



# Détection des fuites et évaluation de l'état de la paroi des conduites maîtresses

Avantages de l'utilisation de l'acoustique des conduites maîtresses

**Mueller Co.**

# Agenda

- Détection des fuites dans les conduites maîtresses (DFCM)
- Études de cas de DFCM
- Évaluation de l'état des conduites
- Études de cas d'évaluation de l'état
- Questions-réponses

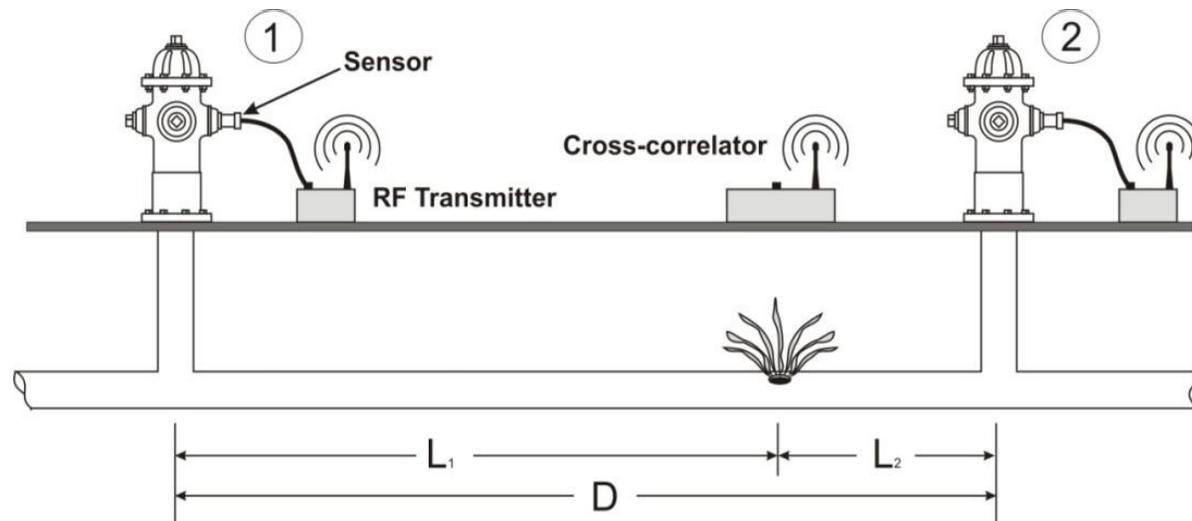
DFCM

**echologics**  
A DIVISION OF MUELLER COMPANY

**Mueller Co.**

# Théorie de corrélation

- Fuite entourée de 2 capteurs
- Le bruit de fuite prend plus de temps à atteindre le capteur 1 que le capteur 2
- Le corrélateur calcule la différence et détermine la distance jusqu'à la fuite



# Détection des fuites dans les conduites de grand diamètre

- Contrairement aux conduites de petit diamètre, les conduites de grand diamètre présentent un niveau de bruits de fond beaucoup plus élevé en raison des vitesses d'écoulement élevées, des pompes et des soupapes de décharge
- Similairement aux conduites en plastique ou en PVC, les conduites de grand diamètre présentent un contenu en fréquences bien plus bas (<100Hz)



# Les avantages des essais d'Echologics par rapport aux technologies de détection à l'intérieur des conduites

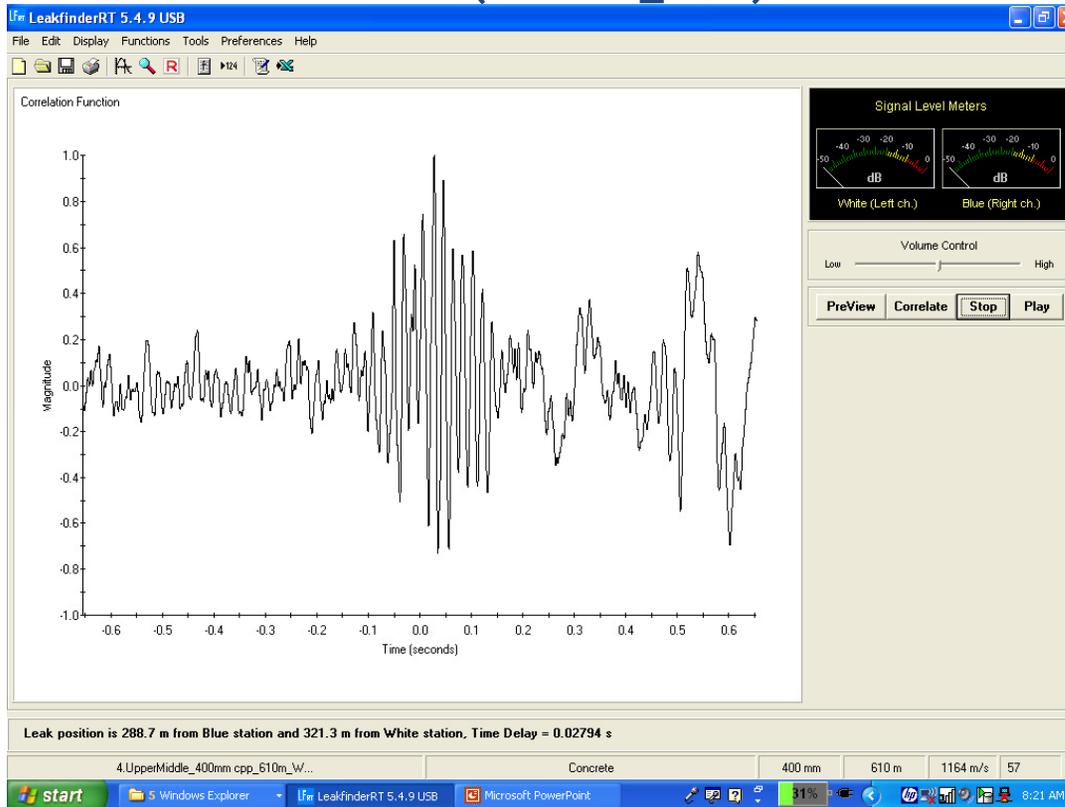
- Utilise des unités de conditionnement de signaux exclusives pour focaliser sur le bruit de fuite et éliminer les autres bruits interférents
- Des outils d'analyse des signaux supplémentaires permettent d'identifier les sources des bruits
- Pas besoin de ports spécialisés
- Pas besoin de fermer les robinets d'arrêt de service
- Pas besoin de modifier le débit dans la conduite (les technologies de détection à l'intérieur de la conduite exigent un débit minimum)
- Les grosses fuites peuvent être détectées de plusieurs km de distance

# ÉTUDES DE CAS : DFCM

# Region de Halton

- Conduite CCBP de 450 mm (18 po)
- Deux puits secs ont été creusés en fonction de la régression de l'eau
- Accès difficile dans le cas des méthodes réalisées à l'intérieur de la conduite
- Fuite localisée à moins de 0,9 mètres (1 verge)

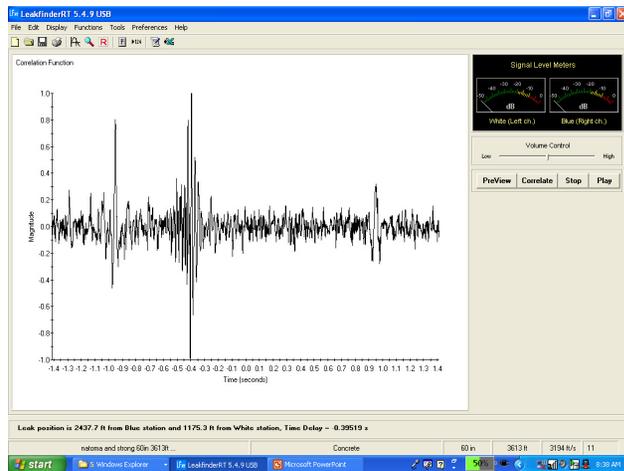
# Corrélation : Conduite CCBP de 450 mm (18 po), 558 m (610



# Chicago (Illinois), essai hydraulique

- Essai réalisé en collaboration avec la ville de Chicago
- Accès souvent insuffisant pour procéder à la corrélation
- Nécessité de mesurer les longues distances du fait que les points d'accès sur les purgeurs d'air des conduites de grand diamètre sont souvent d'accès difficile
- Fuites de 38 lpm et de 757 lpm localisées avec précision entre deux senseurs à distance de 1,1 km (3600 pieds) l'un de l'autre

# Chicago (Illinois), essai hydraulique



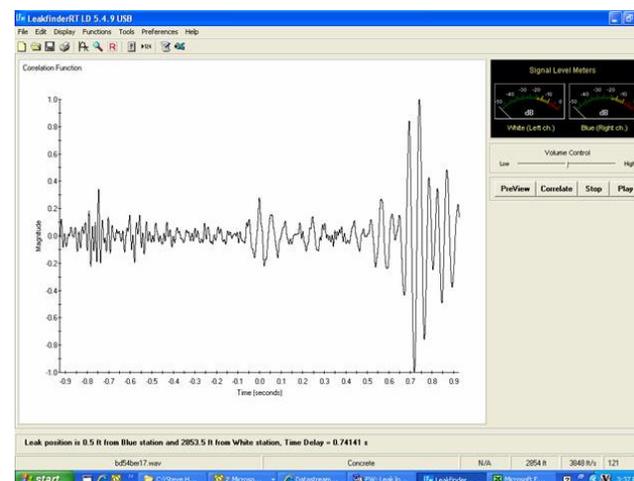
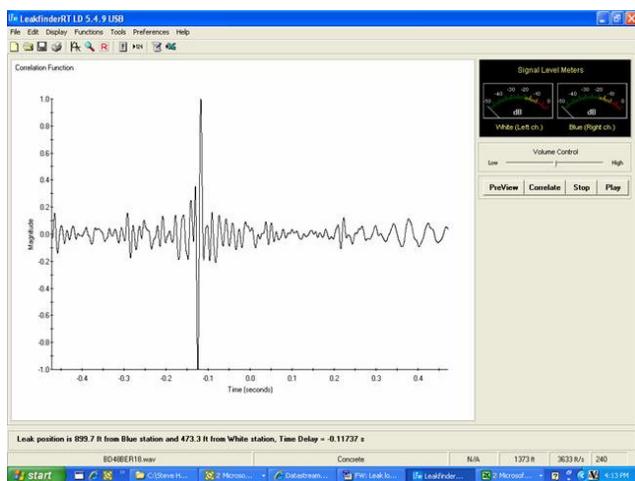
# Chicago (Illinois), essai hydraulique

- Conduite CCBP originale de 91,4 cm réparée avec de la fonte ductile
- De petites quantités d'eau ont commencé à pénétrer dans le sous-sol
- Toutes les petites conduites ont été contrôlées, mais sans résultat



# Chicago (Illinois), essai hydraulique

- Conduite CCBP de 450 mm (54 po)
- Analyse des fuites réalisée pour la ville de Chicago
- Fuite dans un branchement d'évacuation de 30,4 cm très près de la conduite maîtresse



# Évaluation de l'état



# En quoi consiste l'évaluation de l'état ?

- Processus visant à enregistrer l'état des aspects critiques d'un objet à un moment donné
- Pour les conduites en fonte et en fonte ductile, les aspects critiques consistent en l'épaisseur de la paroi et le degré de corrosion par piqûres

# Raisons d'une évaluation de l'état

1

Vérifier l'état des conduites

2

Faire une estimation de la durée de vie résiduelle

3

Prioriser la réhabilitation et le remplacement des conduites d'eau

4

Identifier les conduites d'eau n'ayant PAS besoin d'être réhabilitées ou remplacées

# Méthodes existantes

## **Inspection directe**

- Inspection visuelle (inspection manuelle ou en TVCF)
- Échantillonnage
- Essai non destructif
- Ancienneté et matériau

## **Inspection indirecte**

- Historique des ruptures
- Niveaux des fuites
- Essais hydrauliques
- Résistivité du sol

# Contrôle de l'intégrité des conduites

- Indicateur direct de l'état structurel des parois d'une conduite
- Les conduites métalliques perdent de leur épaisseur en raison de la corrosion intérieure et extérieure
- Les conduites en amiante-ciment perdent de leur épaisseur « efficace » en raison de l'eau agressive qui libère les particules de ciment, ce qui affaiblit les parois
- Les conduites CCBP perdent de leur résistance lorsque le béton est affaibli et que l'acier pré-contraint rouille
- Les conduites en plastique peuvent perdre de leur résistance suite à une attaque chimique

# Évaluation acoustique de l'état : comment ça marche

- Mesure la vitesse avec laquelle les signaux acoustiques en basse fréquence sont transmis le long de certaines sections de la conduite
- Utilise le rapport entre la propagation des signaux acoustiques et l'épaisseur de la conduite
- L'épaisseur calculée de la paroi constitue une valeur moyenne pour la section de la conduite le long de laquelle la vitesse est calculée (généralement 91,4 m (300 pieds))

# Évaluation de l'état des conduites

$$v = v_o \sqrt{\frac{1}{[1 + (D/e)(K_{water} / E_{pipe})]}}$$

Par laquelle :

$v =$  vitesse de propagation du bruit de la fuite dans la conduite

$v_o =$  vitesse de propagation du son dans une étendue d'eau infinie

$D =$  diamètre intérieur de la conduite

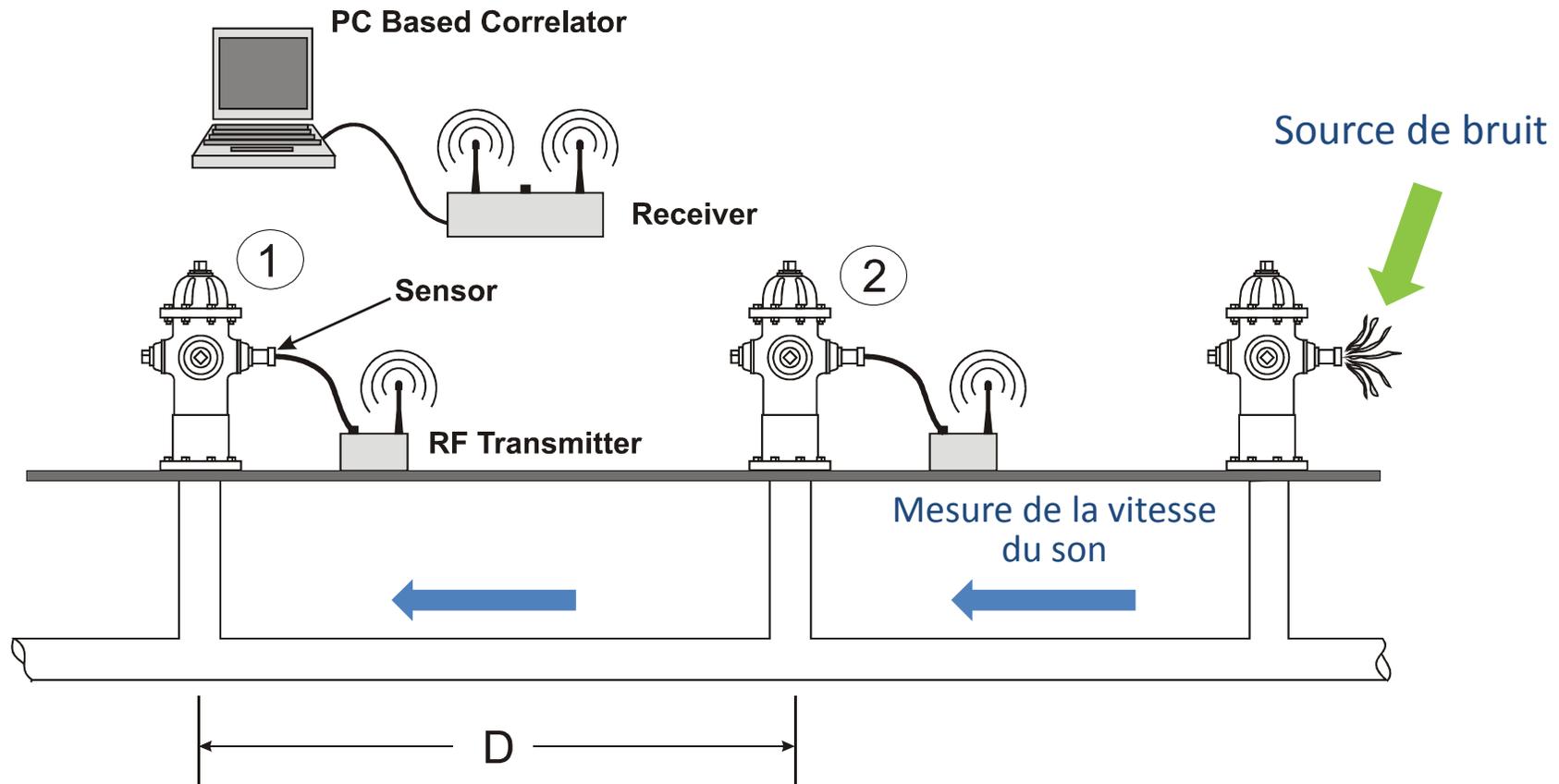
$e =$  épaisseur de la paroi de la conduite

$K_{water} =$  volume d'élasticité volumique de l'eau

$E_{pipe} =$  module d'élasticité de Young du matériau de la conduite

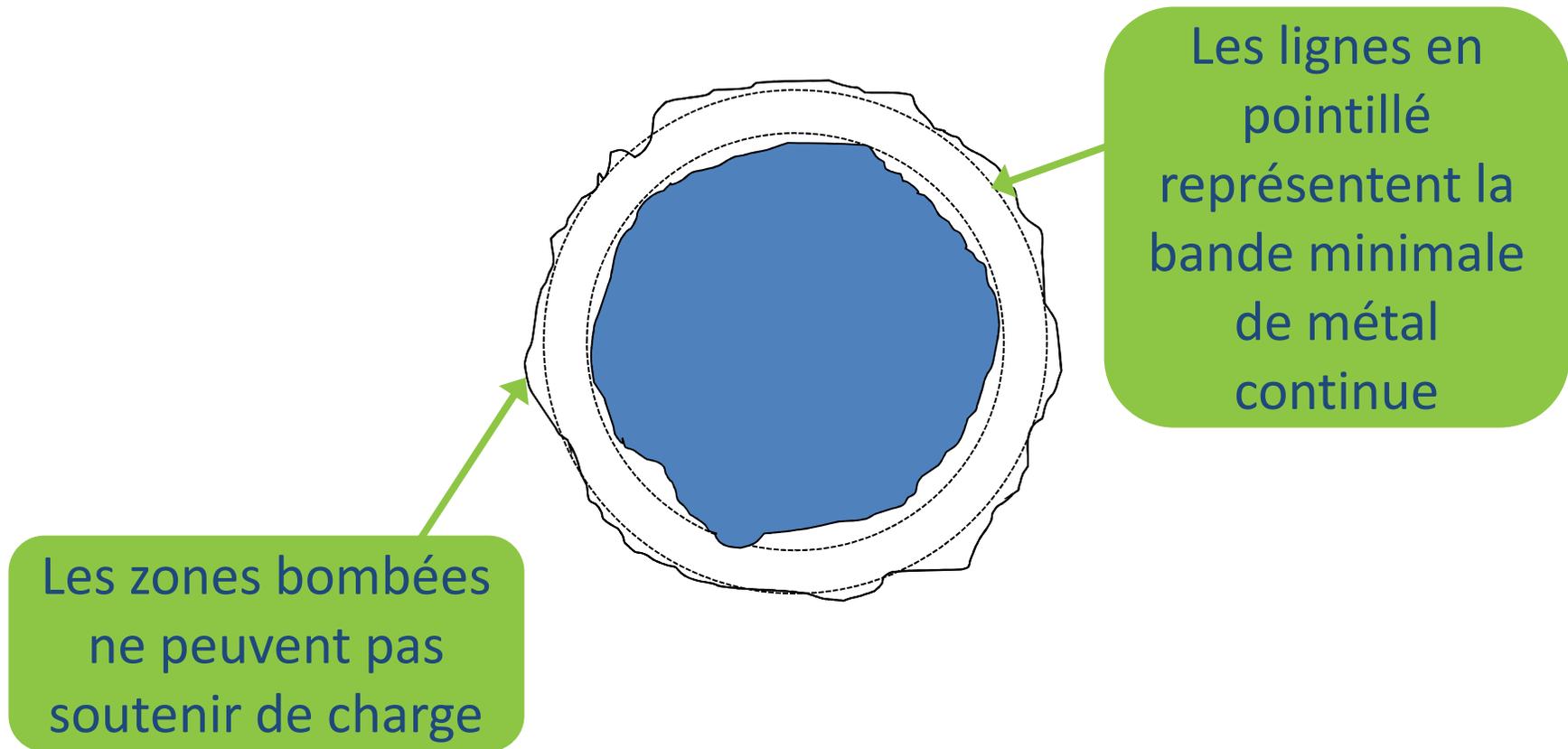
## Équation de la vitesse

# Évaluation de l'état des conduites



Vitesse de propagation de l'onde ( $v$ ) =  $D/\Delta T$ , par laquelle  $\Delta T$  correspond au laps de temps entre les signaux 1 et 2

# Évaluation de l'état de la paroi des conduites



# Qu'est-ce qui rend ce processus possible ?

- Les ondes sonores longues à l'intérieur des conduites (signaux de basse fréquence) sont dominées par la contribution d'un mode de propagation non dispersif des ondes de symétrie axiale ( $S_{1,n=0}$ )
- La vitesse de propagation de ( $S_{1,n=0}$ ) est quasiment constante pour les fréquences très en dessous de la fréquence de l'anneau
- Le mode ( $S_{1,n=0}$ ) est hydrique peut propager les ondes sur de longues distances (c-à-d, il n'est pas affecté de manière significative par les raccords mécaniques)
- L'épaisseur restante de la paroi est calculée sur base théorique

# Les avantages de la méthodes d'Echologics

Non intrusive, non perturbatrice

Convient à tous les types de conduites

La technologie d'analyse par niveaux marche avec toutes les autres technologies d'analyse en détail

Détection des fuites réalisée automatiquement et simultanément

# ÉTUDES DE CAS : Évaluation de l'état

# Hamilton (Ontario)

- Analyses réalisées dans le réseau de distribution d'eau de la ville
- 10 sites d'analyse comprenant des conduites en fonte de grand et petit diamètre présentant différents niveaux de détérioration
- Niveau de détérioration défini en fonction de l'historique des cassures, de l'ancienneté de la conduite et de la corrosivité du sol
- Conduites sélectionnées installées entre 1860 et 1960
- Précision de la prédiction de l'épaisseur restante réalisée à partir d'une nouvelle méthode fondée sur l'apparence visuelle et l'épaisseur moyenne de la paroi des échantillons déterrés

# Hamilton (Ontario)

Site No.	City-supplied info				Prediction by NRC's new acoustic technology		Independent corrosion analysis of exhumed samples by Correng					
	Pipe rating	Year of construction	Diameter (mm)	Nominal thickness (mm)	Remaining <sup>1</sup> thickness (mm)	Thickness change (%)	Soil type	Soil corrosivity	Condition Rating <sup>2</sup>	Metal loss (mm)	Metal loss (%)	Thickness <sup>3</sup> (mm)
1	Poor	1958	152	9	9.3	3.3	Brown clay	Corrosive	Good / good	0.228	-2.5	9±0.3
2	Good	1922	152	12	11.5	-4.2	Silty clay	Very corrosive	v. good / v. good	1.731	-14.4 (?) <sup>4</sup>	11.4±2.7
3 (1)	Poor	1860	152	11	5.8	-47.3	Brown clay	Very corrosive	v. poor / moderate	1.778	-16.2	11.6±3.3
(2)	-	-	152	11	7.5	-32.7	-	-	-	-	-	-
(3)	Poor	1860	152	11	7.6	-30.9	Brown sand	Moderately corrosive	v. poor / good	2.02	-18.4	11±3.3
(4)	-	-	152	11	9.7	-11.8	Brown sand	-	-	-	-	-
4 (1)	Good	1910-15	152	12	15.9	32.5	-	-	-	-	-	-
(2)	Good	1910-15	152	12	11.6	-3.3	Brown sand	Corrosive	Excellent / v. good	0.711	-5.9	11.7±1.5
5 (1)	Good	1928	152	12	21.7	80.8	-	-	-	-	-	-
(2)	Good	1928	152	12	12.6	5	Brown clay	Corrosive	Good / v. good	0.267	-2.2	11.9±2.4
6	Poor	1949	152	9	8.2	-8.9	Brown clay	Corrosive	v. good / moderate	0.101	-1.1	8.8±0.8
7	-	1860	457	20	20.1	0.5	Brown clay	Moderately corrosive	v. good / good	1.257	-6.3	20.1±2.2
8	-	Pre 1900	457	20	14.9	-25.5	-	-	-	-	-	-
9	-	Pre 1900	152	-	12.3	2.5	-	-	-	-	-	-
	-	Pre 1900	152	-	10.9	-10.0	-	-	-	-	-	-
10	-	-	152	-	8.1	-19.0	-	-	-	-	-	-

- 1 Remaining pipe wall thickness predicted by NRC's acoustic technology represents an "effective" value from a mechanics of materials point of view, and subsequently it reflects general structural deterioration of pipes. Therefore, for pipes in poor or very poor corrosion condition, predicted remaining thickness will generally be significantly less than actual average thickness.
- 2 Rating based on corrosion of external / internal surfaces of exhumed samples.
- 3 Average thickness is based on values at the 3, 6, 9, 12 o'clock positions around the circumference on both ends of exhumed samples except for site No. 1. For site No. 1, the thicknesses of the pipe sample at one end is significantly more than that at the other end, indicating that the sample came from a location near a pipe's bell. For this sample, the thickness was based on measurements at the thinner end.
- 4 Value is high and appears to be inconsistent with condition of pipe sample seen in photos in Appendix E and with Correng's corrosion rating of "very good".

# Hamilton, Ontario



# Hamilton, Ontario



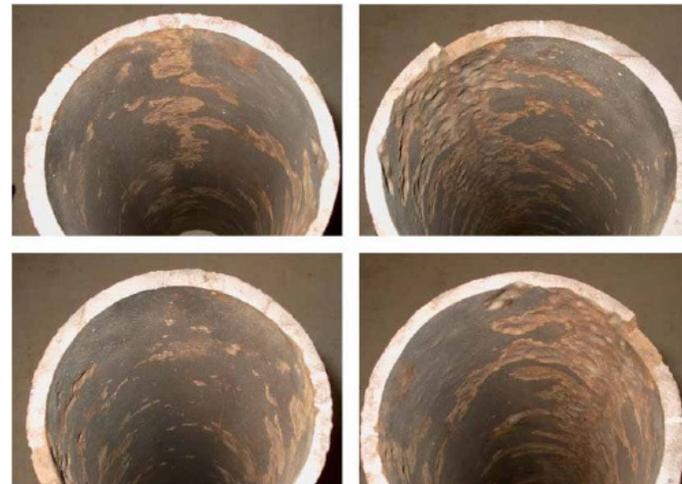
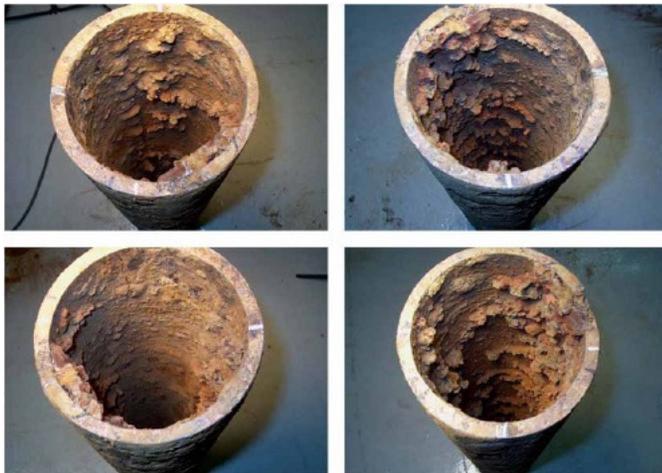
Conduite déterrée dans le site 3

# Hamilton (Ontario)

Site No.	City-supplied info			Prediction by NRC's new acoustic technology			Independent corrosion analysis of exhumed samples by Correng					
	Pipe rating	Year of construction	Diameter (mm)	Nominal thickness (mm)	Remaining <sup>1</sup> thickness (mm)	Thickness change (%)	Soil type	Soil corrosivity	Condition Rating <sup>2</sup>	Metal loss (mm)	Metal loss (%)	Thickness <sup>3</sup> (mm)
1	Poor	1958	152	9	9.3	3.3	Brown clay	Corrosive	Good / good	0.228	-2.5	9±0.3
2	Good	1922	152	12	11.5	-4.2	Silty clay	Very corrosive	v. good / v. good	1.731	-14.4 (?) <sup>4</sup>	11.4±2.7
3 (1)	Poor	1860	152	11	5.8	-47.3	Brown clay	Very corrosive	v. poor / moderate	1.778	-16.2	11.6±3.3
(2)	-	-	152	11	7.5	-32.7	-	-	-	-	-	-
(3)	Poor	1860	152	11	7.6	-30.9	Brown sand	Moderately corrosive	v. poor / good	2.02	-18.4	11±3.3
(4)	-	-	152	11	9.7	-11.8	Brown sand	-	-	-	-	-
4 (1)	Good	1910-15	152	12	15.9	32.5	-	-	-	-	-	-
(2)	Good	1910-15	152	12	11.6	-3.3	Brown sand	Corrosive	Excellent / v. good	0.711	-5.9	11.7±1.5
5 (1)	Good	1928	152	12	21.7	80.8	-	-	-	-	-	-
(2)	Good	1928	152	12	12.6	5	Brown clay	Corrosive	Good / v. good	0.267	-2.2	11.9±2.4
6	Poor	1949	152	9	8.2	-8.9	Brown clay	Corrosive	v. good / moderate	0.101	-1.1	8.8±0.8
7	-	1860	457	20	20.1	0.5	Brown clay	Moderately corrosive	v. good / good	1.257	-6.3	20.1±2.2
8	-	Pre 1900	457	20	14.9	-25.5	-	-	-	-	-	-
9	-	Pre 1900	152	-	12.3	2.5	-	-	-	-	-	-
	-	Pre 1900	152	-	10.9	-10.0	-	-	-	-	-	-
10	-	-	152	-	8.1	-19.0	-	-	-	-	-	-

- 1 Remaining pipe wall thickness predicted by NRC's acoustic technology represents an "effective" value from a mechanics of materials point of view, and subsequently it reflects general structural deterioration of pipes. Therefore, for pipes in poor or very poor corrosion condition, predicted remaining thickness will generally be significantly less than actual average thickness.
- 2 Rating based on corrosion of external / internal surfaces of exhumed samples.
- 3 Average thickness is based on values at the 3, 6, 9, 12 o'clock positions around the circumference on both ends of exhumed samples except for site No. 1. For site No. 1, the thicknesses of the pipe sample at one end is significantly more than that at the other end, indicating that the sample came from a location near a pipe's bell. For this sample, the thickness was based on measurements at the thinner end.
- 4 Value is high and appears to be inconsistent with condition of pipe sample seen in photos in Appendix E and with Correng's corrosion rating of "very good".

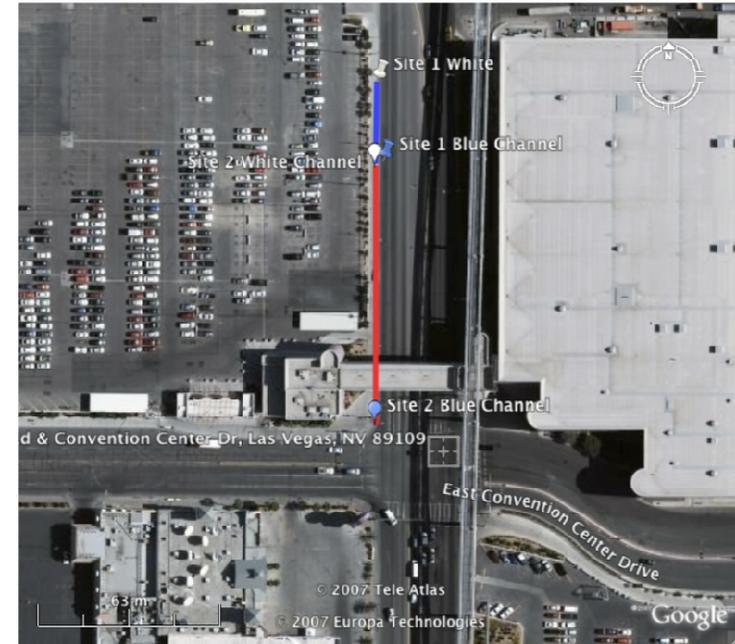
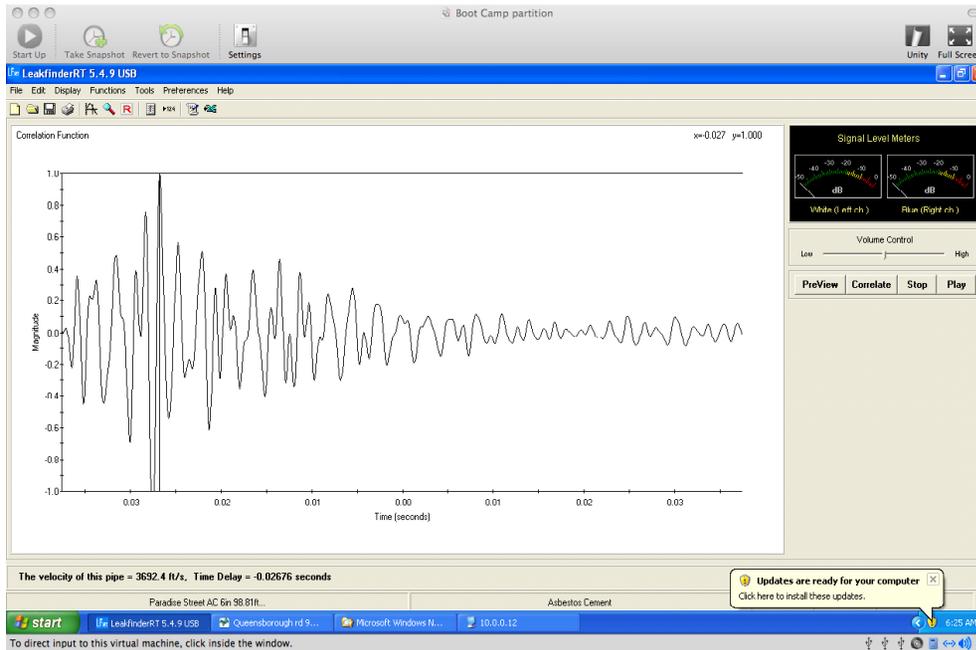
# Hamilton (Ontario)



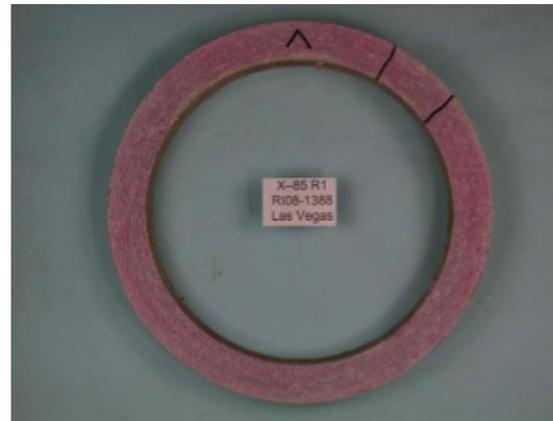
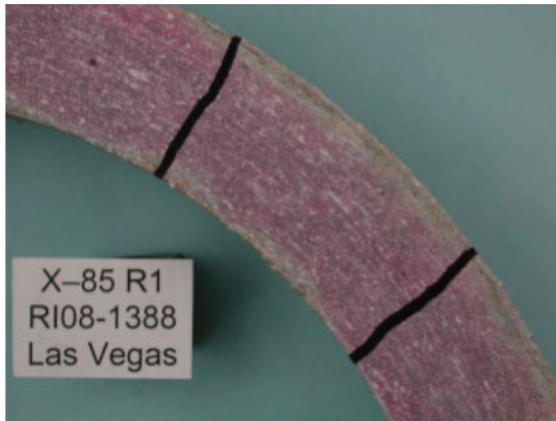
# Las Vegas (Nevada)

- Analyse de deux sections d'une conduite en AC de 15,2 cm (6 po)
- Conduite de 15,2 cm (6 po) déterrée pour confirmer les résultats
- Analyse d'une conduite en AC de 60,9 cm (24 po), confirmation que la conduite était en bon état

# Las Vegas (Nevada)



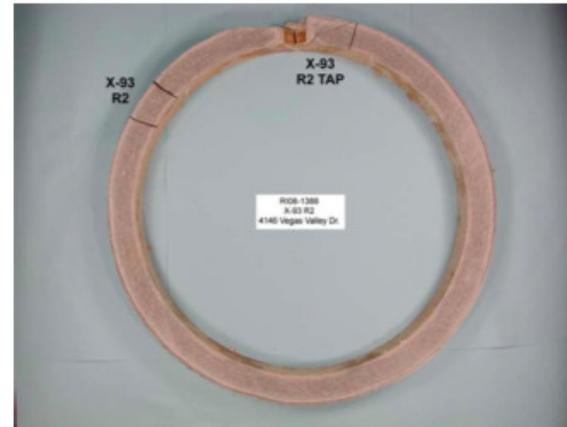
# Las Vegas (Nevada)



# Las Vegas (Nevada)

- Contrat renouvelable de 5 ans pour l'évaluation des conduites en AC et des conduites maîtresses critiques
- Évaluation de toutes les conduites en AC de Las Vegas (Nevada)
- La plupart des conduites en AC en excellent état
- Détection de plusieurs zones de conduite en AC détériorées
- La conduite en AC de 60,9 cm (24 po) estimée détériorée à 38 %

# Las Vegas (Nevada)



# Questions-réponses