



# Rapport

PRÉSENTÉ À



TITRE DU PROJET

**Interprétation des fissures et fractures circulaires dans les conduites en béton**

PRÉPARÉ PAR : \_\_\_\_\_  
Benoit Grondin, ing. OIQ 118465

DATE

22 OCTOBRE 2025



## TABLE DES MATIÈRES

<b>PARTIE 1   SOMMAIRE EXÉCUTIF</b> .....	<b>1</b>
1. CONSTATS PRINCIPAUX.....	1
2. INTERVENTIONS ET SOLUTIONS DURABLES .....	1
3. RECOMMANDATIONS CLÉS .....	2
<b>PARTIE 2   INTRODUCTION</b> .....	<b>3</b>
1. CARACTÉRISTIQUES DES FISSURES CIRCULAIRES DANS LES CONDUITES DE BÉTON ARMÉ .....	4
1.1 DÉFINITION ET TYPOLOGIE DES FISSURES/FRACTURES CIRCULAIRES.....	4
1.2 MÉCANISMES DE FORMATION.....	5
1.2.1 Localisation typique .....	5
1.2.2 Types de fissures/fractures circulaires .....	5
1.2.3 Mécanismes spécifiques de formation.....	5
1.2.4 Causes de la présence de fissures/fractures circulaires.....	6
2. IMPACT SUR LA PERFORMANCE STRUCTURALE ET HYDRAULIQUE .....	8
2.1 IMPACT SUR LA CAPACITÉ STRUCTURALE.....	8
2.2 CONSÉQUENCE SUR L'ÉTANCHÉITÉ (INFILTRATION / EXFILTRATION) .....	8
2.3 CICATRISATION AUTOGÈNE.....	9
2.3.1 Mécanisme de cicatrisation .....	9
2.3.2 Efficacité et limites.....	9
2.3.3 Impact sur la durabilité des conduites neuves.....	9
3. MÉTHODES CORRECTIVES.....	10
3.1 CRITÈRES D'INTERVENTION.....	11
3.2 COLMATAGE CHIMIQUE DES CONDUITES D'ÉGOUT À L'ACRYLAMIDE.....	12
3.2.1 Description de la méthode.....	12
3.2.2 Avantages .....	13
3.3 INCONVÉNIENTS.....	13
3.3.1 Critères de conception .....	13
3.3.2 Durabilité de la méthode.....	14
3.4 CHEMISAGE.....	15
3.4.1 Description de la méthode.....	15
3.4.2 Avantages .....	15
3.4.3 Inconvénients.....	16
3.4.4 Critères de conception à considérer .....	16
3.4.5 Durabilité de la méthode.....	17
3.4.6 Longueur d'intervention possible .....	17
3.4.7 Considérations environnementales et réglementaires.....	17

<b>3.5</b>	<b>TUBAGE SEGMENTÉ.....</b>	<b>17</b>
3.5.1	Description de la méthode.....	17
3.5.2	Avantages.....	18
3.5.3	Inconvénients.....	18
3.5.4	Critères de conception à considérer.....	19
3.5.5	Durabilité de la méthode.....	19
3.5.6	Longueurs d'intervention.....	19
<b>3.6</b>	<b>REMPACEMENT PONCTUEL.....</b>	<b>19</b>
3.6.1	Description de la méthode.....	19
3.6.2	Avantages.....	19
3.6.3	Inconvénients.....	19
3.6.4	Durabilité de la méthode.....	20
<b>3.7</b>	<b>MANCHONS MÉCANIQUES.....</b>	<b>20</b>
3.7.1	Description de la méthode.....	20
3.7.2	Avantages.....	20
3.7.3	Inconvénients.....	21
3.7.4	Critères de conception à considérer.....	21
3.7.5	Durabilité de la méthode.....	21
3.7.6	Capacité structurale des manchons Link-Pipe.....	21
<b>3.8</b>	<b>PROJECTION DE GÉOPOLYMÈRE.....</b>	<b>21</b>
3.8.1	Description de la méthode.....	21
3.8.2	Avantages.....	23
3.8.3	Inconvénients.....	23
3.8.4	Critères de conception à considérer.....	23
3.8.5	Durabilité de la méthode.....	23
3.8.6	Limites d'application.....	24
3.8.7	Longueurs d'intervention typiques.....	24
<b>PARTIE 3   CONCLUSION.....</b>		<b>25</b>
<b>BIBLIOGRAPHIE.....</b>		<b>26</b>

## LISTE DES FIGURES

---

- Figure 1 | Fissures/Fractures dans le haut de la conduite (réf. Engineering Assessment and Acceptance Guideline - Circumferential Cracking, Concrete Pipe Association of Australasia, p.3)
- Figure 2 | Fissures/Fractures dans le bas de la conduite (réf. Engineering Assessment and Acceptance Guideline - Circumferential Cracking, Concrete Pipe Association of Australasia, p.3)
- Figure 3 | Méthode corrective de colmatage chimique, intervention à l'intérieur du tuyau (ref. Logiball)
- Figure 4 | Méthode corrective de colmatage chimique, intervention à l'extérieur du tuyau (réf. United Survey, Inc.)
- Figure 5 | Méthode corrective de chemisage ponctuel, insertion de la gaine (réf. City of Greeley)
- Figure 6 | Méthode corrective de tubage segmenté (Réf. Dynamic Drain Technologies)
- Figure 7 | Méthode de correction de projection de géopolymère, existant versus correctif, tuyau ovale (Ref. Vortex Companies)
- Figure 8 | Méthode de correction de projection de géopolymère, existant versus correctif, tuyau circulaire (Ref. Vortex Companies)

## LISTE DES TABLEAUX

---

- Tableau 1 | Solutions correctives
- Tableau 2 | Critères d'acceptation
- Tableau 3 | Types d'intervention
- Tableau 4 | Comparaisons des méthodes d'intervention

## LISTE DES ANNEXES

---

- Annexe 1 | Tableau - Analyse des déficiences - Conduites d'égout - Ville de Montréal

## PARTIE 1 | SOMMAIRE EXÉCUTIF

---

Ce rapport présente une analyse approfondie et objective des fissures et fractures circulaires observées dans les conduites en béton armé neuves, conformément aux normes BNQ 2622-126 et BNQ 1809-300. Son objectif principal est de démystifier la nature de ces fissures et de clarifier leur impact réel sur la performance et la durabilité des infrastructures d'assainissement et de drainage.

Le document constitue un outil de référence positif et structurant pour les ingénieurs, gestionnaires et entrepreneurs, en fournissant des critères techniques fiables pour l'évaluation et l'acceptation des ouvrages neufs.

### 1. CONSTATS PRINCIPAUX

---

- Déficiences généralement bénignes et non structurales
  - Les fissures et fractures circulaires n'affectent pas la capacité portante des conduites.
  - Elles s'apparentent davantage à des « joints supplémentaires » et ont un impact localisé, sans menace pour la stabilité globale de l'ouvrage.
  - Tout comme les joints, il faut s'assurer de leur étanchéité pour éviter l'apparition de déficiences structurales ou fonctionnelles beaucoup plus sévères que le défaut d'origine.
- Un phénomène souvent lié à des conditions d'installation
  - Ces fissures proviennent surtout de pratiques de chantier perfectibles (appuis non uniformes, compactage inégal).
  - En conséquence, une meilleure coordination entre les intervenants (surveillance, entrepreneur, fournisseur) et de la formation permettraient sûrement d'en minimiser l'apparition.
- Un potentiel autogène
  - Le rapport met en lumière la cicatrisation autogène du béton, un phénomène naturel où l'humidité et le CO<sub>2</sub> colmatent les microfissures.
  - Des études démontrent l'auto cicatrisation complète pour des fissures jusqu'à 1,5 mm, rendant la conduite « aussi bonne que neuve ».
  - Cette propriété représente un atout durable et écologique, réduisant le besoin d'interventions coûteuses.

### 2. INTERVENTIONS ET SOLUTIONS DURABLES

---

Le rapport présente un éventail de solutions correctives et généralement non invasives, démontrant que le secteur dispose d'outils efficaces et éprouvés pour chaque situation, tel que décrit au [tableau 1](#) ci-dessous.

Tableau 1 | Solutions correctives

Méthode	Nature	Durabilité estimée	Atout principal
Colmatage	Étanchéité locale	> 20 ans (pot. 50 ans)	Intervention rapide
Chemisage (CIPP)	Structurale localisée ou complète	50-100 ans	Solution robuste, faible perturbation
Tubage segmenté	Structurale localisée	Équivalente à la conduite hôte	Adaptée aux réparations ciblées
Manchons mécaniques	Renforcement local	50-100 ans	Installation rapide
Projection de géopolymère	Structurale et chimique	50-100 ans	Technologie innovante

Ces techniques permettent une intervention ciblée, minimisant les coûts et préservant l'intégrité globale du réseau.

### 3. RECOMMANDATIONS CLÉS

Privilégier la prévention par une formation accrue du personnel de chantier et un encadrement rigoureux des procédures d'installation.

Favoriser l'interprétation éclairée des fissures par l'ingénieur surveillant, le tout en conformité avec les articles 11.3 et 11.5 de la norme BNQ 1809-300.

Adopter des critères d'intervention adaptés, en s'appuyant sur la cicatrisation naturelle avant toute réparation intrusive.

Valoriser les méthodes sans tranchée, qui représentent une approche durable, économique et respectueuse de l'environnement.

## PARTIE 2 | INTRODUCTION

---

Les conduites de béton fabriquées au Québec selon la norme BNQ 2622-126 (1) ont une durée de vie attendue minimale de 100 ans. Cependant, lorsque la synergie entre l'équipe de surveillance, entrepreneurs et fournisseurs n'est pas au rendez-vous, la bonne marche du projet peut en être affectée. L'objectif de ce rapport est d'expliquer la nature des fissures - fractures circulaires dans le contexte des inspections télévisées, de leur nature ponctuelle et de leur lien avec la structure de l'ouvrage.

L'installation de nouvelles conduites en béton armé pour les réseaux d'assainissement et de drainage gravitaires (incluant les ponceaux) représente un investissement important pour les municipalités et les gestionnaires d'infrastructures. Ces conduites neuves peuvent présenter différentes irrégularités dont des fissures ou des fractures circulaires dès la réception des travaux.

Cette situation constitue une source fréquente d'échanges entre les différentes parties prenantes d'un projet. En effet, la présence de ces irrégularités suscite fréquemment des désaccords entre les donneurs d'ouvrage, les entrepreneurs et les fournisseurs quant à leur impact réel sur la qualité et la pérennité de l'ouvrage. Les questions qui se posent sont multiples :

- Ces fissures affectent-elles réellement l'intégrité structurale de la conduite ?
- Compromettent-elles sa fonctionnalité hydraulique ?
- Nécessitent-elles des interventions correctives coûteuses ou peuvent-elles être tolérées sans conséquence significative sur la durée de vie de l'infrastructure ?

Ce rapport vise précisément à clarifier ces interrogations en se concentrant exclusivement sur les fissures/fractures circulaires lorsqu'elles sont observées sur la paroi des conduites en béton armé. L'objectif est donc de déterminer, sur la base d'éléments techniques et scientifiques, l'impact réel des fissures et fractures circulaires sur la performance structurale et fonctionnelle de ces conduites tout au long de leur cycle de vie.

Les éléments contenus dans ce rapport portent exclusivement sur les conduites en béton armé nouvellement installées, et n'abordent pas les problématiques de vieillissement ou de détérioration progressive des infrastructures existantes.

À travers une analyse approfondie des mécanismes de formation, des conséquences hydrauliques et structurales, ainsi que des méthodes d'intervention disponibles, cette étude fournira aux gestionnaires d'infrastructures, aux ingénieurs et aux entrepreneurs des critères objectifs pour évaluer la gravité des fissures observées.

En établissant des critères objectifs d'évaluation spécifiquement adaptés aux conduites nouvellement installées, ce document vise à faciliter le processus de réception des ouvrages neufs et à fournir un cadre de référence pour déterminer si les fissures circulaires observées sur une conduite neuve compromettent réellement sa durabilité ou si elles peuvent être acceptées sans intervention. Le cas échéant, des recommandations sur les méthodes d'intervention les plus appropriées pour ces conduites neuves seront également présentées.

Cette clarification des enjeux techniques propres aux conduites neuves contribuera, nous le souhaitons, à réduire les litiges lors de la phase critique de réception des travaux, tout en garantissant la pérennité et la performance des nouvelles infrastructures d'assainissement et de drainage.

## 1. CARACTÉRISTIQUES DES FISSURES CIRCULAIRES DANS LES CONDUITES DE BÉTON ARMÉ

---

### 1.1 Définition et typologie des fissures/fractures circulaires

Selon le Pipeline Assessment Certification Program (PACP) version 7.0.4 développé par la NASSCO (National Association of Sewer Service Companies)<sup>[2]</sup>, les défauts structuraux sont classés en 12 groupes, dont les fissures et les fractures qui nous intéressent particulièrement pour les conduites de béton armé.

Le PACP définit les fissures et fractures circulaires comme suit :

- **Fissure Circulaire (CC - Circumferential Crack)** : Fissure qui suit un tracé circulaire perpendiculaire à l'axe de la conduite d'égout (parallèlement aux joints). Une fissure est définie comme une fine ligne visible à la surface, mais qui n'est visiblement pas ouverte. Il n'y a pas d'espace entre les bords de la fissure<sup>[2]</sup>.
- **Fracture Circulaire (FC - Fracture Circumferential)** : Fracture qui suit un tracé circulaire perpendiculaire à l'axe de la conduite. Une fracture est définie comme une fissure qui est devenue visiblement ouverte et dont les bords sont séparés par un espace, mais où les morceaux de la paroi de la conduite sont toujours en place et ne sont pas susceptibles de bouger)<sup>[2]</sup>.

Les fissures et fractures circulaires peuvent être caractérisées selon d'autres critères dans le système PACP :

- Selon leur localisation :
  - Situées aux joints (indiquées par le modificateur « J » dans la codification PACP).
  - Situées sur le corps de la conduite (sans modificateur spécifique).
- Selon leur étendue :
  - Le concept de « défaut répétitif continu » est utilisé si 75 % des joints (3 sur 4) sont touchés par des fissures ou fractures circulaires.
- Selon leur position horaire :
  - Le PACP requiert deux références horaires pour les fissures et fractures circulaires, indiquant leur étendue circonférentielle (par exemple « 01 05 » pour une fissure allant de 1 h à 5 h).

## 1.2 Mécanismes de formation

Selon le guide d'évaluation de la Concrete Pipe Association of Australasia (CPAA)<sup>[3]</sup> les fissures/fractures circulaires se produisent généralement lorsque la conduite est chargée comme une poutre, ce pour quoi elle n'est pas conçue. Ce type de fissuration est plus fréquent dans les tuyaux de béton munies d'une cloche et on la retrouve dans la partie médiane. On parle de cloche lorsque l'extrémité femelle de la conduite a un diamètre extérieur plus grand que le reste de la conduite.

Étant donné ce mécanisme, un moyen efficace de prévenir ce type de fissure consiste à assurer un bon encastrement de la cloche dans l'assise granulaire des conduites (voir l'article 10.5.1.6 de la norme BNQ 1809-300). Par conséquent, ce type de fissure est généralement attribuable à une installation inadéquate des conduites.

### 1.2.1 Localisation typique

Dans une installation neuve, ces fissures apparaissent principalement :

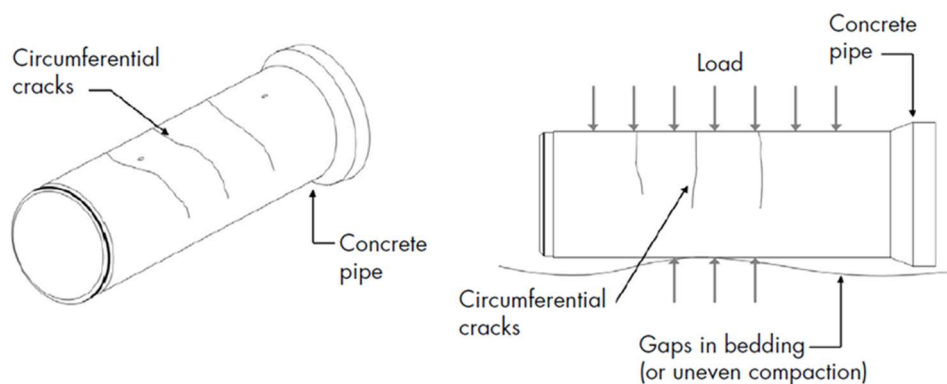
- À proximité immédiate des joints entre deux tuyaux.
- Dans la partie centrale des sections de conduite.
- Dans les zones de concentration de contraintes.

### 1.2.2 Types de fissures/fractures circulaires

Les fissures/fractures circulaires peuvent se manifester à différents endroits sur la conduite :

- Au haut de la conduite (CC/FC-T).
- Au bas de la conduite (CC/FC-B).
- Sur toute la circonférence de la conduite (CC/FC-F).

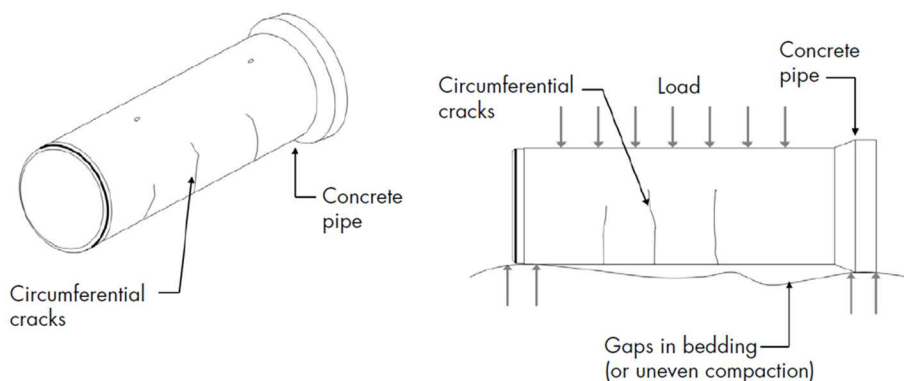
### 1.2.3 Mécanismes spécifiques de formation



**Pipes can crack circumferentially at the top where support is not uniform and it is forced to act like a cantilever beam.**

Figure 1 | Fissures/Fractures dans le haut de la conduite (réf. Engineering Assessment and Acceptance Guideline – Circumferential Cracking, Concrete Pipe Association of Australasia, p.3)

**Les conduites peuvent se fissurer en haut (CC/FC-T)** lorsque le support n'est pas uniforme et qu'elles sont forcées d'agir comme une poutre en porte-à-faux. Cela se produit généralement lorsque l'assise de la conduite a un profil non uniforme ou que le compactage est inégal, obligeant la conduite à supporter des charges pour lesquelles elle n'est pas conçue.



**Pipes can crack circumferentially at the bottom where uniform support is not achieved. Pipes are not designed to act as beams.**

**Figure 2 | Fissures/Fractures dans le bas de la conduite (réf. Engineering Assessment and Acceptance Guideline – Circumferential Cracking, Concrete Pipe Association of Australasia, p.3**

**Les conduites peuvent se fissurer en bas (CC/FC-B)** lorsque le support n'est pas uniforme et que la conduite agit comme une poutre. Dans cette situation, les charges appliquées sur la conduite engendrent des contraintes de flexion pour lesquelles la conduite n'a pas été conçue.

#### 1.2.4 Causes de la présence de fissures/fractures circulaires

La littérature sur les déficiences visibles dans les conduites de béton, notamment le document Evaluation and Repair of Installed Reinforced Concrete Pipe)<sup>[34]</sup> de la ACPA, nous informe que la principale cause de ce type de déficience est attribuable au non-respect des procédures d'installation. Au Québec, la norme BNQ 1809-300 encadre la construction des réseaux d'égouts ou encore les documents normatifs du ministère des Transports et de la Mobilité Durable. Évidemment, la surveillance des chantiers est une étape essentielle au succès de tous projets. Les tassements différentiels du sol, la manutention des tuyaux, leur stockage et une surcharge excessives lors du compactage notamment sont aussi des causes liées à l'apparition des fissures/fractures circulaires.

##### 1.2.4.1 Causes liées au transport et à l'installation :

Lors du transport, du levage ou du compactage du sol d'assise, des contraintes excessives peuvent être imposées sur la conduite, entraînant la formation de fissures circulaires.

- **Manipulation inappropriée** : Mouvements excessifs pendant le transport et la manutention créant un effet de « dos cassé ».
- **Erreurs d'installation** : Aucun espace créé sous la cloche pour permettre son insertion dans le matériau de l'assise, compactage insuffisant, ajustement du profil après installation.

- **Remblayage incorrect** : Compactage excessif et non uniforme du remblai latéral, hauteur de couche trop importante.
- **Support non uniforme** : Compactage variable, points bas dans le profil.

#### 1.2.4.2 Causes liées au terrain et aux fondations :

Un sol ou un remblayage non homogène ou mal compacté peut induire des pressions différentielles sur la conduite, générant des efforts de flexion importants et, par conséquent, des fissures circulaires.

- **Faiblesse des fondations** : Capacité des sols en place non remaniés insuffisante et non considérée lors de la conception.
- **Support non uniforme** : résistance variable des sols non remaniés.
- **Drainage inadéquat** : Assèchement non contrôlé causant une faiblesse structurale au niveau de l'assise.

#### 1.2.4.3 Causes liées aux interactions structurales :

- **Interface avec structures rigides** : Tassement différentiel de la conduite à proximité des entrées et sorties des regards.
- **Charges de construction** : Application de charges sans couverture suffisante au-dessus de la conduite.

#### 1.2.4.4 Causes liées à la cure du béton :

Le béton peut développer des fissures précoces dues au retrait plastique ou au différentiel thermique entre l'intérieur et l'extérieur du tuyau lors du durcissement.

Ces fissures de retrait sont acceptables et ceci est mentionné dans la norme BNQ 2622-126 ainsi que dans la norme BNQ 1809-300 (voir article 11.5.1).

Selon le PACP, ces défauts se détériorent progressivement selon leur ampleur et leur gravité : « S'ils ne sont pas traités, ces défauts peuvent se détériorer en bris, trous, déformations et, en définitive, en effondrement de conduites) »<sup>[5]</sup>. Cette progression suggère la séquence suivante :

- Fissure circulaire (CC).
- Fracture circulaire (FC).
- Bris (B).
- Trou (H).
- Déformation (D).
- Effondrement (X).

Toutefois, comme le souligne le CPAA et le ACPA, les fissures circonférentielles n'affectent généralement pas la capacité portante des conduites<sup>[3][34]</sup>, ce qui les différencie d'autres types de défauts structuraux. Cette caractéristique est importante à considérer lors de l'évaluation de la gravité des fissures circulaires observées.

## 2. IMPACT SUR LA PERFORMANCE STRUCTURALE ET HYDRAULIQUE

---

### 2.1 Impact sur la capacité structurale

Contrairement aux fissures/fractures longitudinales, les fissures/fractures circulaires n'affectent généralement pas la capacité portante des tuyaux de béton<sup>[20]</sup>. Cette distinction est importante car elle influence directement les critères d'acceptation et les méthodes d'évaluation.

Cependant, même si elles n'affectent pas directement la capacité portante, les fissures/fractures circulaires dans les tuyaux en béton armé peuvent réduire la performance des tuyaux affectés de plusieurs façons :

- La stabilité du système sol/conduite, en permettant les fuites, ce qui va favoriser la migration des particules fines du sol et éventuellement l'apparition de bas-fonds.
- En augmentant la résistance hydraulique, s'il y a un déplacement des parois perpendiculaire à l'axe.
- En amorçant le processus de corrosion de l'acier d'armature en présence d'eau ou d'humidité et pour des fractures non colmatées.

Le système de pointage développé par NASSCO et que l'on retrouve dans le PAC<sup>[2]</sup>, témoigne de cette réalité. Les fissures circulaires pour les conduites sanitaires, pluvial et unitaire ont un pointage structural de 1 et les fissures longitudinales ont un pointage de 2. Les fractures circulaires ont pour leur part un pointage de 2 et les fractures longitudinales un pointage de 3.

L'impact d'une fracture circulaire sur le comportement du tuyau est similaire à un joint ouvert. Elle a peu d'impact sur le risque d'effondrement à court terme du tuyau mais peut affecter significativement le comportement du système et provoquer des déficiences aux ouvrages adjacents lorsque survient un lessivage de l'enrobage.

### 2.2 Conséquence sur l'étanchéité (infiltration / exfiltration)

Les fractures circulaires sont particulièrement problématiques pour l'étanchéité des réseaux d'égout. Elles peuvent entraîner :

- Des infiltrations d'eau souterraines dans le réseau augmentant les volumes d'eau à traiter.
- Des exfiltrations d'eaux usées vers le sol environnant, causant une pollution de la nappe phréatique.
- Permettre l'intrusion des racines dans le réseau.
- Permettre le lessivage de l'enrobage des conduites ce qui favorise la détérioration des infrastructures adjacentes.

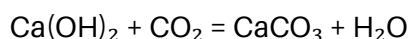
Les fissures circulaires, compte tenu que les parois de la fissure demeurent à toutes fins pratiques collées (non ouvertes), les risques exposer pour les fractures sont grandement diminués. Il faut aussi considérer dans leur cas le processus de cicatrisation autogène du béton discuté dans la prochaine section.

## 2.3 Cicatrisation autogène

### 2.3.1 Mécanisme de cicatrisation

Un phénomène se produit dans les conduites en béton armé fissurées : la cicatrisation autogène. Ce processus naturel de réparation se produit lorsque les fissures sont exposées à l'humidité, condition quasi permanente dans les réseaux d'assainissement.

La cicatrisation autogène résulte d'une réaction chimique entre l'humidité, le dioxyde de carbone présent dans l'air et le sol environnant, et les composants du ciment. Ce processus produit du carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ) qui forme une croûte blanche et dure qui colmate progressivement les fissures. La formule chimique de cette réaction est :



Ce phénomène a été documenté pour la première fois par l'Académie française des sciences en 1836. Depuis, de nombreux exemples ont démontré que les fissures dans le béton peuvent être réparées naturellement par l'humidité qui réactive le processus d'hydratation du ciment.

### 2.3.2 Efficacité et limites

La largeur de la fissure influence directement la vitesse et l'efficacité de la cicatrisation autogène :

- Les études d'Edvardsen<sup>[4]</sup> ont montré que des fissures de 0,2 mm peuvent se cicatriser complètement en 7 semaines.
- Selon le ACPA qui se réfère à l'étude de Loving<sup>[5]</sup> ont documenté la cicatrisation de fissures atteignant 1,5 mm sur une période de 5 ans.

Le Département des Transports de l'Ohio (ODOT)<sup>[6]</sup> a développé des spécifications qui ne requièrent aucune intervention pour des fissures allant jusqu'à 1,8 mm de largeur, considérant que la cicatrisation autogène créera naturellement une conduite étanche avec le temps.

Les travaux de Richard Gagné, de l'Université Sherbrooke, portant sur ce processus pour des fissures longitudinales allant jusqu'à 1,5mm de largeur ont été présentés au congrès INFRA du CERIU de 2021. Cette étude a démontré la capacité autogène et a aussi évalué l'étanchéité de la zone cicatrisée.

Les tests en laboratoire et les observations sur le terrain confirment que la cicatrisation autogène peut créer une structure monolithique. La conduite réparée est souvent « aussi bonne que neuve » et parfois même plus résistante que la structure d'origine, car le carbonate de calcium formé pendant le processus peut avoir une résistance supérieure à celle du béton initial.

### 2.3.3 Impact sur la durabilité des conduites neuves

- Résistance à la corrosion
  - Contrairement à une idée répandue, la présence de fissures de 0,01 pouce dans les conduites en béton armé nouvellement installées n'entraîne pas de corrosion délétère de l'armature. Le professeur Spangler de l'Université d'État de l'Iowa a noté que des fissures atteignant jusqu'à 1/16 pouce (1,6 mm) ne permettent pas la corrosion sauf dans les conditions environnementales les plus défavorables<sup>[19]</sup>.

- Des études menées par le Washington State Highway Department ont exposé des blocs de béton armé fissurés pendant 10 ans. Même avec des fissures atteignant 0,02 pouce (0,5 mm), aucune corrosion dangereuse de l'acier d'armature n'a été observée<sup>[17]</sup>.
- Renforcement progressif avec le temps
  - Un autre phénomène favorable concerne le durcissement continu du béton. Comme l'explique Ken Kienow<sup>[7]</sup>, le béton des conduites continue à durcir tant qu'il reste du ciment non hydraté, que le béton demeure humide et que la température reste favorable.
  - Dans les conduites sanitaires, qui sont généralement humides et jamais soumises à des températures de congélation, ce durcissement se poursuit indéfiniment. Des tests sur des conduites anciennes récupérées lors de projets de reconstruction confirment systématiquement que la résistance des conduites en béton augmente avec le temps.
- Des exemples concrets incluent :
  - Des conduites de 27 pouces du Los Angeles County, installées en 1946 et testées en 2002, dont la résistance avait triplé après 56 ans de service<sup>[7]</sup>.
  - Des conduites de 69 pouces à Phoenix, dont la résistance à la compression avait plus que doublé en 16 ans<sup>[7]</sup>.

Cette augmentation de résistance améliore également la durabilité face à l'abrasion et aux attaques chimiques potentielles, contribuant à prolonger la vie utile des conduites bien au-delà des prévisions initiales.

### 3. MÉTHODES CORRECTIVES

---

Tel que décrit dans la section précédente, les fissures/fractures circulaires affectent uniquement le tuyau sur laquelle elles ont été constatées. De ce fait, pour corriger la situation, nous décrivons, dans les paragraphes qui suivent, les différentes méthodes d'intervention ponctuelles qui sont disponibles pour corriger ce type de situation.

En raison du trop grand nombre de facteurs entrant en ligne de compte pour déterminer le prix de ce type d'intervention comme l'accessibilité, la présence d'infiltration, le diamètre, la forme, la longueur du tuyau affecté, la longueur de l'intervention préconisée, etc., aucune information budgétaire sur la méthode proposée ne sera présentée dans les prochaines lignes. Nous invitons le lecteur à consulter des entreprises spécialisées dans ce domaine le moment venu pour déterminer les coûts budgétaires de la réparation.

Certaines méthodes présentées permettent de redonner la capacité structurale à la conduite alors que d'autres permettent uniquement d'étanchéiser la paroi de la conduite, nous invitons le lecteur à référer à la section « Critères d'intervention » pour déterminer quelle méthode est la mieux adaptée à la situation rencontrée.

### 3.1 Critères d'intervention

Le CPAA<sup>[3]</sup> a établi les critères d'acceptation présenté au [tableau 2](#) ci-dessous.

**Tableau 2 | Critères d'acceptation**

Dimension de la fissure	Action recommandée
< 0,15 mm	Aucune action requise
0,15 mm à < 0,5 mm	Aucune action recommandée - permettre le processus de cicatrisation autogène.
0,5 mm à < 1,0 mm	Suivre l'évolution - permettre le processus de cicatrisation autogène - valider après une période de 12 mois.
1,0 mm à < 2,0 mm	Évaluer le potentiel de migration des particules fines (dégradation possible de l'assise et de l'enrobage)
2,0 mm et plus	Fractures susceptibles de faire toute la circonférence et qui nécessite une réparation ou un remplacement

Il est important de noter que les limites établis ci-dessus sont prises à 3 mm de la surface.

Ces critères nous semblent cohérents en regard des éléments discutés précédemment et pourraient être appliqués aux Québec lors de l'installation des conduites neuves. Vous pouvez aussi vous référer au tableau présenté à l'annexe A, développé par la Ville de Montréal.

Vous trouverez dans le [tableau 3](#) ci-dessous les types d'intervention à privilégier selon les différentes situations qui seront rencontrées.

**Tableau 3 | Types d'intervention**

Option	Type de réparation	Pour corriger
1	Aucune action requise	Réparation non requise ou processus de cicatrisation autogène va fermer la fissure
2	Colmatage par injection	Fissures mineures de 0,15 mm à <0,5 mm qui ne sont pas active et dont le processus de cicatrisation autogène n'est pas complété au moment de la réception définitive et qui n'est pas étanche (par suite d'un test d'étanchéité réalisé en chantier)
3	Réparation ponctuelle structurale	Fissures mineures de 0,15 mm à <0,5 mm qui est active au moment de la réception définitive (mouvement noté entre la réception provisoire et définitive)
4	Réparation ponctuelle structurale avec colmatage	Fissures/Fractures de 1,0 mm et plus au moment de la réception provisoire avec potentiel de migration de particules fines de sol ou qui n'est pas étanche (par suite d'un test)
5	Réparation ponctuelle structurale avec colmatage	Fissures/Fractures de 0,5 mm à < 1,0 mm au moment de la réception définitive dont le processus de cicatrisation autogène n'est pas complété avec potentiel de migration de particules fines de sol ou qui n'est pas étanche (par suite d'un test)
6	Remplacement ponctuel	Lorsque les méthodes sans tranchée ne peuvent être utilisées

## 3.2 Colmatage chimique des conduites d'égout à l'acrylamide

### 3.2.1 Description de la méthode

Le colmatage chimique est une méthode de réparation sans tranchée utilisée pour étanchéiser les conduites d'égout, leurs raccordements et branchements. Elle consiste à injecter un coulis, généralement à base d'acrylamide, autour des joints ou de certaines déficiences structurales de la conduite. Le coulis, très fluide à l'état initial, migre dans les sols environnants avant de polymériser pour former un gel imperméable, souple et durable.



Figure 3 | Méthode corrective de colmatage chimique, intervention à l'intérieur du tuyau (ref. Logiball)

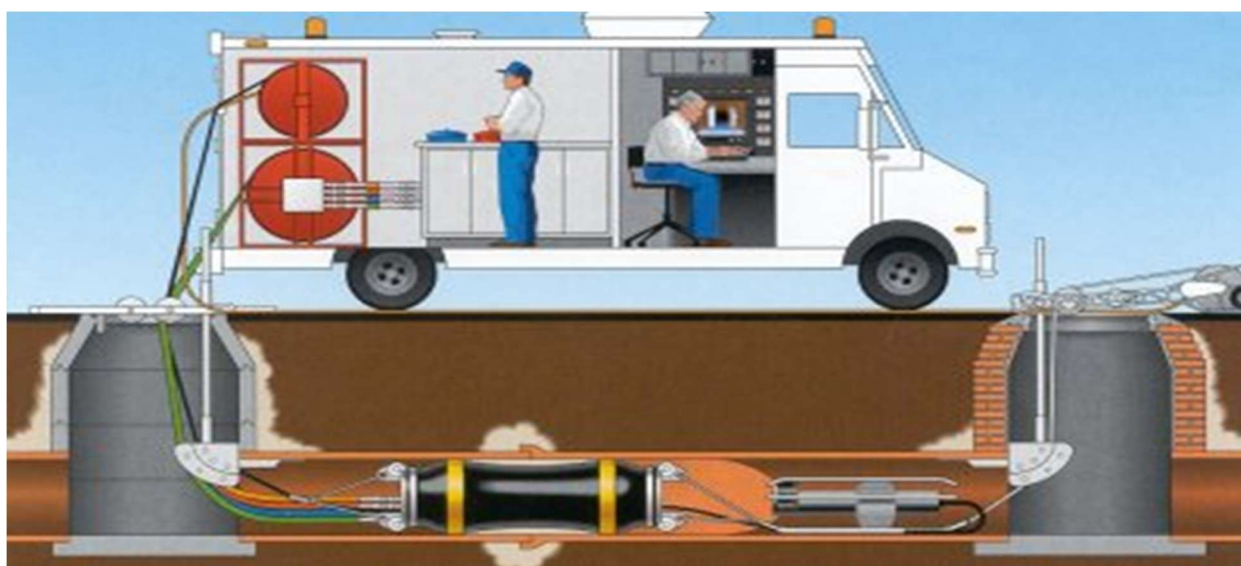


Figure 4 | Méthode corrective de colmatage chimique, intervention à l'extérieur du tuyau (réf. United Survey, Inc.)

### 3.2.2 Avantages

Cette méthode offre les avantages suivants :

- Méthode sans tranchée, minimisant les perturbations à la surface.
- Rapidité d'exécution, souvent quelques minutes par point.
- Capacité à sceller les infiltrations d'eau sans perturber la structure existante.
- Bonne pénétration dans les sols, même très fins, grâce à la faible viscosité initiale du mélange.
- Cette méthode peut être utilisée dans une grande gamme de diamètre (100 mm à 3 600 mm)
- Les produits normalement utilisés au Québec ont la certification NSF-61.[8]

### 3.3 Inconvénients

Suivant l'objectif de la présente étude, on peut identifier les inconvénients ci-dessous lors de l'utilisation de cette méthode :

- Manipulation de produits chimiques nécessitant des précautions.
- Efficacité dépendante de la qualité de l'exécution.
- Requiert une main-d'œuvre spécialisée et formée.
- Manque de formation des équipes de surveillance à l'égard de cette méthode.
- N'offre pas de renforcement structural.
- Peu d'historique documenté et détaillé pour permettre d'évaluer la longévité réelle de ce type d'intervention.
- Le coût de fabrication des manchons d'injection pour les conduites de plus grand diamètre ou de forme non circulaire est élevé.

#### 3.3.1 Critères de conception

Les travaux de colmatage des égouts à l'aide d'acrylamide sont encadrés par la norme :

- **ASTM F2304**:ASTM F2304[9] : Standard Practice for Sealing of Sewers Using Chemical Grouting.

Cette norme définit les procédures et critères techniques pour l'inspection, les tests et le scellement des joints des conduites d'égout.

La NASSCO a produit un guide pour l'élaboration d'un devis de colmatage. Le Centre d'expertises et de recherches en infrastructures urbaines (CERIU) est aussi à produire un guide pour l'élaboration d'un devis de colmatage en français. Ce Guide devrait être disponible début 2026.

En lien avec la présente étude, les éléments énumérés ci-dessous sont à considérer lors de la planification des travaux :

- Dimension, configuration et accessibilité de la conduite : Les manchons doivent être adaptés à la dimension et la forme de la conduite. L'équipement doit pouvoir être déplacé à l'intérieur de la conduite entre les deux points d'accès. Par conséquent, les raccordements intrusifs, des joints décalés ou un changement dans l'alignement de la conduite peuvent nuire au passage de l'équipement.

- Présence d'infiltration : continue ou intermittente, sous pression ou non. Le temps de prise et la concentration du coulis devront être ajusté conséquemment.
- Sol environnant : perméabilité, saturation, présence de nappes phréatiques.
- Température ambiante : La température influence la vitesse de polymérisation de l'acrylamide.
- Conditions du sol : la migration du gel dans le sol est essentielle. En sol très perméable, il peut y avoir dilution ou perte de produit. Il faut aussi s'assurer que le produit ne migre pas à l'intérieur d'infrastructures environnantes. Le temps de gel devra être adapté conséquemment.

Lors du choix de la méthode d'intervention, les éléments ci-dessous doivent être prise en considération :

- Inhibition de la cicatrisation autogène : l'injection d'un coulis aura pour effet d'interrompre ce processus naturel pour les fissures de petites dimensions.
- Stabilité : un mouvement des parois peut rompre l'interface gel-béton. Par conséquent, si l'on considère que l'enrobage de la conduite n'est pas suffisamment consolidé, cette méthode n'est pas recommandée.
- Dimensions de la fissure : < 0,2 mm difficile à injecter, une pression plus importante pourrait être requise ; > 1 mm facilite l'injection mais nécessite plus de produit.
- Le débit véhiculé dans la conduite : Les manchons obstruent l'écoulement. Si son interruption est un enjeu, même pour un très court laps de temps, une évaluation doit être faite. Il existe des manchons permettant le passage de l'écoulement.

### 3.3.2 Durabilité de la méthode

Il existe peu d'historique documenté et détaillé qui pourrait permettre au concepteur de déterminer la longévité de ce type d'intervention. Bien que cette méthode ait été utilisé depuis les années 50, le manque de données sur les conditions d'intervention rend cette tâche difficile. Il semble être actuellement admis dans le domaine que ce type d'intervention peut avoir une durée de vie supérieure à 20 ans. Les récentes recherches et démarches faites par les acteurs de cette industrie permettent de croire que la durée de vie de ce type d'intervention pourrait atteindre 50 ans. À titre informatif, la demi-vie d'un produit couramment utilisé au Québec, lorsque correctement installé dans le sol a été évalué à 362 ans par le US Department of Energy<sup>[10]</sup>.

Plusieurs démarches ont aussi été effectués pour déterminer le comportement de l'acrylamide dans le sol. Des formations sont aussi offertes pour les ouvriers et plusieurs documents ont été élaborés et mis à la disposition des donneurs d'ouvrages. Tous ces éléments favorisent la durabilité des interventions faites avec cette méthode.

### 3.4 Chemisage

#### 3.4.1 Description de la méthode

Le chemisage ponctuel (CIPP) est une technique de réhabilitation sans tranchée utilisée pour réparer des sections structurellement endommagées de conduites d'égout. Elle consiste à insérer une gaine imprégnée de résine thermodurcissable ou photodurcissable dans la conduite existante, puis à la durcir sur place pour former un nouveau tuyau étanche et structurellement solide.



Figure 5 | Méthode corrective de chemisage ponctuel, insertion de la gaine (réf. City of Greeley)

#### 3.4.2 Avantages

Cette méthode offre les avantages suivants :

- **Sans tranchée** : Réduction significative des perturbations en surface, préservant les infrastructures existantes.
- **Rapidité d'exécution** : Les réparations peuvent être effectuées en quelques heures, minimisant les interruptions de service.
- **Durabilité** : Les chemisages CIPP ont une durée de vie estimée à plus de 50 ans, résistants aux infiltrations, aux racines et à la corrosion. Le tout est basé sur les données colligées depuis le début de l'utilisation de cette méthode d'intervention vers les années 1975. Il est possible d'exiger une conception pour une durabilité de 100 ans, cependant, la conception sera basée sur l'extrapolation des données obtenues lors des essais en laboratoire et les connaissances accumulées depuis près de 50 ans.
- **Adaptabilité** : Convient à une variété de diamètres de conduites (de 2 à 110 pouces) et de matériaux (béton, fonte, PVC, etc.) .
- **Réduction des coûts indirects** : Moins de dépenses liées à la remise en état des surfaces et aux déviations de trafic.

- **Expérience acquise** : Cette méthode d'intervention est utilisée depuis 1975. Plusieurs études, documents techniques de référence, guide de conception et devis type ont été produits pour aider les concepteurs et maîtriser cette méthode d'intervention.

### 3.4.3 Inconvénients

Suivant l'objectif de la présente étude, on peut identifier les inconvénients ci-dessous lors de l'utilisation de cette méthode :

- **Réduction du diamètre intérieur** : L'épaisseur de la gaine peut légèrement diminuer le diamètre de la conduite, affectant potentiellement la capacité hydraulique.
- **Sensibilité aux conditions environnementales** : La température et l'humidité peuvent influencer le processus de durcissement.
- **Émissions potentielles** : Des composés organiques volatils (COV) peuvent être émis lors du durcissement, nécessitant des mesures de sécurité appropriées. Des odeurs peuvent être perçus par les usagers et créer un sentiment d'insécurité.

### 3.4.4 Critères de conception à considérer

Les travaux de réparation des égouts à l'aide de cette méthode sont notamment encadrés par les normes :

- ASTM F1216<sup>[13]</sup> : Standard Practice for Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by the Inversion and Curing of a Resin-Impregnated Tube.
- ASTM F1743<sup>[14]</sup> : Standard Practice for Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by Pulled-in-Place Installation of Cured-in-Place Thermosetting Resin Pipe (CIPP).
- ASTM F2019<sup>[15]</sup> : Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by the Pulled-in Place Installation of Glass Reinforced Plastic (GRP) Cured-in-Place Thermosetting Resin Pipe (CIPP).

#### Réhabilitation structurale ou non :

- Il est nécessaire de déterminer si une conception complètement structurale ou semi-structurale est requise. Selon l'ouverture de la fissure, une conception semi-structurale pourrait être suffisante pour corriger la situation.

#### Épaisseur de la gaine :

- Les paramètres entrant dans le calcul de l'épaisseur de la gaine structurale doivent être établis avant les travaux afin de permettre à l'entrepreneur de faire la conception de cette dernière dans le respect des exigences contractuels.

#### Type de chemisage :

- Les gaines en fibre de verre avec résine UV permettent un durcissement plus rapide et offre une meilleure capacité structurale, surtout en réparations ponctuelles. L'épaisseur de la gaine sera donc plus faible réduisant de façon moindre le diamètre de la conduite.

### 3.4.5 Durabilité de la méthode

Les études montrent que les chemisages (CIPP) peuvent durer plus de 50 ans, résistant aux agressions chimiques, aux infiltrations et aux mouvements du sol. La durabilité dépend toutefois de la qualité de l'installation, du type de résine utilisé et des conditions d'exploitation. Bien que la pratique soit d'exiger une conception sur 50 ans, une conception pour une durabilité de 100 ans peut être exigée. Il est important de considérer dans le cas présent qu'il s'agit d'une intervention sur une conduite neuve et que l'on veut s'assurer de la longévité de la conduite nouvellement installée. Une conception sur 50 ans, tel qu'il se fait normalement lors de la réhabilitation d'une conduite existante, ne serait pas conséquente à l'investissement réalisé pour le renouvellement de l'infrastructure.

### 3.4.6 Longueur d'intervention possible

En mode réparation ponctuelle (« spot repair ») par chemisage CIPP, les longueurs typiques d'intervention sont généralement comprises entre 0,6 m (2 pieds) et 3 m (10 pieds), avec des standards du marché tournant autour de 1,5 m à 2,5 m (5 à 8 pieds).

Voici les principales considérations :

- Longueurs usuelles
  - 1,8 m à 2,4 m (6 à 8 pieds) : longueurs courantes, particulièrement efficaces pour traiter une fissure circonférentielle.
  - 3 m (10 pieds) ou plus : possible, mais on s'approche alors du chemisage partiel, voire linéaire, plutôt que d'un vrai « spot repair ».
- Facteurs limitants
  - Précision du positionnement : plus la section à réparer est courte, plus le positionnement de la gaine doit être précis.
  - Accès aux extrémités : des gaines trop longues peuvent dépasser la zone de défaut, causant un excès inutile de couverture.

### 3.4.7 Considérations environnementales et réglementaires

**Émissions de COV :**

- Les résines utilisées peuvent émettre des composés organiques volatils lors du durcissement, nécessitant des mesures de ventilation et de protection appropriées.

**Gestion des effluents :**

- Les eaux usées qui peuvent être générées lors du processus selon la méthode de cure employée doivent être traitées conformément aux exigences gouvernementales.

## 3.5 Tubage segmenté

### 3.5.1 Description de la méthode

Le tubage segmenté, aussi connu sous le terme anglais « Segmental sliplining », est une méthode de réhabilitation sans tranchée consistant à insérer, à partir d'un accès existant (regard, chambre de visite, puits, extrémité de conduite, etc), des segments rigides courts qui sont assemblés à l'intérieur d'une conduite endommagée.

Ces segments peuvent former une nouvelle conduite à l'intérieur de l'ancienne, permettant de restaurer l'intégrité hydraulique et structurale de la conduite sans excavation majeure.

Cette méthode peut être utilisée depuis un seul regard ou entre deux regards rapprochés, selon la configuration du site. Elle est particulièrement adaptée aux réparations localisées sur quelques mètres (1,8 m à 3,0 m, parfois jusqu'à 6 m).

Le tuyau (segment) inséré est soit poussé en place manuellement ou avec des vérins hydrauliques, ou tiré à l'aide d'un treuil à sa position finale.

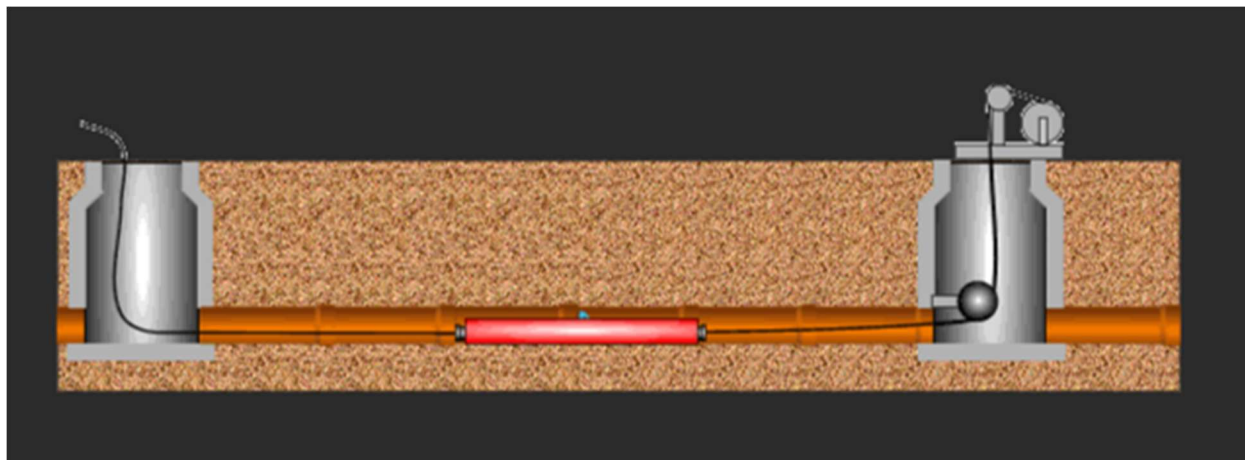


Figure 6 | Méthode corrective de tubage segmenté (Réf. Dynamic Drain Technologies)

### 3.5.2 Avantages

Cette méthode offre les avantages suivants :

- Méthode peu invasive. Selon le diamètre de la conduite, aucune excavation ne sera nécessaire. Le tout sera dépendant de la longueur des feuilles et de la dimension du regard.
- Applicable sur des sections courtes, ce qui en fait une solution adaptée aux réparations localisées.
- Temps d'installation réduit, particulièrement si les segments sont préfabriqués.
- Compatible avec une large gamme de diamètres et de formes (ovales, circulaires, etc.).

### 3.5.3 Inconvénients

Suivant l'objectif de la présente étude, on peut identifier les inconvénients ci-dessous lors de l'utilisation de cette méthode :

- Réduction du diamètre intérieur de la conduite, ce qui peut affecter la capacité hydraulique. Ce point doit être analysé avec soin lors de la conception.
- Raccords entre segments potentiellement vulnérables à l'infiltration si mal installés.
- Nécessite un accès adéquat pour la manipulation des segments. Il pourrait être requis de procéder à une excavation si le puits d'accès n'a pas une dimension suffisante.
- Nécessité de sceller l'interface entre la conduite hôte (à réparer) et la conduite insérée.

### 3.5.4 Critères de conception à considérer

À ce jour, il n'existe pas une norme unique et universelle spécifiquement dédiée au tubage segmenté (segmental sliplining), mais la méthode est encadrée de façon indirecte par plusieurs normes et guides techniques nord-américains qui couvrent les techniques de réhabilitation sans tranchée.

En lien avec la présente étude, les éléments énumérés ci-dessous sont à considérer lors de la planification des travaux :

- Contraintes hydrauliques : perte de section utile.
- Courbure et géométrie de la conduite entre le point d'accès et la zone à réparée.
- Matériaux compatibles : généralement PVC, HDPE ou PRV segmentés.
- Il faut prévoir l'étanchéisation de l'interstice entre la conduite à réparer et la conduite insérée afin d'éviter l'infiltration.
- Accès pour l'introduction des segments.
- Il est souhaitable de prévoir le passage d'un gabarit avant d'effectuer les travaux. Ce procédé permettra de confirmer la faisabilité de l'intervention.

### 3.5.5 Durabilité de la méthode

La durabilité dépend du matériau utilisé (souvent des polymères résistants à la corrosion) et de la qualité de la pose. Bien installés, ces systèmes peuvent offrir une durée de vie équivalente à la conduite hôte. Une inspection périodique reste recommandée.

### 3.5.6 Longueurs d'intervention

Le segmental sliplining est particulièrement efficace pour des interventions de courte portée, souvent de 1,8 m à 3,0 m, mais pouvant aller jusqu'à 6 m dans certaines conditions. Ce qui couvre les situations discutées dans le présent document.

Il est utilisé principalement dans un contexte de réparation localisée de fissures, de fractures sans déplacement des parois.

## 3.6 Remplacement ponctuel

### 3.6.1 Description de la méthode

Cette méthode permet de remplacer le tuyau montrant une déficience par un autre de même matériel le tout par excavation.

### 3.6.2 Avantages

Permet de remplacer le tuyau déficient par un autre ayant les mêmes caractéristiques physiques.

### 3.6.3 Inconvénients

- Impacts sociaux et économiques plus importants
  - L'excavation dans les zones urbaines peut entraîner des perturbations importantes du trafic et affecter les autres infrastructures.

- Coût et durée
  - Bien que l'intervention soit ponctuelle, elle entraînera généralement des coûts plus importants que les autres méthodes en raison de l'excavation, du transport des matériaux et de la gestion des déblais.
- Espace d'intervention
  - Selon la position des autres infrastructures, l'accès à la conduite peut s'avérer plus difficile qu'au moment du remplacement de la section en entier.
- Jonction du tuyau remplacé avec ceux adjacents
  - Considérant qu'il est impossible de remplacer le tuyau endommagé en conservant les joints avec emboitements aux deux extrémités, il sera nécessaire de prévoir la mise en place de manchon ou d'un bloc joint. Dans les deux cas, une intervention mal exécutée pourra mener à un déplacement du tuyau remplacé ou à un manque d'étanchéité.

### 3.6.4 Durabilité de la méthode

Les réparations effectuées par excavation sont généralement durables et équivalentes à la conduite nouvellement installée. Toutefois, la durabilité dépendra de la qualité de l'exécution, des matériaux utilisés et des conditions environnementales locales.

## 3.7 Manchons mécaniques

### 3.7.1 Description de la méthode

Les manchons mécaniques sont des dispositifs insérés à l'intérieur des conduites d'égout afin de colmater les infiltrations et de restaurer localement l'intégrité structurale. Le manchon est équipé de joints en caoutchouc et est comprimé à l'aide d'un vérin pour adhérer étroitement aux parois internes.

Dans les prochains paragraphes nos discussions porteront principalement sur les manchons de type Link-pipe.

Cette méthode peut être utilisée pour les conduites dont le diamètre intérieur est compris au minimum de 150 mm (6 po) et au maximum 1200 mm (48 po) et pour des longueurs d'intervention de 300, 450, 600 et 900 mm (12, 18, 24 ou 36 po). Pour des longueurs plus longues les manchons peuvent être installés de façon séquentielle avec chevauchement.

### 3.7.2 Avantages

- Installation rapide (moins de 30 minutes).
- Méthode sans tranchée.
- Compatible avec plusieurs types de conduites (béton, grès, PVC).
- Conception pour 50 à 100 ans de durée de vie (Link-Pipe, 2024).
- Réparable ou remplaçable en cas de besoin.
- Garantie de 10 ans offerte par le fabricant.

### 3.7.3 Inconvénients

- Préparation rigoureuse requise (nettoyage, inspection).

### 3.7.4 Critères de conception à considérer

Il est important de noter qu'il n'existe pas de norme ASTM spécifique à cette méthode de réparation. Nous vous invitons à consulter le fabricant pour connaître les paramètres de conception et les éléments essentiels à considérer.

Cette méthode ne peut être utilisée que pour les conduites gravitaires.

### 3.7.5 Durabilité de la méthode

Selon Link-Pipe Inc., les manchons peuvent être conçus pour une durée de vie de 50 ou 100 ans dans des conditions typiques d'égouts municipaux. Les matériaux utilisés, comme l'acier inoxydable 304 ou 316 et les joints en caoutchouc EPDM ou nitrile, sont résistants à la corrosion et aux agents chimiques présents dans les eaux usées.

### 3.7.6 Capacité structurale des manchons Link-Pipe

Les manchons sont conçus pour restaurer l'intégrité structurale locale de la conduite, notamment en compression radiale. Ils ne remplacent pas la structure portante complète, mais apportent un renforcement suffisant pour répondre à la majorité des déficiences ponctuelles.

Selon les informations obtenues de Link-Pipe, une étude indépendante menée par le Water Research Centre (WRc, UK) sur des conduites en argile vitrifiée a démontré que les manchons Link-Pipe restaurent la résistance originale des conduites soumises à des charges verticales jusqu'à rupture. Après réparation, les conduites ont résisté aux mêmes charges que les sections non endommagées, sans défaillance du manchon (WRc, cité par Link-Pipe, 2019).

Des travaux publiés dans Applied Sciences (MDPI, 2022) sur des systèmes similaires montrent que les manchons peuvent transférer efficacement les charges dynamiques, à condition que les interfaces entre le manchon et la conduite soient bien préparées et que des matériaux de scellement adaptés soient utilisés.

## 3.8 Projection de géopolymère

### 3.8.1 Description de la méthode

La projection de géopolymère est une technique de réhabilitation émergente, utilisée pour restaurer la structure et l'étanchéité des conduites d'égout en béton, particulièrement lorsqu'une dégradation ponctuelle ou localisée compromet leur intégrité. Elle combine une approche sans tranchée avec un matériau durable et chimiquement résistant. Actuellement, cette méthode est utilisée pour les conduites visitables.

La projection de géopolymère est une solution de plus en plus utilisée pour la réhabilitation structurelle ponctuelle, notamment dans les environnements agressifs. Elle offre un excellent compromis entre durabilité, compatibilité environnementale et performance, à condition que les conditions d'application soient rigoureusement respectées. Elle s'avère une excellente alternative au chemisage pour les conduites visitables.

La technique consiste à projeter, sur la surface interne de la conduite, un mortier géopolymérique à base d'aluminosilicates (souvent issus de cendres volantes ou métakaolin). Le produit est appliqué par voie humide à l'aide d'un équipement robotisé ou manuel, sur une épaisseur de 12 à 50 mm selon les besoins structuraux.

Les étapes typiques incluent :

- Nettoyage haute pression (hydrojet).
- Préparation de la surface (enlèvement des dépôts, ouvertures).
- Projection du géopolymère en couches successives.
- Cure (séchage) sans recouvrement d'eau.
- Inspection finale (caméra).



Figure 7 | Méthode de correction de projection de géopolymère, existant versus correctif, tuyau ovale (Ref. Vortex Companies)



Figure 8 | Méthode de correction de projection de géopolymère, existant versus correctif, tuyau circulaire (Ref. Vortex Companies)

### 3.8.2 Avantages

Cette méthode offre les avantages suivants :

- Renforcement structural de la conduite (rétablissement de la capacité portante).
- Excellente résistance chimique aux sulfates, acides, H<sub>2</sub>S (idéal pour environnement agressif).
- Très faible réduction de diamètre si appliqué avec contrôle d'épaisseur.
- Compatible avec formes irrégulières (ovoïdes, elliptiques).
- Matériau à faible empreinte carbone (substitution au ciment Portland).

### 3.8.3 Inconvénients

Suivant l'objectif de la présente étude, on peut identifier les inconvénients ci-dessous lors de l'utilisation de cette méthode :

- Nécessite des conditions de séchage contrôlées (éviter les infiltrations pendant la cure).
- Accès technique parfois difficile pour équipements robotisés.
- Coût initial supérieur au chemisage ou manchons pour sections de petit diamètre.
- Durée de cure prolongée si l'humidité ambiante est élevée.

### 3.8.4 Critères de conception à considérer

- Épaisseur de projection selon le niveau de détérioration (12 mm pour protection, 25-50 mm pour restauration structurale).
- Compatibilité chimique du substrat (béton, brique).
- Durée de cure selon température et humidité.
- Profil de charge (sol, surcharge, nappe phréatique).

### 3.8.5 Durabilité de la méthode

Les géopolymères auraient une durabilité estimée supérieure à 50 ans, voire 100 ans, grâce à leur structure cristalline stable et leur résistance chimique élevée. Des essais à long terme ont démontré une performance équivalente, voire supérieure, aux mortiers de réparation à base de ciment Portland ou de résines.

Plusieurs fabricants annoncent cette durabilité sur la base de simulations d'exposition accélérée.

Selon les informations colligées :

- Projet de réhabilitation à Houston, Texas :
  - L'Agence de protection de l'environnement des États-Unis (EPA) a évalué la performance d'un mortier géopolymère renforcé de fibres appliqué par pulvérisation pour la réhabilitation d'une conduite d'égout en béton armé de 60 pouces de diamètre. Le revêtement de 3,3 pouces d'épaisseur a dépassé les exigences minimales de conception, démontrant une excellente adhérence et une résistance chimique élevée.

- **Projet de réhabilitation de conduites de grand diamètre à Pittsburgh, Pennsylvanie (2020) :**
  - La Pittsburgh Water and Sewer Authority (PWSA) a entrepris un projet de réhabilitation de conduites de grand diamètre en utilisant un système de revêtement en géopolymère projeté. Ce projet a remporté un prix d'excellence en ingénierie en 2024. Le succès de cette initiative a conduit la PWSA à adopter cette technologie pour d'autres projets de réhabilitation de conduites de grand diamètre. Référence GPD Group
- **Réhabilitation d'un égout pluvial à Chula Vista, Californie :**
  - La ville de Chula Vista a utilisé un système de revêtement en géopolymère projeté pour réhabiliter une section de 720 pieds linéaires d'un égout pluvial en tôle ondulée de 66 pouces. Le projet a été réalisé avec succès, répondant aux normes de qualité de la ville. Référence Carylon Corporation.
- **Réhabilitation de l'intercepteur sanitaire du comté de Lucas, Ohio :**
  - En 2018, le comté de Lucas a entrepris la réhabilitation d'une conduite en béton armé de 90 pouces de diamètre, fortement dégradée par le H<sub>2</sub>S. Un mortier géopolymère a été appliqué sur 1800 pieds linéaires de la conduite, avec une épaisseur de 2 pouces. Le projet a été achevé avec succès, et le comté prévoit d'utiliser le même matériau pour les phases suivantes. Référence Stormwater solution.
- **Réhabilitation d'un système d'eaux pluviales à McAllen, Texas :**
  - En 2014, la ville de McAllen a utilisé le système EcoCast pour réhabiliter 4420 pieds linéaires de conduites d'eaux pluviales en tôle ondulée de 114 pouces, gravement détériorées. Le projet a permis de restaurer la structure des conduites sans excavation majeure, avec une interruption minimale pour les résidents. Référence Underground Infrastructure.

### 3.8.6 Limites d'application

- Les infiltrations actives importantes doivent être contrôlées.
- Les conduites accessibles de petit diamètre (<600 mm) rendent l'accès difficile aux ouvriers pour travailler confortablement et il en résulte généralement une projection inadéquate.
- Nécessite un temps de cure sans immersion (habituellement 24-72 h).

### 3.8.7 Longueurs d'intervention typiques

Cette méthode est bien adaptée pour des sections ponctuelles endommagées.

**Tableau 4 | Comparaisons des méthodes d'intervention**

Critère	Colmatage	Chemisage	Projection géopolymère	Manchons mécaniques	Tubage segmenté	Remplacement par excavation
Type de réparation	Étanchéité non structurale	Structurale (selon conception)	Structurale (selon conception)	Structurale (selon conception)	Structurale (selon conception)	Structurale (selon conception)
Nature de l'intervention	Étanchéisation de la paroi de la conduite	Revêtement interne	Enduit projeté	Manchon interne	Insertion de segments de conduite préfabriqués	Remplacement local complet
Diamètre compatible	Tous (manchon spécial requis pour grand diamètre)	≥ 150 mm	≥ 600 mm (idéal > 1000 mm)	150-600 mm typiquement	600-1800 mm (variable selon système)	Tous

## PARTIE 3 | CONCLUSION

---

Ce rapport met en lumière une réalité encourageante :

Les fissures et fractures circulaires, n'altèrent pas la solidité ni la longévité des conduites neuves lorsqu'elles sont bien évaluées et gérées.

Comme mentionné aux articles 11.3 et 11.5 de la norme BNQ 1809-300, les observations et les codes que l'on retrouve dans les rapports d'inspections télévisées doivent faire l'objet d'interprétations par l'ingénieur surveillant d'un projet donné. Le présent rapport visait, entre autres, à assister les intervenants dans ces interprétations.

Les fissures et fractures circulaires s'apparentent davantage à un joint supplémentaire dans la conduite. Dès lors, c'est l'étanchéité qu'il faut restaurer afin d'éviter d'autres dégradations du système sol-conduite; Et lorsque l'on parle d'étanchéité, c'est principalement d'éviter la migration des particules fines du sol à l'intérieur des conduites qu'il faut contrôler. Pour les réseaux d'égout sanitaires, il faut aussi considérer l'étanchéité à l'effluent (exfiltration). Tout comme pour les joints, il faut de plus s'assurer que les parties ne sont pas déplacées de manières à nuire à l'écoulement dans la conduite.

Par conséquent, les fissures et fractures circulaires ont un impact local sur la conduite et n'en n'affectent pas directement l'intégrité structural. Elles peuvent s'autocicatriser ou encore nécessiter une intervention pour assurer localement l'étanchéité (aux sols ou à l'eau selon le type de réseau) de cette zone seulement.

Les devis techniques, les normes et les autres documents contractuels contiennent l'ensemble des prescriptions à observer en chantier pour assurer la bonne performance des ouvrages et ainsi limiter ou éviter ce type d'observation. Malgré cela, on continue d'observer ce type de déficience dans les conduites en béton. Les recherches démontrent que ces déficiences sont généralement causées par des activités faites en chantier lors de la manipulation et de l'installation des conduites. Pour les éviter, la formation des travailleurs et des surveillants de chantier nous apparaît la principale solution pour en limiter la présence. La formation permettra aussi d'améliorer les connaissances relatives à leur impact sur la qualité de l'ouvrage et de limiter les différends entre les protagonistes d'un projet.

## BIBLIOGRAPHIE

---

- [1] Bureau de normalisation du Québec. (2025). Tuyaux, branchements en béton - Évacuation des eaux d'égout sanitaire et pluvial (2622-126). [Lien](#)
- [2] National Association of Sewer Service Companies (NASSCO). Pipeline Assessment Certification Program (V7.0). [Lien](#)
- [3] Concrete Pipe Association of Australasia (2025). Assessment guidelines for circumferential cracking. [Lien](#)
- [4] Edvardsen, C. (1999). Water permeability and autogenous healing of cracks in concrete. *ACI Materials Journal*, 96(4), 448-454. [Lien](#)
- [5] American Concrete Pipe Association (n.d.). Significance of Cracking in Reinforced Concrete Pipe.
- [6] Département des Transports de l'Ohio (2023). The Construction & Materials Specifications. [Lien](#)
- [7] Ken Kienow (2005). Positive Aging. Concrete Products.
- [8] National Sanitation Foundation (2025). NSF/ANSI/CAN 61 Testing and Certification. [Lien](#)
- [9] American Society for Testing and Materials (2022). ASTM F2304-22, Standard Practice for Sealing of Sewers Using Chemical Grouting. [Lien](#)
- [10] Underground infrastructure (2017). The Evolution of Grouting Solutions. [Lien](#)
- [11] Ministère de la Justice Canada (1999). Loi Canadienne sur la protection de l'environnement. [Lien](#)
- [12] Ministère de la Justice Canada (2019). Règlement sur les urgences environnementales. [Lien](#)
- [13] American Society for Testing and Materials (2024). ASTM F1216-22, Standard Practice for Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by the Inversion and Curing of a Resin-Impregnated Tube. [Lien](#)
- [14] American Society for Testing and Materials (2024). ASTM F1743-22, Standard Practice for Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by Pulled-in-Place Installation of Cured-in-Place Thermosetting Resin Pipe (CIPP). [Lien](#)
- [15] American Society for Testing and Materials (2022). ASTM F2019-20, Standard Practice for Rehabilitation of Existing Pipelines and Conduits by the Pulled in Place Installation of Glass Reinforced Plastic Cured-in-Place (GRP-CIPP) Using the UV-Light Curing Method. [Lien](#)
- [16] American Concrete Pipe Association (n.d.). Effects of Cracks in Reinforced Concrete Sanitary Sewer Pipe.
- [17] American Concrete Pipe Association (n.d.). Significance of Cracks in Concrete Pipe.
- [18] American Concrete Pipe Association (n.d.). Cracks in Installed Reinforced Concrete pipe.
- [19] American Concrete Pipe Association (n.d.). Precast Concrete Pipe Durability.
- [20] Vincent T.H. Chu (2010) A closer look at prevailing civil engineering practice - What, Why and How ?
- [21] CERIU. (2023). Manuel sur les réseaux d'égouts : pathologies, diagnostics et interventions pour conduites gravitaires. [Lien](#)

- [22] Yousef, A. M., El Naggari, M. H., & Abdel-Mohti, A. (2020). Structural performance of reinforced concrete pipes subjected to non-uniform bedding conditions. *Construction and Building Materials*, 263, 120206. ScienceDirect. [Lien](#)
- [23] Zhang, Y., Zhang, B., et al. (2016). Effects of installation defects on performance of buried concrete pipes. *Journal of Performance of Constructed Facilities*, 30(3), 04015054. [Lien](#)
- [24] Neville, A. M. (1995). *Properties of Concrete* (4th ed.). Pearson. [Lien](#)
- [25] Institut de recherche en construction (1998). *Réhabilitation des infrastructures urbaines - Durabilité et performance des conduites à écoulement libre : étude documentaire approfondie*
- [26] National Plant Services (n.d.). *Geopolymer Rehabilitation of Storm Drain in Chula Vista*.
- [27] *Underground construction* (2015). *Innovative Geopolymer Lining Process Saves Severely Corroded Texas Stormwater System*.
- [28] Joe Royer (2019). *Ohio County Uses Geopolymer Mortar for Sewer Lining Restoration. Stormwater solutions*.
- [29] GDP Group (2020). *Large Diameter Sewer Rehabilitation Project Wins Engineering Excellence Award*.
- [30] Leong Sing Wong (2022). *Durability Performance of Geopolymer Concrete : A review*. MDPI.
- [31] E, Busba, A, Sagues & G, Mullins. (2011). *Reinforced Concrete Pipe Cracks-Acceptance Criteria*. ResearchGate. [Lien](#)
- [32] J. Royer & E. Allouche. (2016). *Laboratory Testing and Analysis of Geopolymer Pipe-lining Technology for Rehabilitation of Sewer & Stormwater Conduits*. ResearchGate. [Lien](#)
- [33] Z. Zhnag, H. Fang, B. Li & F. Wang. (2020). *Mechanical Properties of Concrete Pipes with Pre-Existing Cracks*. MDPI.
- [34] *Evaluation and Repair of Installed Reinforced Concrete Pipe*, ACPA

**ANNEXE 1 | TABLEAU - ANALYSE DES DÉFICIENCES - CONDUITES D'ÉGOUT -  
VILLE DE MONTRÉAL**

---

Tableau - Analyse des déficiences - Conduites d'égout - Ville de Montréal

Code PACP	Description	Béton			PVC/PP/PEHD			PRV		
		A	AI	RR	A	AI	RR	A	AI	RR
X	Effondrement									
B	Bris									
H	Trou									
DA	Dépôts attachés									
DS	Dépôts déposés									
DN	Dépôts Introduits									
OB	Obstruction									
ISSR	Intrusion du produit d'étanchéité									
ISSRB	Intrusion du produit d'étanchéité – Garniture – Brisée									
ISSRH	Intrusion du produit d'étanchéité – Garniture – Pendante									
ISSRL	Intrusion du produit d'étanchéité – Garniture – Lâche, mal ajustée									
ISZ	Intrusion du produit d'étanchéité – Autre									
DFE	Déformation conduite flexible - Ovale	Inférieure ou égale à 7,5 % (5 % pour le PRV)	-	-	-					
		Supérieure à 7,5 % (5 % pour le PRV)	-	-	-					
DR	Déformation conduite rigide				-	-	-	-	-	-
DFBR	Déformation – Conduite flexible – Gondolement arrondi	-	-	-						
DFBI	Déformation – Conduite flexible – Gondolement courbure inverse	-	-	-						
DFC	Déformation – Conduite flexible – Pliée	-	-	-						
CL, CC, CS	Fissure									
CM et CH2	Fissures en croix ou multiples									
CH3 et CH4	Fissures en croix									
FL, FC, FS	Fracture									
FM et FH2 FH3 et FH4	Fracture en croix ou multiples									
ISJ, IWJ, IDJ, IRJ, IGJ	Joint - Non étanche	Si aucune séparation au niveau de joint								
ISC, IWC, IDC, IRC, IGC	Raccordement - Non étanche									
ISL, IWL, IDL, IRL, IGL	Branchement - Non étanche									
JOM	Joint décalé - Moyen									
JOL	Joint décalé - Important									

**LÉGENDE**

**A : Acceptable sans intervention AI : Acceptable avec intervention RR : Remplacement requis**

Code PACP	Description	Béton			PVC/PP/PEHD			PRV		
		A	AI	RR	A	AI	RR	A	AI	RR
JSM	Joint ouvert - Moyen									
JSL	Joint ouvert - Important									
JAM	Joint en angle - Moyen ( $>5^\circ$ et $\leq 10^\circ$ )	Si ce n'est pas encore désemboité								
		Si désemboité								
JAL	Joint en angle - Important ( $> 10^\circ$ )	Si ce n'est pas encore désemboité								
		Si désemboité								
SRI	Dommmage à la surface rugosité accrue				-	-	-			
SAV	Dommmage à la surface agrégat visible				-	-	-	-	-	-
SAP	Dommmage à la surface agrégat saillant				-	-	-	-	-	-
SAM	Dommmage à la surface agrégat manquant				-	-	-	-	-	-
SRV	Dommmage à la surface armature visible	Si surface $\leq 1,00$ m et $\leq 2$ références horaire			-	-	-	-	-	-
		Si surface $> 1,00$ m ou $> 2$ références horaire			-	-	-	-	-	-
SRP	Dommmage à la surface armature saillante				-	-	-	-	-	-
SRC	Dommmage à la surface armature corrodée				-	-	-	-	-	-
SMW	Dommmage à la surface paroi manquante				-	-	-	-	-	-
SSS	Dommmage à la surface - éclat de surface	Si armature visible et surface $\leq 1,00$ m et $\leq 2$ références horaire								
		Si armature visible et surface $> 1,00$ m ou $> 2$ références horaire			-	-	-	-	-	-
TSD	Raccordement avec sellette défectueux									
TSI	Raccordement avec sellette pénétrant	0-25 mm								
		$>25$ mm								
TFD	Raccordement manufacturé défectueux									
TFI	Raccordement manufacturé pénétrant	0-25 mm								
		$>25$ mm								
TBD	Raccordement à la masse défectueux									
TBI	Raccordement à la masse pénétrant	0-25 mm								
		$>25$ mm								
MWLS	Bas-fond									
	Trou de levage non étanche									

**LÉGENDE**

**A : Acceptable sans intervention AI : Acceptable avec intervention RR : Remplacement requis**

**IGf**  
**axiom**  
Ingénierie intégrée