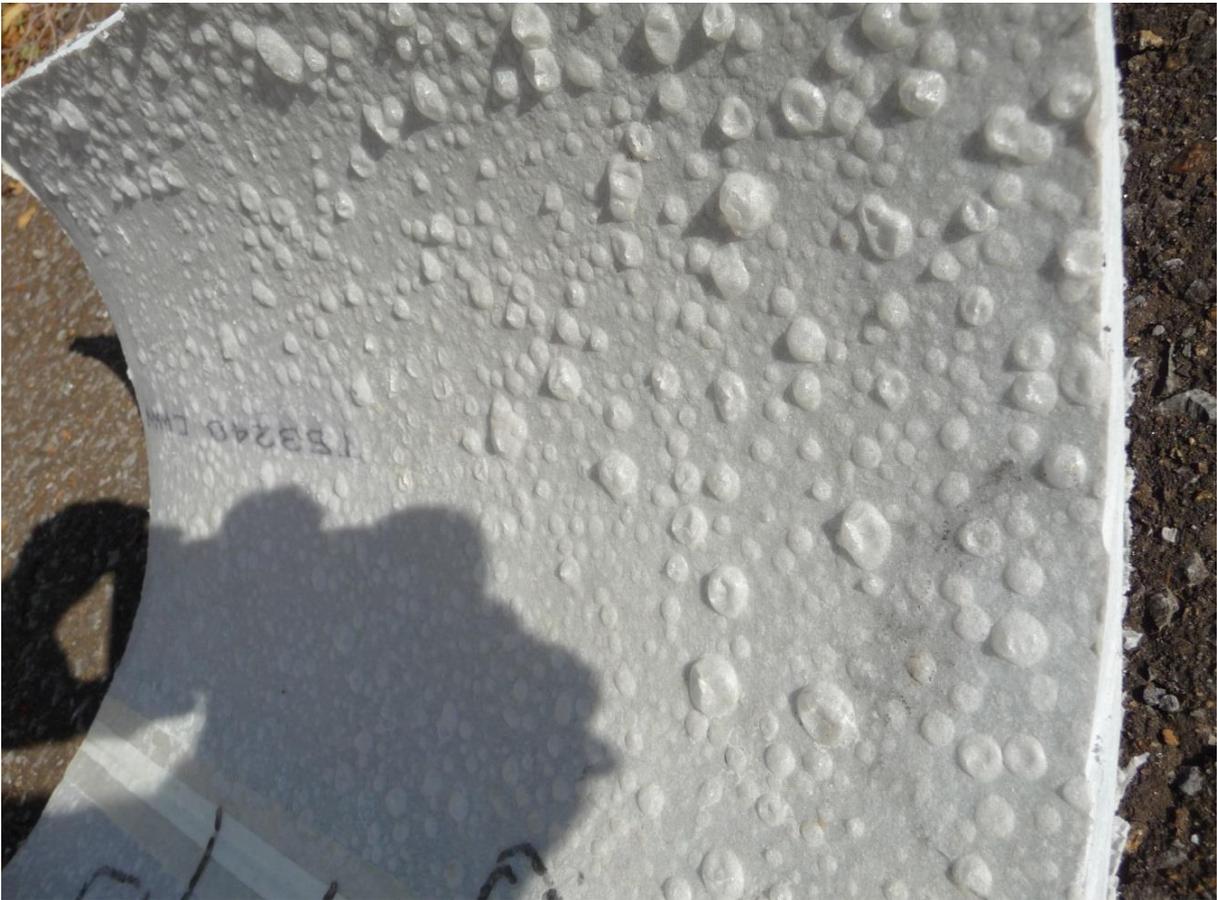
Manque de résine, gaine blanchâtre





Conduite d'égout

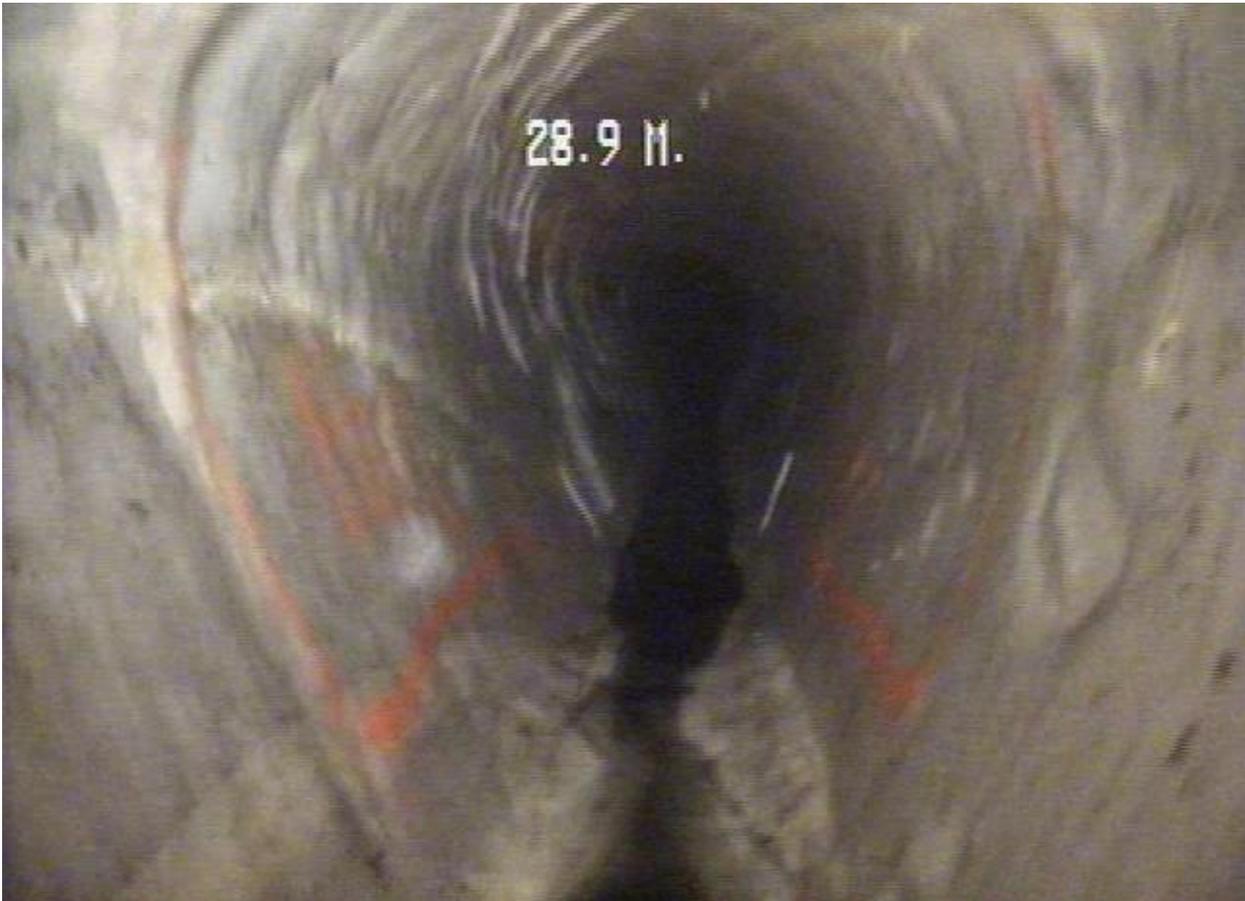
Boursouflures de la membrane interne





Conduite d'égout

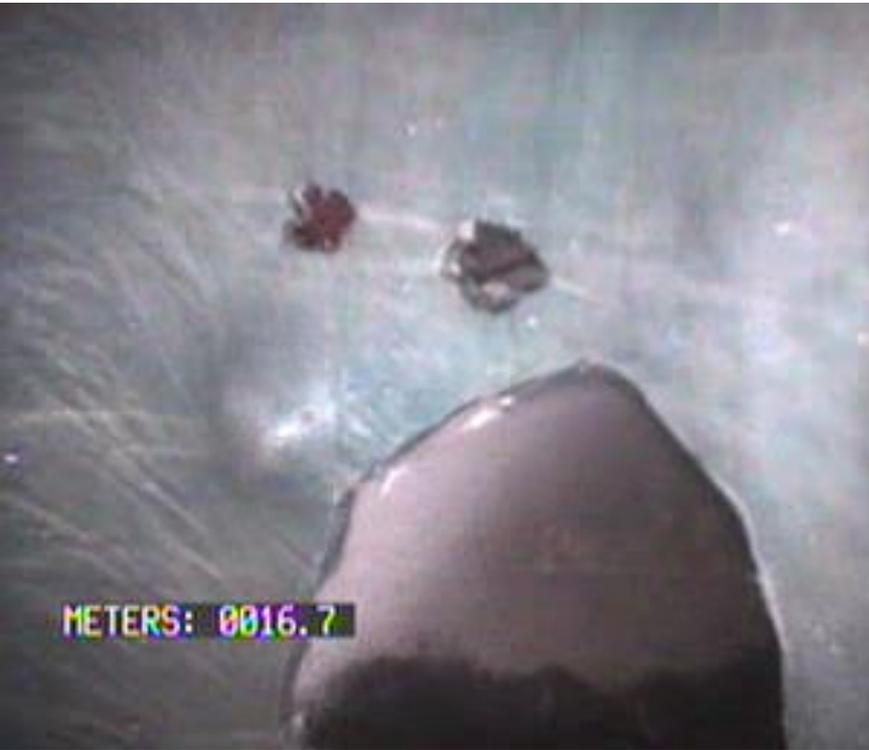
Gaine molle, non cuite





Conduite d'égout

Perçage hors-cible



Conclusion

- Présence permanente de surveillants de travaux sur les chantiers
- Présence permanente d'une équipe de support technique (Ingénierie, laboratoire, gestion des impacts...)
- Amélioration continue de nos documents contractuelles et des essais de laboratoire
- Amélioration continue à travers les réunions post mortem avec le personnel interne et les entrepreneurs
- Cette présentation se veut un guide pour informer les autres Villes et municipalités des pratiques de contrôle qualité dans le domaine de la réhabilitation de conduites
- Examiner ce qui se fait ailleurs et partager nos connaissances



Merci

