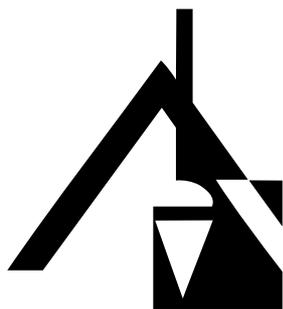


Conservation des canalisations non praticables

Théorie et pratique



Conservation des canalisations non praticables

Théorie et pratique

La Suisse dispose d'un réseau de canalisations dont la longueur globale de 40 000 km correspond approximativement à la circonférence du globe terrestre. Les données dont on dispose actuellement permettent d'estimer qu'au moins 20 % des canalisations des réseaux des communes ne sont plus étanches ou souffrent d'autres défauts. On ne peut remédier à cette situation que par une gestion spécifique de l'entretien et la rénovation des canalisations et par la connaissance approfondie des procédés de réfection, d'amélioration et de remplacement.

La présente publication traite de l'état des connaissances actuelles théoriques et pratiques. Elle se veut ainsi une aide à la décision pour les spécialistes et les professionnels des administrations, des bureaux d'ingénieurs et des entreprises dans le choix de mesures d'entretien techniquement et économiquement adéquates.

La première partie de la publication traite de manière détaillée de la démarche à suivre pour la conservation des canalisations non praticables ainsi que des techniques aujourd'hui disponibles pour remédier aux dégâts. Une importance particulière est donnée aux informations axées sur la pratique et en rapport avec la situation spécifique en Suisse. La deuxième partie contient un catalogue des procédés de réfection et d'amélioration disponibles en Suisse. Ils sont décrits pour chaque société selon un canevas uniforme. Cette partie a été mise à jour en 1995, lors de la traduction en français. La troisième partie présente les résultats d'un sondage exécuté auprès de certaines villes et communes pendant la mise au point de la publication en 1993.

Avec cette publication, les professionnels concernés disposent d'un instrument qui leur permettra de gérer au mieux le réseau des canalisations indispensables pour l'évacuation de nos eaux usées.

ISBN 3-905251-03-5

Edition originale: ISBN 3-905234-75-0

1995

N° de commande 724.458 f

Conservation des canalisations non praticables

Théorie et pratique



Programme d'impulsions PI BAT
Entretien et rénovation des constructions
Office fédéral des questions conjoncturelles

Associations de soutien

SIA	Société suisse des Ingénieurs et des Architectes
UTS	Union technique suisse
VSA	Association Suisse des Professionnels de l'Épuration des Eaux
VSS	Union suisse des professionnels de la route

La présente publication « Conservation des canalisations non praticables » a été élaborée par un groupe de travail du même nom dans le cadre du programme d'impulsions PI BAT – Entretien et rénovation des constructions. Le catalogue du chapitre 6 « Descriptif des procédés de réfection et d'amélioration proposés » en Suisse reposent sur une synthèse des procédés publiée en 1991 dans le classeur « Siedlungswasserbau » par le Service de la protection de l'environnement du Département des Travaux du canton d'Argovie. En collaboration avec M. J. Kaufmann de ce département, cette synthèse a été élargie et adaptée à l'état actuel de la technique des procédés proposés.

Nous remercions ici tous les spécialistes des administrations, des bureaux d'études et des entreprises, ainsi que les membres de la direction de projet PI BAT dont les conseils avisés, les suggestions et les prises de position ont permis l'élaboration de cette documentation. Nous remercions également les sociétés qui ont mis à notre disposition une importante documentation sur les procédés qu'elles offrent nous permettant ainsi de présenter une vue d'ensemble de la situation actuelle en Suisse. Pour l'édition française, cette partie a été actualisée selon l'état des informations disponibles en début 1995.

Membres du groupe de travail

- H. Fauster, Service pour la protection des eaux et des constructions hydrauliques du canton de Zurich
- B. Schmuck, SBU Büro für sanierungstechnische Planung und Beratung AG, Rorschach
- R. Sprenger, Directeur du groupe de travail, Prüflabor AG, Mörschwil

Membres du groupe d'experts

- Groupe de travail intercantonal « Canalisations/ Bassins d'eau pluviale » avec des représentants des administrations suivantes:
 - Canton d'Argovie, Département des Travaux, Service de la protection de l'environnement, Aarau
 - Canton des Grisons, Service de la protection de l'environnement, Coire
 - Canton de Lucerne, Service cantonal de protection de l'environnement, Lucerne
 - Canton de Schaffhouse, Service cantonal des Travaux, Schaffhouse
 - Canton de St Gall, Service pour la protection de l'environnement, St Gall
 - Canton de Thurgovie, Service pour la protection de l'environnement et pour l'aménagement hydraulique, Frauenfeld
 - Canton de Zurich, Service pour la protection des eaux et pour les constructions hydrauliques, Zurich
- Sociétés proposant des procédés selon liste de l'annexe 8.1
- Partenaires ayant participé au sondage selon liste du chapitre 7.1

Adaptation de l'édition française

Traduction

- L. Girard, Ecublens

Relecture technique, révision et coordination

- A. Schmid, architecte EPFL/SIA, Dommartin
- C.-A. Vuillerat, ingénieur du génie rural EPFL/SIA, B+C Ingénieurs SA, Montreux/Lausanne
- M. Jobin, bureau d'ingénieurs Michel Jobin SA, Delémont
- G. Cuennet, Le Mont-sur-Lausanne

Mise en page, photocomposition et flashage

- DAC, Lausanne et
- City Comp SA, Morges

ISBN 3-905251-03-5

Edition originale ISBN 3-905234-75-0

Copyright © Office fédéral des questions conjoncturelles, 3003 Berne, mai 1995

Reproduction d'extraits autorisée avec indication de la source. Diffusion : Coordination romande du programme d'action « Construction et Energie », EPFL-LESO, Case postale 12, 1015 Lausanne (N° de commande 724.458 f).

Avant-propos

D'une durée totale de 6 ans (1990-1995), le programme d'action « Construction et Energie » se compose des trois programmes d'impulsions suivants :

PI BAT – Entretien et rénovation des constructions

RAVEL – Utilisation rationnelle de l'électricité

PACER – Energies renouvelables

Ces trois programmes d'impulsions sont réalisés en étroite collaboration avec l'économie privée, les écoles et la Confédération. Leur but est de favoriser une croissance économique qualitative. Dans ce sens ils doivent conduire à une plus faible utilisation des matières premières et de l'énergie, avec pour corollaire un plus large recours au savoir-faire et à la matière grise.

Le programme PI BAT répond à la nécessité qu'il y a d'entretenir correctement les constructions de tous types. Aujourd'hui une partie toujours plus grande des bâtiments et des équipements de génie civil souffrent de défauts techniques et fonctionnels en raison de leur vieillissement ainsi que de l'évolution des besoins et des sollicitations. Si l'on veut conserver la valeur de ces ouvrages, il y a lieu de les rénover, et pour ce faire on ne peut s'appuyer sur l'empirisme. Le programme d'impulsions PI BAT ne se limite pas aux aspects techniques et d'organisation, il s'étend également au cadre juridique, qui jusqu'ici était essentiellement tourné vers les constructions neuves. Le programme couvre ainsi les trois domaines suivants : bâtiments, génie civil et problèmes apparentés à la rénovation.

Si l'on veut conserver les qualités techniques et architecturales de nos bâtiments et si l'on souhaite préserver des quartiers, voire des villages, des connaissances nouvelles doivent être apportées aux nombreuses personnes concernées : propriétaires, autorités, concepteurs, entrepreneurs et collaborateurs de tous niveaux.

Cours, manifestations, publications, vidéos, etc.

Le PI BAT cherche à atteindre ces objectifs par l'information, la formation et le perfectionnement des fournisseurs et des demandeurs de prestations dans le domaine de la rénovation. Le transfert de connaissances est axé sur la pratique quotidienne ; basé essentiellement sur des manuels et des cours,

il comprend également d'autres types de manifestations. Le bulletin « Construction et Energie », qui paraît trois fois l'an, fournit des détails sur toutes ces activités.

Chaque participant à un cours, ou autre manifestation du programme, reçoit une publication spécialement élaborée à cet effet. Toutes ces publications peuvent également être obtenues en s'adressant directement à la Coordination romande du programme d'action « Construction et Energie » EPFL-LESO, Case postale 12, 1015 Lausanne.

Compétences

Afin de maîtriser cet ambitieux programme de formation, il a été fait appel à des spécialistes des divers domaines concernés ; ceux-ci appartiennent au secteur privé, aux écoles, ou aux associations professionnelles. Ces spécialistes sont épaulés par une commission qui comprend des représentants des associations, des écoles et des branches professionnelles concernées.

Ce sont également les associations professionnelles qui prennent en charge l'organisation des cours et des autres activités proposées. Pour la préparation de ces activités une direction de projet a été mise en place ; elle se compose de MM. Reto Lang, Andreas Bouvard, Ernst Meier, Rolf Saegesser, Andreas Schmid, Dieter Schmid, Richard Schubiger, Hannes Wuest et Eric Mosimann de l'OFQC. Une très large part des activités est confiée à des groupes de travail, ceux-ci sont responsables du contenu de même que du maintien des délais et des budgets.

Publication

Le développement de nouvelles techniques pour la conservation des canalisations non praticables a connu une évolution très rapide au cours des dernières années. Une multiplication de procédés, éprouvés ou non, rend très difficiles pour les spécialistes des administrations et des bureaux d'études les décisions les plus judicieuses techniquement et économiquement. La présente publication cherche à décrire, en se référant étroitement à la pratique suisse, la marche à suivre pour la conservation des canalisations non praticables et à présenter de manière objective et comparable les procédés de réfection, d'amélioration et de rénovation actuellement disponibles sur le marché. De nombreux

experts dans les domaines des administrations, des bureaux d'études et des sociétés proposant des procédés de réfection ont soutenu très activement le groupe de travail pour l'élaboration de cette publication.

L'entretien des ouvrages de génie civil communaux est traité de manière complète dans d'autres publications de PI BAT, en particulier dans celle traitant de la « Conservation des infrastructures communales » (N° 724.457). La présente publication sur la conservation des canalisations non praticables est conçue comme un complément et un approfondissement de cette publication.

Le présent document a fait l'objet d'une procédure de consultation, ce qui a permis aux auteurs d'effectuer les modifications nécessaires. Ceux-ci ont tou-

tefois gardé leur liberté d'appréciation pour les questions où les avis divergeaient. Ils assument donc aussi la responsabilité de leurs textes. Des améliorations sont encore possibles et les suggestions éventuelles peuvent être adressées soit au directeur du cours, soit directement à l'Office fédéral des questions conjoncturelles.

Pour terminer nous tenons à remercier de leur précieuse collaboration toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation de cette publication.

Office fédéral des questions conjoncturelles
Service de la technologie
Dr B. Hotz-Hart
Vice-directeur

Table des matières

1. Introduction	7
1.1 Situation initiale	9
1.2 Objectifs du manuel	12
1.3 Public cible	13
1.4 Limites de la publication	14

2. Bases	15
2.1 Généralités	17
2.2 Normes et directives	18
2.3 Termes et définitions	22
2.4 Bases du projet	24

3. Organisation de la conservation des canalisations	25
3.1 Généralités	27
3.2 Descriptif de l'état	30
3.3 Appréciation de l'état	35
3.4 Mesures à prendre	40
3.5 Réalisation et contrôle de qualité	44

4. Procédés techniques	53
4.1 Généralités	55
4.2 Réfection	58
4.3 Rénovation	62
4.4 Remplacement	70

5. Choix des procédés	73
5.1 Marche à suivre	75
5.2 Rentabilité	78

6. Descriptif des procédés de réfection et d'amélioration proposés	79
6.1 Généralités	81
6.2 Réfection	82
6.3 Rénovation	107

7. Enquête	137
7.1 Généralités	139
7.2 Résumé des résultats	141
7.3 Commentaire	149

8. Annexe	151
8.1 Liste des sociétés actives sur le marché de la conservation des canalisations non praticables	153
8.2 Bibliographie et documentation	155

Publications du programme d'impulsions PI BAT	157
------------------------------------------------------	------------

1. Introduction

1.1	Situation initiale	9
1.2	Objectifs du manuel	12
1.3	Public cible	13
1.4	Limites de la publication	14

1. Introduction

1.1 Situation initiale

Les erreurs du passé

L'automobiliste qui a participé au financement du réseau des routes, d'une longueur totale d'environ 70 000 km et d'une valeur de remplacement d'environ 130 milliards de francs, s'attend avec raison à ce que ce réseau soit entretenu le mieux possible. Les organisations responsables, comme par exemple l'Association des communes suisses ou l'Union suisse des professionnels de la route VSS, se sont sérieusement occupées de ce problème. Elles ont établi un concept pour assurer l'entretien des routes de manière systématique et conforme aux exigences de l'exploitation et de l'exécution des travaux. Elles ont ainsi créé les bases pour une **gestion efficace de l'entretien** et de la rénovation des routes.

Celui qui pense qu'il en va de même dans le domaine des réseaux de canalisations communales sera cruellement déçu. L'entretien et la rénovation de ces réseaux sont mal conçus en Suisse, même si des exceptions confirment la règle. La longueur du réseau des canalisations est comprise entre 30 000 et 40 000 km; la valeur de remplacement est estimée à environ 40 milliards de francs. Des estimations permettent d'évaluer qu'au moins 20% des canalisations ne sont pas étanches ou souffrent d'autres défauts. Parmi les professionnels, le fait est incontournable: nous trouvons un nombre beaucoup trop grand de **canalisations trop anciennes et nécessitant une rénovation**. On peut se demander si l'on est en présence d'une « **bombe à retardement des canalisations** ». Ce qui est certain, c'est que la situation actuelle aura des conséquences importantes aux plans technique, écologique et financier au cours des prochaines décennies.

L'une des **causes primordiales** de cette négligence des tâches de conservation des réseaux, que l'on peut qualifier de grave, réside dans le fait que les canalisations souterraines, contrairement au réseau des routes, sont invisibles pour les citoyens et les contribuables. Normalement les dégâts se développent sans attirer l'attention et ils ne sont pas spectaculaires. Ces circonstances et l'opinion malheureusement très largement répandue que les ouvrages de génie civil sont construits pour l'éternité ont conduit à n'attribuer que peu de moyens financiers à l'entretien des réseaux de canalisations

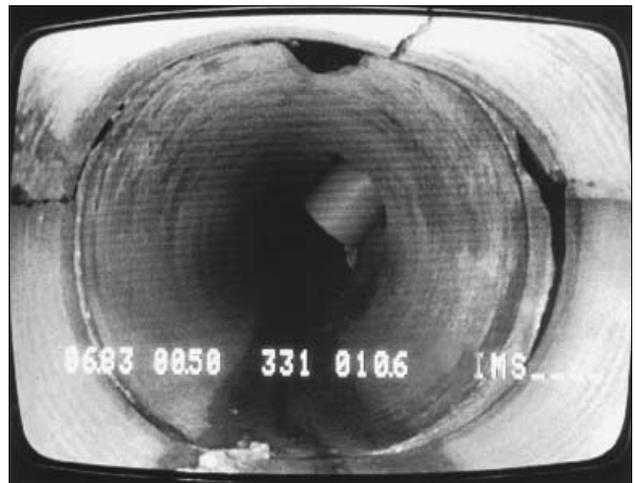
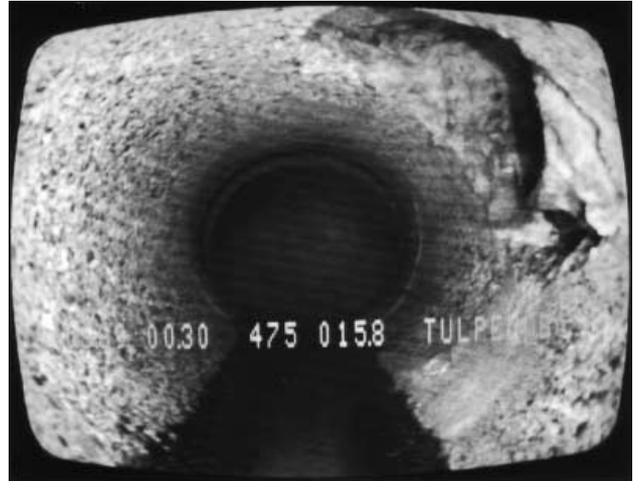


Figure 1.1: Les prises de vue de la caméra vidéo illustrent le mauvais état de la canalisation.

L'entretien et la rénovation doivent déjà être pris en compte lors de l'étude du **projet et de la réalisation** des constructions neuves.

Elles commencent lors de la **mise en service** de la canalisation.

Elles doivent être **préventives**, c'est-à-dire exécutées par anticipation.

L'entretien et la rénovation doivent être **systématiques**. Leur gestion doit traiter de manière continue toutes les tâches dans leur globalité.

Elles doivent être exécutées en étroite **coordination** avec les autres travaux de construction des domaines des routes et des conduites.

Elles doivent être assurées à long terme par des **modèles de financement** adéquats.

Figure 1.2: Les exigences posées à l'entretien et la rénovation des canalisations actuelles.



au cours des dernières décennies. La maintenance des réseaux de canalisations, aussi bien sur le plan du fonctionnement que de la technique des travaux, devrait cependant commencer dès la mise en service de la canalisation, et pas seulement lorsque des dégâts, et surtout les conséquences de ces dégâts, rendent obligatoires des mesures coûteuses en raison des exigences de la sécurité.

Les devoirs du futur

Une condition indispensable pour corriger la mauvaise situation que nous avons décrite de l'état des canalisations, comme les avions, les centrales de production d'énergie ou les constructions routières, doivent être régulièrement contrôlées et entretenues. Un entretien préventif ne sera cependant possible que si l'on arrête de ne réparer les défauts ponctuels que lorsqu'ils apparaissent, comme on l'a fait jusqu'à aujourd'hui, et que l'on remplace cette méthode par une véritable **gestion de la conservation des canalisations**. On devrait ainsi garantir à long terme le bon fonctionnement, la sécurité, ainsi que le maintien de la valeur du réseau des canalisations.

Il est également indispensable de dégager des **moyens financiers** pour réparer les très nombreuses canalisations qui ne sont pas étanches ou qui souffrent d'autres dégâts. A l'avenir la construction, l'exploitation et l'entretien doivent être considérés comme un tout. Le financement global doit être assuré dès l'origine. Il faut souligner que des canalisations abandonnées à elles-mêmes, de leur construction jusqu'à leur rupture, ne sont pas économiques. Elles représentent de plus un risque très aigu pour l'environnement.

Enfin, les autorités de surveillance et les associations doivent travailler rapidement à la mise au point de **moyens de planification et de moyens techniques** tels que normes, manuels, banques de données et modèles économiques. Les autorités communales et les concepteurs, qui sont aujourd'hui souvent surchargés, recevront ainsi une aide qui leur permettra d'exécuter et de gérer de manière optimale le système des canalisations indispensables pour l'évacuation des eaux usées.

Multiplicité des procédés = confusion

Le contrôle des canalisations par caméra de télévision a été introduit en Suisse au milieu des années 60. Cette technique a permis de disposer de l'outil indispensable pour une saisie systématique de l'état actuel des canalisations non praticables. Alors que la réfection des dégâts reconnus dans les canalisations praticables pouvait se faire depuis toujours avec des moyens conventionnels, les réparations et la rénovation des canalisations non praticables exigèrent d'abord le développement de **nouvelles techniques de travail**. Un remplacement complet de ces conduites ne pouvait en général pas être pris en considération, aussi bien pour des raisons économiques que pour des raisons liées à la circulation routière.

La première réfection d'une canalisation non praticable fut exécutée en Suisse en 1968. L'application fut réalisée avec revêtement sous forme d'un enduit au mortier de ciment. Plus tard suivirent des étanchéités avec des gels d'acryl et avec des systèmes « packer » (1972), ainsi que des revêtements par chemisages (relining – 1978).

Aujourd'hui, avoir une vue d'ensemble des systèmes de réfection, d'amélioration et de rénovation disponibles est difficile vu **le nombre des procédés brevetés**, basés sur les mêmes principes et qui ne se différencient que dans le choix des matériaux et des applications. Actuellement on trouve sur le marché suisse plus de trente procédés différents, éprouvés ou non, ce qui rend très difficile la tâche des mandataires qui doivent prendre des décisions bien fondées tant au plan technique qu'au plan économique.

1965	Introduction de l' auscultation des canalisations par caméra vidéo. Appareil noir/blanc IBAK, tracté par câble acier.
1968	Première réfection de canalisation par un revêtement en mortier de ciment appliqué par centrifugation.
1972	Première réfection par procédé d'injection . Essai et étanchement des emboîtements avec des gels acryliques.
1978	Première réfection avec le procédé d'étanchement par gainage (relining).
1980	Première utilisation d'un robot de canalisations pour la réparation des canalisations.
Dès 1985	Augmentation continue des systèmes proposés.

Figure 1.3: Chronologie de l'introduction de nouveaux procédés en Suisse.

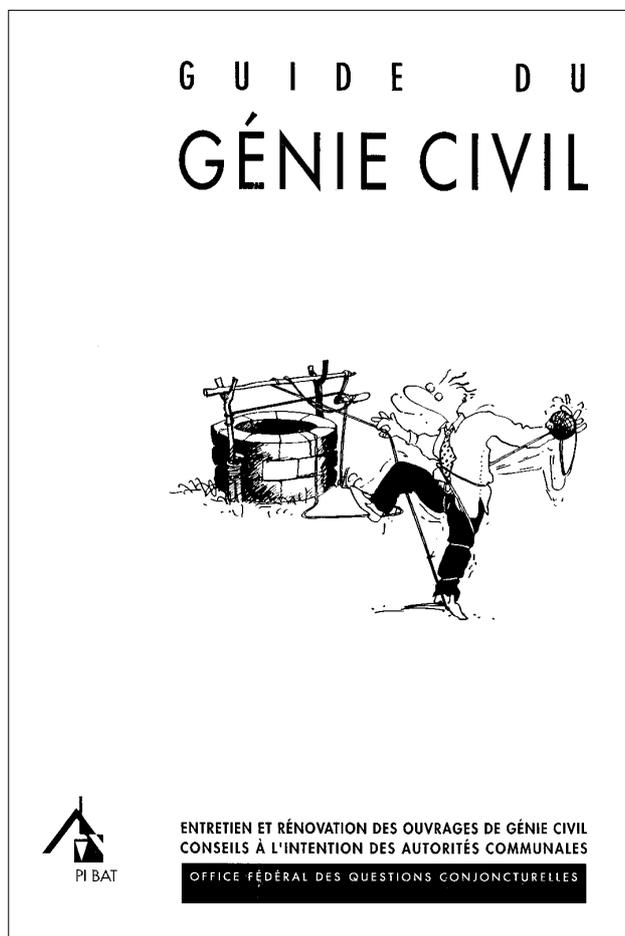


Figure 1.4: Le guide du génie civil contient de précieux renseignements sur la conservation des routes et des conduites.

1.2 Objectifs du manuel

La présente publication traite de l'état actuel des connaissances pour la conservation des canalisations non praticables aux plans théorique et pratique. Elle doit servir d'**aide à la décision** pour les mandataires et les concepteurs, quant au choix des mesures d'entretien adéquates à prendre sur le plan technique et économique. Les critères suivants ont été en particulier pris en considération pour établir la publication:

- relation directe avec la situation en Suisse;
- aspect pratique des informations;
- présentation objective des procédés spécifiques;
- possibilité de comparaison des procédés proposés par les sociétés.

Malgré les efforts consentis, il n'est pas possible de traiter le thème de manière définitive et exhaustive. Le développement technologique rapide dans ce domaine et les changements fréquents parmi les sociétés offrant leurs services empêchent d'atteindre cet objectif.

Les mesures de conservation des canalisations non praticables ne peuvent et ne doivent jamais être considérées isolément. Elles doivent toujours être étudiées et réalisées en coordination avec les autres tâches d'entretien et de rénovation de l'ensemble des ouvrages de génie civil communaux.

1.3 Public cible

La présente publication s'adresse aux **spécialistes et aux professionnels des administrations, des bureaux d'ingénieurs et des entreprises** qui collaborent directement à l'étude et à la réalisation des mesures d'entretien et de rénovation dans le domaine des canalisations. Elle doit leur permettre de transposer les informations acquises sur l'état d'entretien, du diagnostic jusqu'au projet de réfection prêt à l'exécution. Les descriptifs des procédés des diverses sociétés serviront dans ce cadre d'aide à la décision pour le choix de mesures d'entretien optimales aux plans technique et économique.

Figure 1.5: La cassette vidéo « Entretien et rénovation des ouvrages de génie civil – une tâche permanente pour les communes » montre l'importance d'une gestion rigoureuse des ouvrages de génie civil communaux.

Entretien et rénovation des ouvrages de génie civil, une tâche permanente pour les communes

Les travaux d'entretien et de rénovation des ouvrages de génie civil deviennent une tâche toujours plus importante et plus exigeante pour les communes, alors que nous traversons une période d'austérité. Les responsables communaux doivent faire face à cette situation. Ce film vidéo montre comment quatre communes de Suisse, savoir Balgach, Horgen, Saint-Blaise et Bienna, gèrent l'entretien et la rénovation de leurs ouvrages de génie civil. Ces dernières années, toutes ces communes se sont rendues compte qu'il est indispensable de planifier et de budgétiser les travaux d'entretien et de rénovation en fonction d'objectifs bien définis. Par ailleurs, ce film présente quelques exemples pratiques de méthodes d'auscultation et de rénovation de conduites. Le programme d'impulsion "Entretien et rénovation des constructions" a pour but de constituer un savoir-faire pratique et de contribuer ainsi, grâce à sa palette de cours et de publications, à l'amélioration qualitative des travaux d'entretien et de rénovation.



Il était une fois...



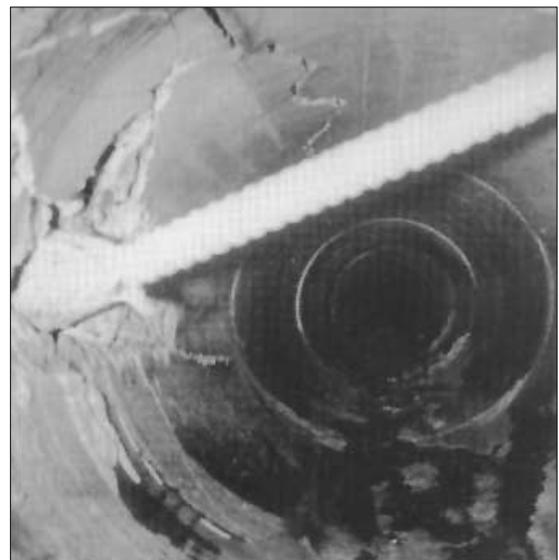
...et aujourd'hui

Production Cin press AG 8050 Zrich
 Sous l'égide du PIBAT, Office fédéral des questions conjoncturelles, Berne
 FORM 724.459.11/ISBN 3-905234-58-0 500 5.94

Diffusion: coordination romande du programme d'action 'Construction et Energie', EPFL-LESO,

Entretien et rénovation des ouvrages de génie civil

Entretien et rénovation des ouvrages de génie civil, une tâche permanente pour les communes



<p>Le chapitre 1 décrit la situation initiale et indique les buts et les objectifs de la publication.</p> <p>Le chapitre 2 énumère les bases normatives et techniques. Il définit la terminologie utilisée dans la publication.</p> <p>Le chapitre 3 décrit les diverses étapes à suivre de la conservation des canalisations non praticables, de la recherche des documents de base jusqu'au contrôle des mesures exécutées.</p> <p>Le chapitre 4 donne une vue d'ensemble des procédés techniques disponibles pour la réfection, l'amélioration et la rénovation.</p> <p>Le chapitre 5 décrit la méthode et les critères à appliquer pour le choix des procédés.</p> <p>Le chapitre 6 présente une vue d'ensemble des procédés de réfection et d'amélioration proposés en Suisse, qui sont décrits sur la base d'un canevas uniforme.</p> <p>Le chapitre 7 présente les résultats d'une enquête réalisée auprès de quelques villes et communes suisses.</p> <p>Le chapitre 8 contient diverses annexes.</p>

Figure 1.6: Structure de la publication.

1.4 Limites de la publication

La très forte spécialisation du domaine traité des canalisations non praticables exige une délimitation claire. Cette spécialisation ne doit cependant en aucun cas conduire à négliger les autres aspects des ouvrages de génie civil communaux. **Une planification et une réalisation judicieuses des mesures d'entretien à l'intérieur d'une commune ne sont possibles que lorsque tous les domaines concernés sont soigneusement coordonnés.**

Le manuel est limité aux **canalisations** avec les restrictions suivantes :

- canalisations communales et évacuation des eaux des rues ;
- évacuation des eaux des biens-fonds, mentionnée occasionnellement ;
- canalisations à écoulement libre ;
- canalisations non praticables avec diamètre inférieur à 800 mm.

Les **procédés suivants de réparation** des dégâts ne sont pas traités dans cette publication :

- remplacement à ciel ouvert ;
- remplacement souterrain et avec nouveau tracé de la canalisation (abandon de l'ancienne conduite) ;
- procédés qui concernent essentiellement les conduites sous pression (gaz, eau).

2. Bases

2.1	Généralités	17
2.2	Normes et directives	18
2.3	Termes et définitions	22
2.4	Bases du projet	24

2. Bases

2.1 Généralités

Avant de planifier et de réaliser des mesures d'entretien, il faut réunir et examiner les données et les informations disponibles de manière aussi complète que possible. En fonction des exigences, il faut prévoir les étapes de travail suivantes :

- établir la liste des **exigences légales**, des **normes** et des **directives** valables ;
- préciser les **termes** et les **définitions** qui seront utilisés pour la planification et l'exécution des mesures ;
- réunir et examiner les **données techniques** du projet telles que données cadastrales, plans de réseaux, caractéristiques d'entretien et d'exploitation.

Ces données donnent des renseignements sur les caractéristiques idéales que devrait avoir l'ouvrage examiné. L'expérience montre que la quantité et la qualité des données disponibles sont très variables d'une commune à l'autre. La quantité et l'actualité de ces données déterminent les investigations complémentaires éventuellement nécessaires.

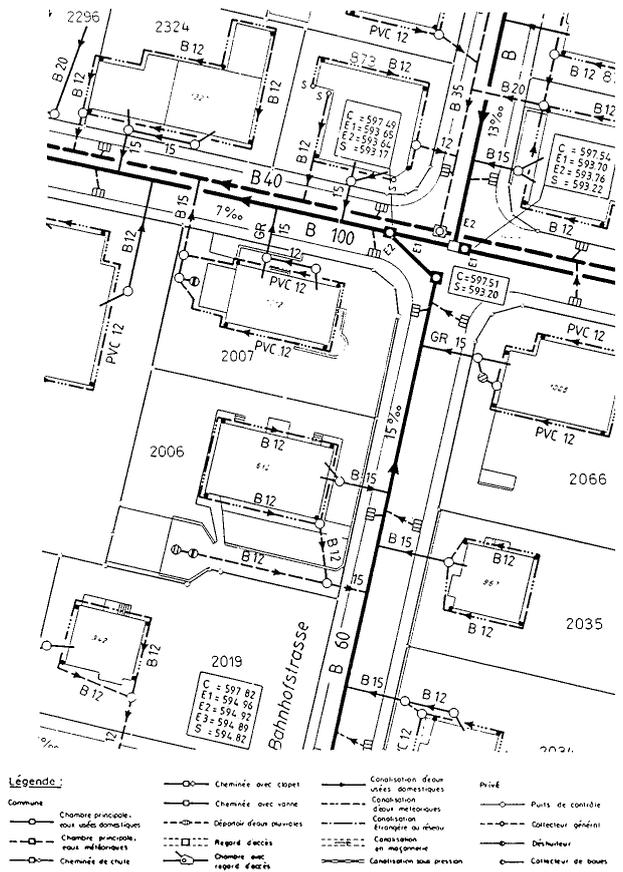


Figure 2.1: Des plans cadastraux des canalisations mis à jour font partie des documents de base les plus importants pour le projet.

2.2 Normes et directives

Au cours des années 80, les associations professionnelles concernées ont cherché à établir des normes pour définir les **tâches de conservation des constructions existantes**. Simultanément, l'Etat, les cantons et les communes ont publié leurs propres prescriptions. Cette multiplication d'études a conduit inévitablement à ce que le domaine de l'évacuation des eaux usées soit régi par de multiples normes. Une synthèse complète de ces règles n'est pas disponible.

Le concepteur compétent est responsable de l'observation de toutes les prescriptions à prendre en considération. Avant de commencer l'étude de l'entretien d'un ouvrage, il est par conséquent recommandé d'établir soigneusement la liste des normes et directives à appliquer, ainsi que leur ordre de priorité. Elles forment la base juridique pour traiter les cas de litige. Il faut cependant bien voir que, du fait même de la complexité de ces prescriptions mais également du fait du rapide développement des procédés d'entretien, il subsiste des lacunes que le concepteur doit interpréter de manière appropriée en se fiant à son propre jugement. Mais ceci n'est possible que pour autant qu'il ne considère pas les **normes comme un livre de recettes** et qu'il soit prêt, dans une certaine mesure, à engager sa propre responsabilité.

La **répartition des tâches** entre l'Etat, les cantons et les communes dans le domaine de la protection des eaux, et par là également pour l'entretien des canalisations, est réglée dans la loi fédérale sur la protection des eaux – Loi sur la protection des eaux (LPE) du 24 janvier 1991. Le Conseil fédéral a mis en vigueur la nouvelle loi sur la protection des eaux au 1^{er} novembre 1992.

Des normes, des recommandations et des directives dans le domaine des canalisations sont élaborées d'une part par la **Société suisse des Ingénieurs et des Architectes (SIA)** et d'autre part par l'**Association Suisse des Professionnels de l'Épuration des Eaux (VSA)**. Le domaine d'application de la Recommandation SIA V 190 «Canalisations» s'étend au projet et à l'exécution de systèmes de canalisations. Dans les prescriptions de la VSA, les règles pour la planification, le projet et la construction de l'évacuation des eaux des biens-fonds sont fixées, ainsi que celles de l'entretien et de l'exploitation des ouvrages des réseaux de canalisations.

Lois et prescriptions officielles

Loi fédérale sur la protection des eaux – Loi sur la protection des eaux (LPE) du 24 janvier 1991.

Ordonnance générale sur la protection des eaux du 19 juin 1972 (actuellement en révision).

Lois et ordonnances cantonales ainsi qu'ordonnances communales.

SIA Société suisse des Ingénieurs et des Architectes

SIA 169 Recommandation (1987).

Maintenance des ouvrages de génie civil (nouvelle norme SIA 169 « Conservation des ouvrages », actuellement en consultation).

SIA 205 Recommandation (1984)

Pose des conduites enterrées

SIA 405 Recommandation (1985)

Planification des conduites enterrées

SIA V 190 Recommandation (1993)

Canalisations

VSA Association Suisse des Professionnels de l'Épuration des Eaux

SN 592 000 Norme (1990)

Évacuation des eaux des biens-fonds – conception et réalisation d'installations

Directive VSA (1990)

Plan général d'évacuation des eaux (PGEE)

VSA – Musterbuch (première édition 1992)

Plan général d'évacuation des eaux (PGEE)

Directive VSA (1992)

Unterhalt von Kanalisationen

ATV Abwassertechnische Vereinigung e.V. (Deutschland)

Merkblatt M 143

Inspektion, Instandsetzung, Sanierung und Erneuerung von Abwasserkanälen und -leitungen

Teil 1 : Grundlagen

Teil 2 : Optische Inspektion

Teil 3 : Relining

Arbeitsblatt A 127

Richtlinien für die statische Berechnung von Entwässerungskanälen und -leitungen

Figure 2.2: Normes et directives pour la maintenance des canalisations classées par ordre de priorité.

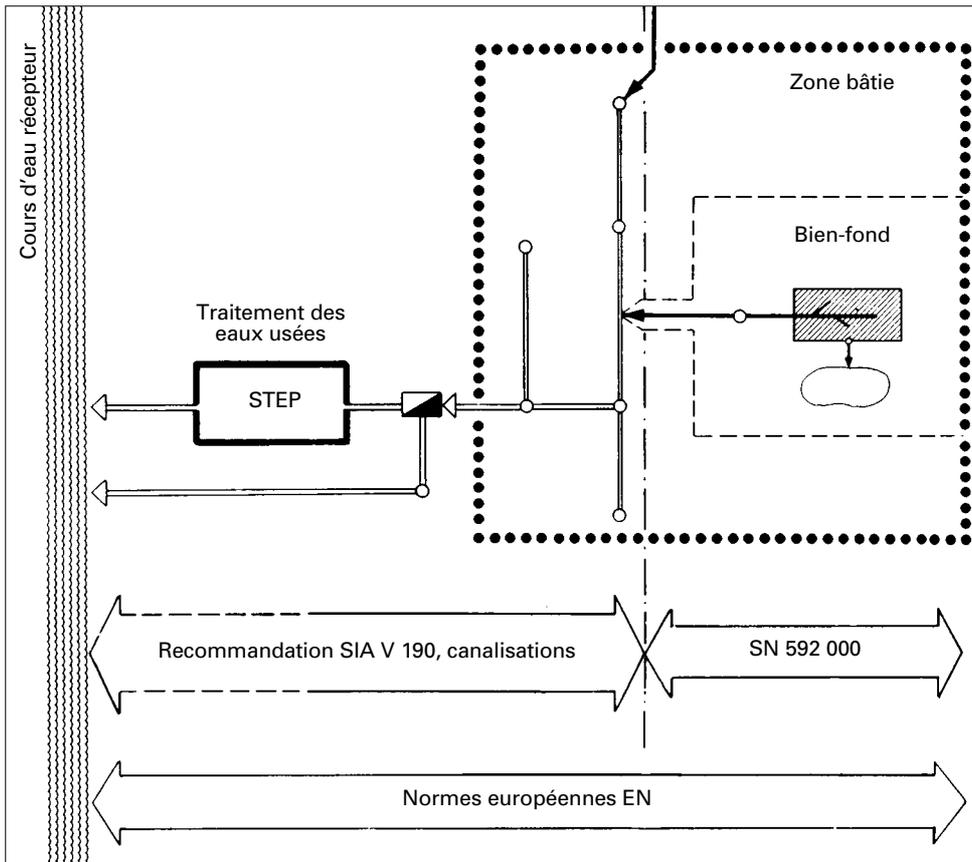


Figure 2.3: Délimitation des domaines d'application entre la Recommandation SIA V 190 – Canalisations – et la norme SN 592000 « Evacuation des eaux des biens-fonds » (VSA/ASMFA).

Schweizer Norm
Norme suisse
Norma svizzera **SN**
Construction 533 190

INGETRAGENE NORM DER SCHWEIZERISCHEN NORMEN-VEREINIGUNG SNV NORME ENREGISTRÉE DE L'ASSOCIATION SUISSE DE NORMALISATION

V CONSULTATION PROLONGÉE
La présente édition 1993 de la recommandation SIA V 190, *Canalisations*, correspond à l'état actuel de la technique.
Elle est le résultat de la participation des professionnels suisses aux travaux du Comité européen de normalisation CEN, et sera utilisée jusqu'à la parution des normes européennes EN respectives.

Société suisse des ingénieurs et des architectes **Sia** Recommandation **V 190**
Edition de 1993

Canalisations

- Terminologie
- Principes d'élaboration du projet
- Dimensionnements et calculs
- Matériaux
- Exécution
- Essais d'étanchéité
- Prestations et fournitures
- Sécurité du travail
- Réception, contrôle final et mise en service
- Tâches du maître de l'ouvrage et des professionnels intervenants
- Surveillance et entretien

04/1994

Editeur:
Société suisse des ingénieurs et des architectes
Case postale, 8039 Zurich - Téléphone 01/283 15 15, Fax 01/201 63 35
Vente des normes et des imprimés - Téléphone 01/283 15 60
Copyright © 1994 by SIA Zurich

Schweizer Norm
Norme Suisse
Norma Svizzera **SN**
Construction **592 000**

INGETRAGENE NORM DER SCHWEIZERISCHEN NORMENVEREINIGUNG SNV
Norme enregistrée de l'Association Suisse de Normalisation

Evacuation des eaux des biens-fonds
Conception et réalisation d'installations

aspee Association Suisse des Professionnels de l'Evacuation des Eaux
Göschelstrasse 44
8907 Zurich
Téléphone 01-202 69 92

ASMFA Association Suisse des Maîtres Fermiers et Appareilleurs
Aul im Mager, 15, 8207 Zurich
Téléphone 01/251 74 00

N° d'enregistrement SNV et année de parution 592 000-1990
Copyright by ASMFA

La «**VSA Richtlinie für den Unterhalt von Leitungen und Anlagen der Kanalisationen und Grundstückentwässerung**» (*traduction en cours*) parue en 1992 avec les «Allgemeine Bedingungen für Kanalfernsehnuntersuchungen» qu'elle contient renferme des informations précieuses dans les domaines du relevé de l'état, de l'appréciation de l'état et de la réparation des dégâts. En complément et pour certains domaines particuliers, la Directive VSA «**Plan général d'évacuation des eaux PGEE**», avec le catalogue des exemples types qui en fait partie, peut être utilisé.

En outre, les services de protection des eaux des cantons publient généralement des exigences supplémentaires. Comme exemple dans ce domaine, on peut citer le classeur **Evacuation des eaux des propriétés** du Département des constructions du **canton d'Argovie**, Division protection de l'environnement, qui a fourni une contribution précieuse à tout ce qui concerne l'entretien des canalisations publiques et privées.

Des réglementations complémentaires sont souvent établies au niveau des communes en ce qui concerne les installations d'évacuation des eaux (Règlement pour les canalisations).

<p>Conservation des ouvrages – Bauwerkserhaltung Ensemble des démarches et interventions assurant le maintien de la valeur (intrinsèque) d'un ouvrage.</p> <p>Surveillance – Überwachung Activité consistant à observer et à contrôler l'état d'une construction, ainsi qu'à donner des indications sur les conclusions à tirer.</p> <p>Observation – Beobachtung Surveillance d'un ouvrage, se faisant par des contrôles simples et réguliers.</p> <p>Mesures de contrôle – Kontrollmessung Opération consistant à relever les chiffres mesurés et à les contrôler par comparaison avec les valeurs choisies.</p> <p>Inspection – Inspektion Opération tendant à constater l'état d'une construction grâce à des examens appropriés, comprenant une appréciation de la situation et des indications quant à la suite à donner.</p> <p>Entretien – Unterhalt Action continue destinée au maintien ou à la remise en (bon) état d'une construction, sans modifications majeures de l'utilisation et de la valeur.</p> <p>Maintenance – Instandhaltung Ensemble d'interventions simples et régulières, permettant de maintenir une construction en (bon) état de fonctionnement.</p> <p>Réfection ou remise en état – Instandsetzung Opération tendant à rétablir le fonctionnement de tout ou partie d'un ouvrage, son utilisation, et à lui conférer une durabilité déterminée.</p> <p>Restauration – Restaurierung Opération tendant à remettre en état une construction de valeur historique ou de style, tout en conservant son caractère original.</p>	<p>Rénovation – Erneuerung Opération tendant à améliorer une construction par des interventions profondes, pour en modifier l'utilisation et en accroître la valeur.</p> <p>Adaptation – Anpassung Adaptation d'une construction aux exigences actuelles ou futures, sans interventions majeures.</p> <p>Transformation – Umbau Travaux tendant à modifier une construction par des interventions profondes pour répondre à des besoins nouvellement apparus.</p> <p>Reconstruction – Rekonstruktion Rétablissement de l'état antérieur d'un ouvrage.</p> <p>Agrandissement – Erweiterung Ajouts importants à la construction existante.</p> <p>Remplacement – Ersatz Remplacement d'un ouvrage, par exemple d'une canalisation, soit par abandon de l'ancien ouvrage et son remplacement selon un nouveau tracé, soit par reconstruction à l'endroit même de l'ancienne canalisation.</p>
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Conservation des ouvrages

Surveillance	Entretien	Rénovation
– Observation	– Maintenance	– Adaptation
– Mesures de contrôle	– Réfection	– Transformation
– Inspection	– Restauration	– Reconstruction
		– Agrandissement

Figure 2.5: Terminologie utilisée dans cet ouvrage s'inspirant en grande partie de la norme SIA 169 actuellement en consultation.

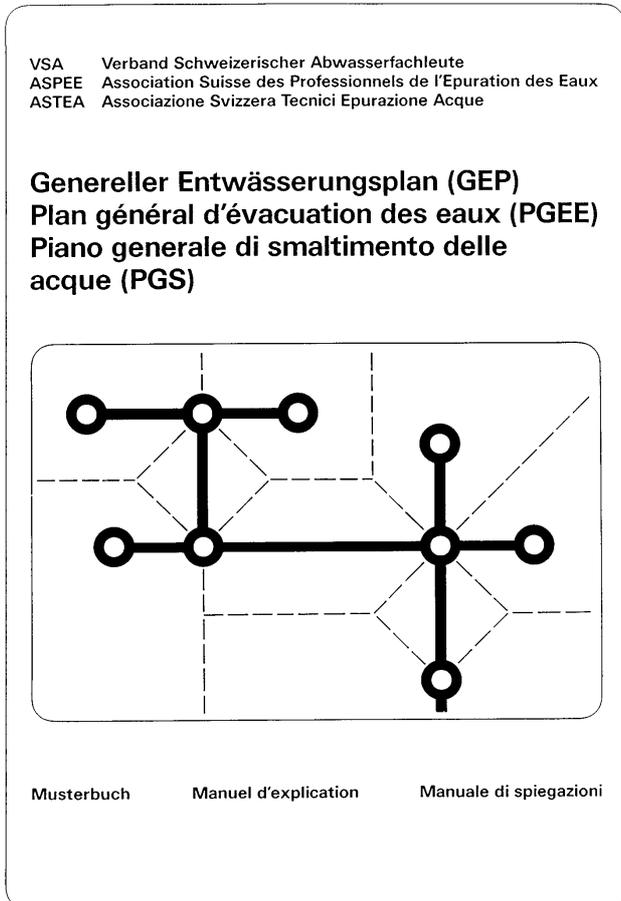


Figure 2.6: Les directives et les exemples types du Plan général d'évacuation des eaux (PGEE) donnent des renseignements sur les documents qu'il faut réunir avant l'étude du projet.

2.4 Bases du projet

La collecte soignée des données disponibles sur le projet est payante pour l'étude et l'exécution de mesures d'entretien. Plus les informations seront complètes, moins il sera nécessaire d'exécuter des recherches complémentaires.

Les multiples données qui sont nécessaires pour l'établissement d'un projet ne sont pas très différentes de celles qu'il faut réunir pour l'établissement d'un plan général d'évacuation des eaux. De manière analogue aux **Directives de l'Association Suisse des Professionnels de l'Épuration des Eaux VSA**, les bases suivantes peuvent servir à l'établissement d'un projet :

- **bases générales pour le projet**, telles que règlements, protocoles, plans de zones, plan général des canalisations entre autres ;
- **plan cadastral des canalisations** avec les plans des ouvrages correspondants et les caractéristiques d'entretien et d'exploitation ;
- **rapports disponibles** sur les apports d'eau extérieurs, les canalisations existantes, les proportions des eaux des biens-fonds entre autres ;
- **données sur les eaux** à évacuer par temps sec et par temps de pluie.

L'étendue et le degré de précision nécessaire des données servant à l'établissement du projet dépendent de cas en cas de la quantité et de l'importance des mesures prévues.

3. Organisation de la conservation des canalisations

3.1	Généralités	27
3.1.1	Méthode	27
3.1.2	Déroulement de l'étude	28
<hr/>		
3.2	Descriptif de l'état	30
3.2.1	Domaines	30
3.2.2	Inspection au moyen d'une caméra vidéo	31
3.2.3	Rapport d'investigation avec la caméra vidéo	31
<hr/>		
3.3	Appréciation de l'état	35
3.3.1	Critères	35
3.3.2	Degré d'urgence et pondération	36
3.3.3	Présentation	37
<hr/>		
3.4	Mesures à prendre	40
3.4.1	Etude et projet	40
3.4.2	Mise en soumission	41
<hr/>		
3.5	Réalisation et contrôle de qualité	44
3.5.1	Travaux préparatoires	45
3.5.2	Réparations des dégâts	47
3.5.3	Travaux de finition	48
3.5.4	Contrôle de qualité	50

3. Organisation de la conservation des canalisations

3.1 Généralités

3.1.1 Méthode

Lorsque des canalisations doivent être entretenues de façon systématique, il faut que toutes les tâches dans leur intégralité soient intégrées dans le cadre de la **gestion du réseau des canalisations**. Il faut pour cela utiliser de manière optimale les moyens disponibles, tout en prenant en considération les exigences de la protection de l'environnement. A long terme les objectifs suivants doivent être atteints :

- aptitude au fonctionnement ;
- capacité optimale des installations ;
- sécurité d'exploitation ;
- conservation des ouvrages.

La méthode pour atteindre ces objectifs est valable de manière générale et est pratiquement indépendante du type d'ouvrage.

Les stratégies de conservation et les marches à suivre pour l'entretien et la rénovation des ouvrages de génie civil, ainsi que des routes et des conduites sont décrites de manière détaillée dans de nombreuses publications du programme d'impulsion PI BAT « Entretien et rénovation des constructions ».

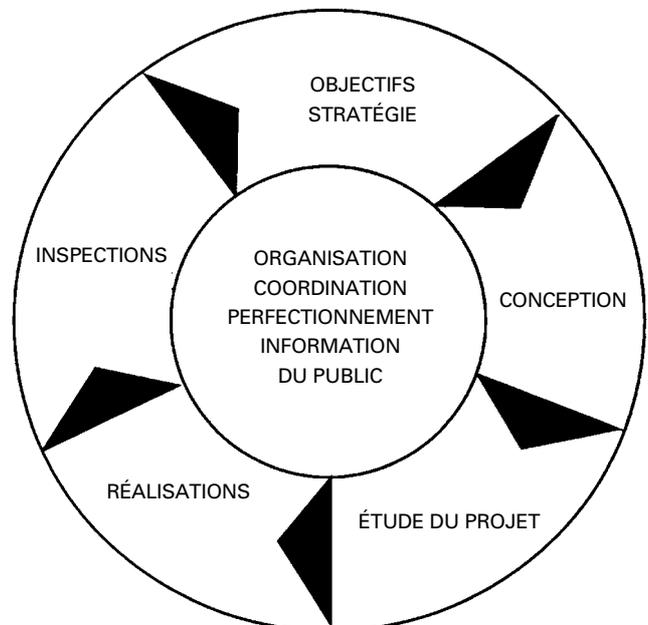


Figure 3.1: Les fonctions les plus importantes de la gestion de l'entretien peuvent être représentées sous la forme d'un cercle.

Dans le domaine des ouvrages de génie civil communaux, les documents suivants sont à disposition en complément du présent manuel :

Maintenance des ouvrages de génie civil

Notions générales, définitions, objectifs du PI BAT
1991, N° 724.451 f.

Entretien et rénovation des ouvrages de génie civil

Une tâche permanente pour les communes
Cassette vidéo
1993, N° 724.459.1 f.

Guide du génie civil

Entretien et rénovation des ouvrages de génie civil
Conseils à l'intention des autorités communales
1993, N° 724.459 f.

Conservation des infrastructures communales
N° 724.457 f.

Ce chapitre se réfère aux publications correspondantes du PI BAT pour les questions d'ordre général. Les informations spécifiques aux canalisations sont par contre traitées de manière exhaustive.

3.1.2 Déroulement des opérations

Pour l'entretien des canalisations non praticables on distingue **diverses étapes**, généralement séparées dans le temps. La figure 3.2 présente ces étapes avec les prestations correspondantes qui en font partie. D'une manière générale les remarques suivantes peuvent être faites sur le déroulement d'une opération :

1. Les **dépenses** qui doivent être engagées pour les diverses étapes varient fortement avec le type du projet et selon son contexte. Des mesures de réfection simples, dans un contexte facile à appréhender, peuvent être traitées selon une démarche simplifiée.
2. Des conditions spécifiques relatives à l'ouvrage considéré peuvent fortement influencer les diverses étapes de la **marche à suivre**. De tels facteurs sont par exemple les finances à disposition, la coordination avec d'autres travaux ou la disponibilité des moyens techniques.
3. Si l'on veut atteindre une gestion efficace de l'entretien des canalisations, ce qui dans le schéma apparaît comme une **suite linéaire d'opérations successives**, doit se concrétiser dans les faits par un processus de déroulement en continu. Les tronçons de canalisations dont les dégâts ont été réparés doivent être incorporés dans le cycle normal de la surveillance, afin d'assurer leur contrôle et leur appréciation de manière régulière.

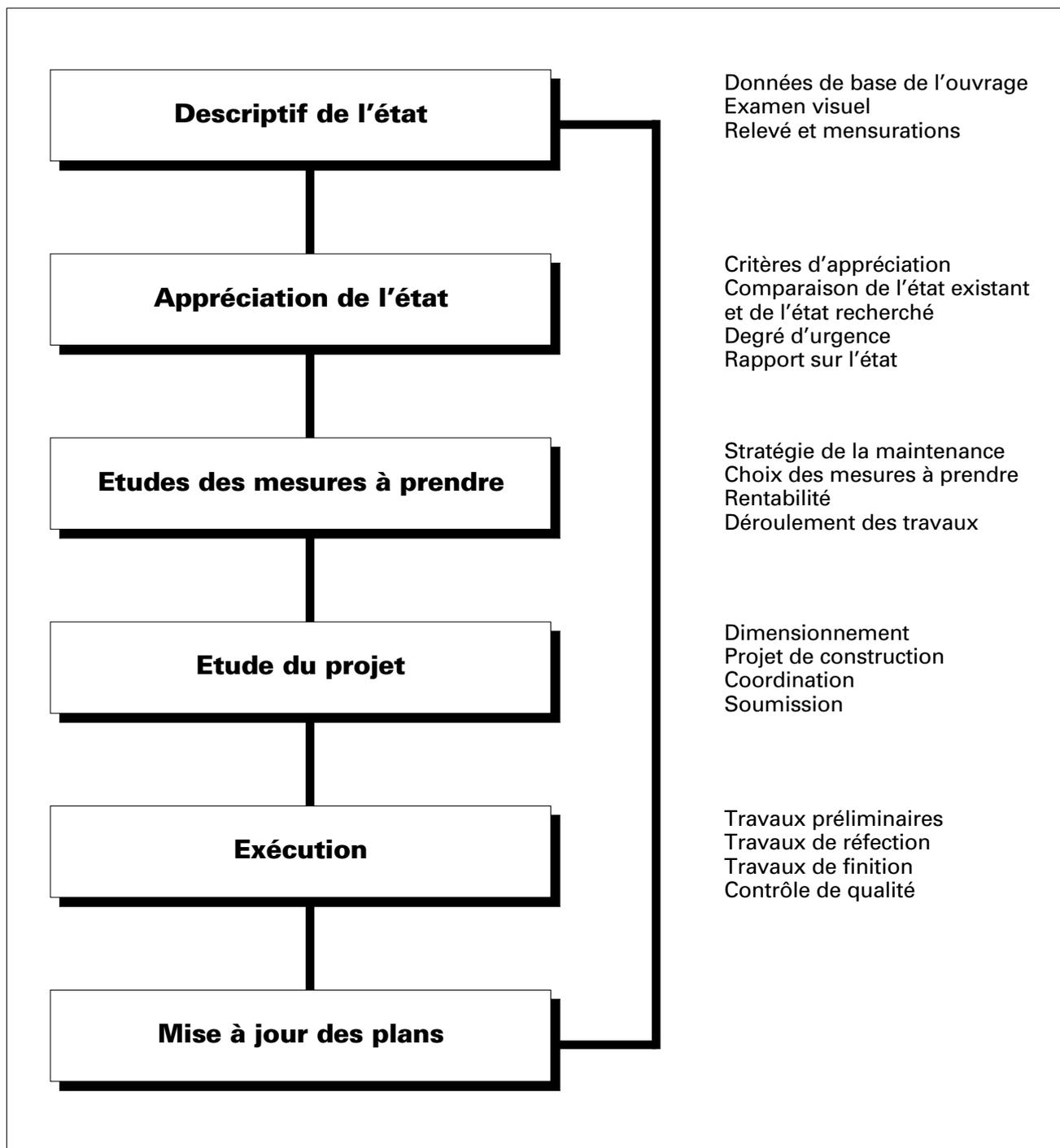


Figure 3.2: Déroulement de l'opération d'entretien des canalisations avec les diverses étapes nécessaires et les prestations qu'elles comportent.

Les techniques d'auscultation pour la surveillance des réseaux de conduite sont énumérées dans les tableaux et les fiches techniques de la publication

« Techniques d'auscultation des ouvrages de génie civil »

publication du programme d'impulsion PI BAT « Entretien et rénovation des constructions » de juillet 1991 (724.453 f).

3.2 Descriptif de l'état

3.2.1 Domaines

Pour les canalisations, le descriptif et l'appréciation de l'état (Recommandation SIA 169: Surveillance périodique) ne se limitent pas exclusivement à la connaissance exacte des caractéristiques de la construction. Les caractéristiques hydrauliques et les expériences tirées de l'exploitation doivent avoir une importance au moins égale dans l'étude des mesures de prendre. Une bonne appréciation n'est alors possible que lorsque tous les aspects particuliers ont été traités de manière optimale. Pour ce faire on peut engager des moyens fort divers :

Etat de l'ouvrage

- visite;
- caméra vidéo;
- calibrage de la section de la canalisation;
- essais d'étanchéité;
- etc.

Caractéristiques hydrauliques

- interrogation du personnel de service et des riverains;
- recherche de la capacité;
- recherche des débits;
- comparaison avec les PDE ou PGEE actuels;
- etc.

Caractéristiques d'exploitation

- interrogation du personnel de service;
- constat de défauts de fonctionnement;
- constat de dépôts;
- annonces de problèmes d'odeur;
- etc.

La liste ci-dessus montre clairement que la caméra vidéo n'est qu'un des moyens de contrôle parmi les nombreuses possibilités d'investigations techniques qui existent. Ainsi, par exemple, il n'est en général pas possible d'apprécier l'étanchéité d'un tronçon de canalisation à l'aide d'une caméra TV. Les pertes ne sont pas décelables et des infiltrations sont apparentes uniquement si le niveau de la nappe phréatique au moment des investigations est supérieur à celui du radier de la canalisation. Le contrôle de l'**étanchéité** de toutes les canalisations – même si la dépense est importante – devrait être entrepris systématiquement **selon la Recommandation SIA V 190**.



4. Réseaux de conduites

Objet de l'auscultation:
Canalisations (non accessibles, Ø < 800 mm, à écoulement à nappe libre)

Caractéristique recherchée ou élément examiné	Technique d'auscultation	
	non destructive	destructive (impact sur l'ouvrage)
Dégâts des tuyaux	Caméra de télévision ¹⁾ # p. 152 Robot pour canalisations Essai de coloration	
Dégâts des joints	Caméra de télévision ¹⁾ # p. 152 Chariot (calibrage) Essai de coloration	
Dépôts	Caméra de télévision ¹⁾ # p. 152 Contrôle par miroirs	
Branchements	Caméra de télévision ¹⁾ # p. 152 Essai de rinçage	Caméra de télévision [accès spécial] ¹⁾
Etanchéité	Essai de pression ²⁾ Chariot à double chambre Essai de coloration Obturateur double	

¹⁾ Conditions générales et prestations pour le contrôle par caméra de télévision, VSA 1986 (en cours de révision)
²⁾ Norme SIA 190, Canalisations

Avec les moyens connus, les canalisations sous pression ne peuvent être auscultées que de façon très limitée.

Figure 3.3: Tableau tiré de la publication « Techniques d'auscultation des ouvrages de génie civil ».

3.2.2 Inspection au moyen d'une caméra vidéo

Pour les canalisations praticables avec diamètres nominaux supérieurs à 800 mm, l'inspection de l'état de la construction se fait généralement par la visite des lieux. Pour les canalisations non praticables (environ 90% des réseaux communaux) et pour l'évacuation des eaux des biens-fonds, le relevé systématique de l'état actuel, s'il est pratiqué, est exécuté aujourd'hui quasi exclusivement à l'aide d'une caméra vidéo.

Afin de garantir une qualité uniforme pour les investigations au moyen d'une caméra vidéo, l'Association suisse des professionnels de l'épuration des eaux VSA a publié à l'annexe 2 de sa Directive «Entretien des canalisations» de mars 1992 les «**Allgemeine Bedingungen für Kanalfernsehnuntersuchungen**». Ce document contient la description complète des travaux à exécuter, des prestations, des équipements et du rapport d'investigation à établir. Les conditions générales sont complétées par une liste des prestations types.

3.2.3 Rapport d'investigation avec la caméra vidéo

Au point 2.3.1 des «Conditions générales pour le contrôle des canalisations par caméra vidéo» (ce document n'est pas traduit en français) de la VSA, il est précisé:

«Toutes les informations obtenues lors d'un contrôle de canalisations par caméra vidéo sont consignées de manière détaillée dans un **rapport d'investigation**. Celui-ci comporte un plan de situation, le procès-verbal des investigations, les prises de vue de l'écran avec les cassettes vidéo y relatives».

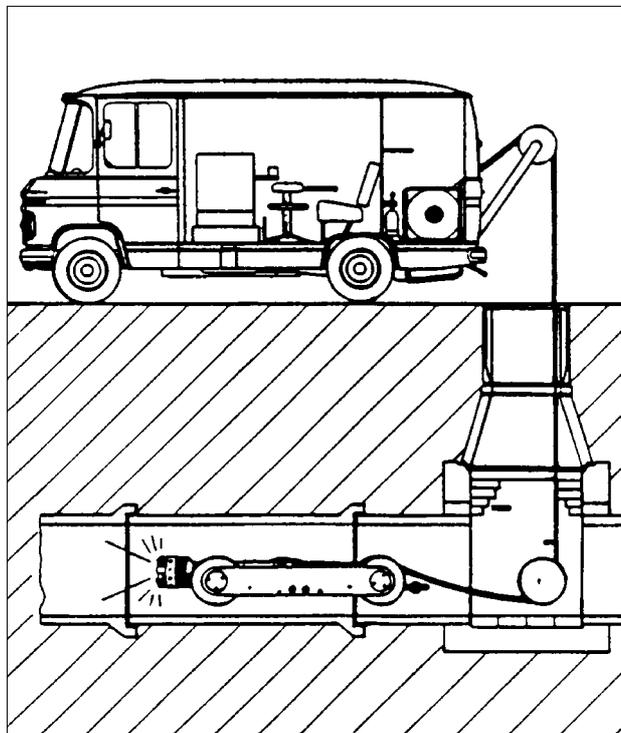
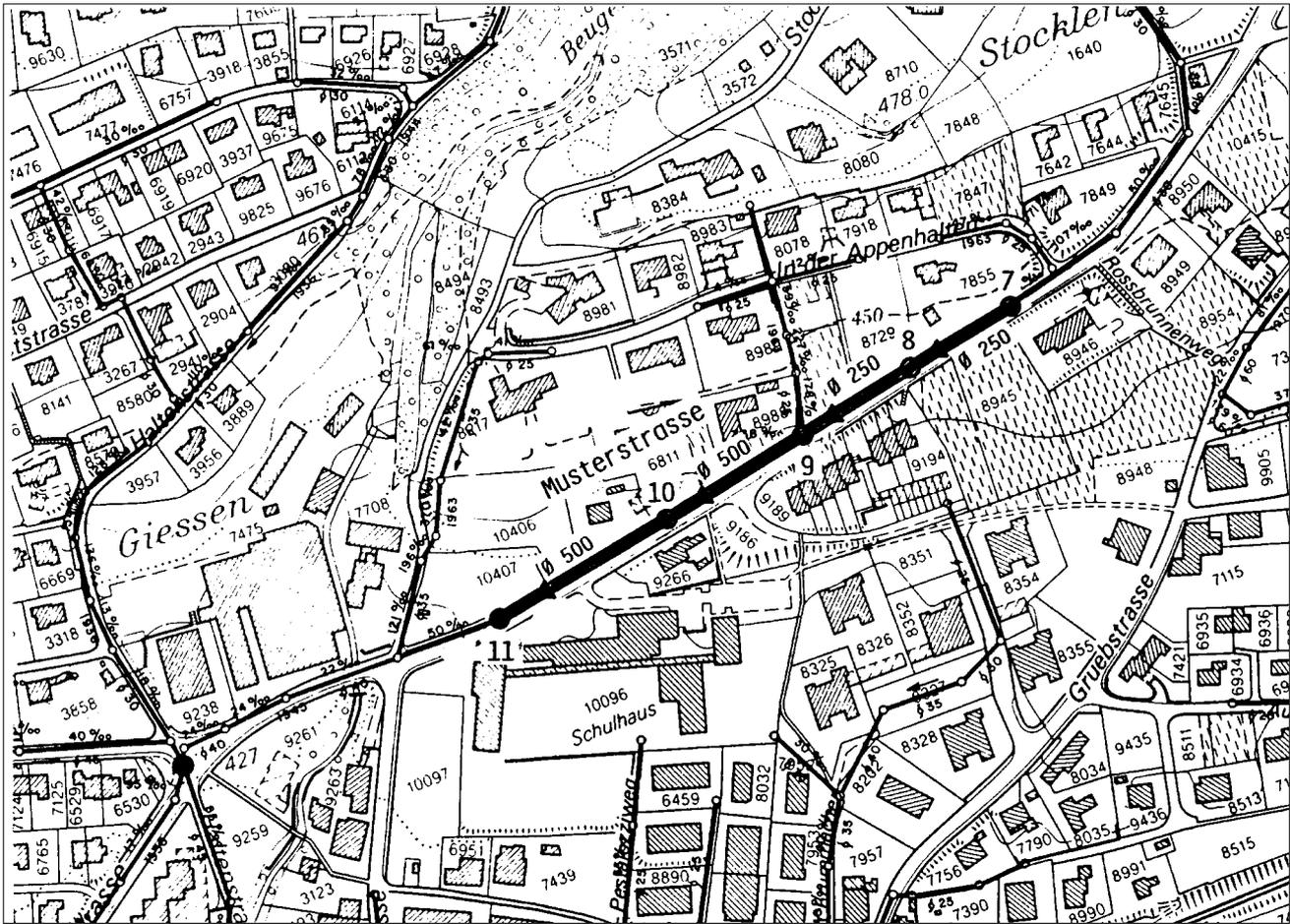


Figure 3.4: Aujourd'hui les canalisations non praticables sont surveillées presque exclusivement à l'aide de caméra vidéo.



Procès-verbal d'investigation avec la caméra vidéo

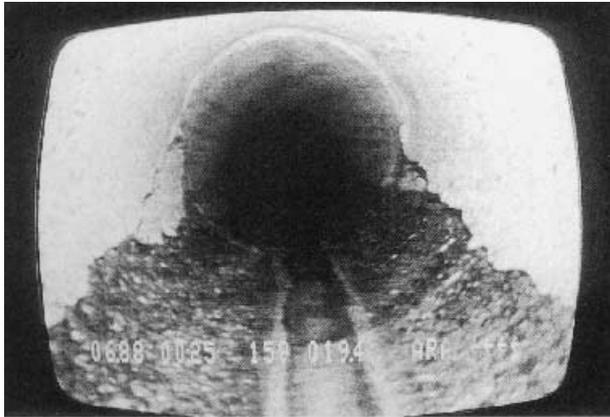
```

*****
Date           : 16 02 91           Lieu           : 9202 M U S T E R
Chiffre       : 9202-1             Rue            : Rue de Muster
Commande no.  : 1007              De             : CH 7
Bande vidéo   : 01                A              : CH 9
Compteur vidéo : 0.00.00 - 0.25.30 Direction caméra: A.E.
Mode de contrôle : controle de l'etat Genre de canalis: collecteur unitaire
Operateur     : PT                Info-tuyau    : 0 250 TC 1.0
*****
    
```

Chambre CH No	Distance m	Raccord	Foto No.	Genre de construction	Dégat	Pos.	Commentaire	Page: 1
CH 7		o		chambre de controle	CH 7	DN 0.9/1.1	P 2.2 dans jardin	
	0.0			tuyaux	commencement			
	3.5		145	joint casse(e)	en-haut		decalage	
	5.6	†		raccord penetrant(e)	a-droit(e)			
	7.3		151-152	parois casse(e)	au sol		tuyaux fissure(e) fort(e)	
	13.2		184	joint avec racines	depot		fort(e)	
	14.1	A		raccord en-haut			reparation eventuel(le)	

Figure 3.5: Exemple d'un procès-verbal d'investigation avec plan de situation. Associés aux prises de vue de l'écran et aux cassettes vidéo, ces documents forment le rapport des auscultations réalisées au moyen d'une caméra vidéo.

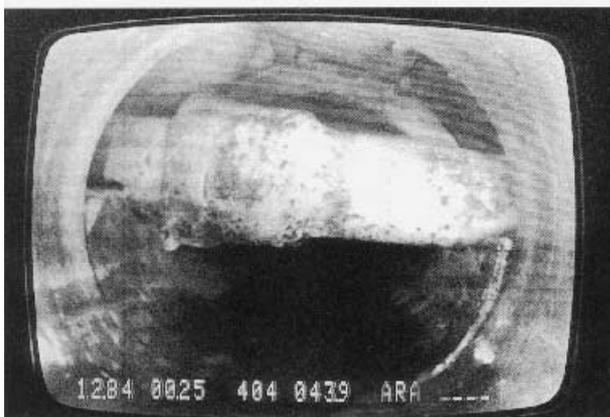
 <p>Baudepartement Abteilung Umweltschutz</p>	<p>Inspection à l'aide d'une caméra vidéo Relevé des détériorations</p>	<p>11.3</p>
------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------	--------------------



Corrosion
des parois
Radier
délavé



Corrosion
des parois
Radier
érodé



Percement
des parois
Perforation de
gauche à droite
(conduite d'eau)

<p>1.7.1989</p>	<p>11.3-10</p>
-----------------	----------------

Figure 3.6: Uniformisation de la description des défauts. Exemple tiré du document « Définition der Schadenbilder » établi par le canton d'Argovie.

Le rapport d'investigation est un document purement descriptif de l'état constaté. L'annexe 3 de la Directive VSA « **Défauts types et aide à l'interprétation** » donne à ce sujet des points de repère pour une description standardisée des défauts. Le Service argovien de l'Environnement du Département des Constructions va sensiblement plus loin en définissant des défauts types. Les défauts possibles sont catalogués en fonction des critères: parties d'ouvrage, défauts, importance des dégâts et situation, pour servir de base à l'établissement de rapports d'investigation formulés de manière standardisée.

Dans ce cadre, la **tâche de l'opérateur** consiste alors exclusivement à décrire aussi précisément que possible dans le rapport d'investigation les observations effectuées dans la canalisation. Des sociétés spécialisées, mais également des maîtres d'ouvrage, considèrent alors que l'opérateur offre une prestation complémentaire lorsqu'il donne également une appréciation de l'état de la canalisation, voire même des degrés d'urgence sur les mesures constructives à prendre. Cependant, **l'appréciation ne peut et ne doit pas être de la compétence de l'opérateur**, car il lui manque normalement les indications nécessaires sur les caractéristiques hydrauliques et sur l'exploitation.

3.3 Appréciation de l'état

3.3.1 Critères

Comme mentionné plus haut, les résultats des investigations par caméra vidéo ne sont que l'un des critères pour l'appréciation de l'état actuel. Pour fixer les degrés d'urgence des réparations des défauts constatés, il faut également prendre en considération toute une série d'autres facteurs, tels par exemple :

- importance de la protection des eaux ;
- rapports hydrauliques ;
- types des conduites et de l'exploitation ;
- caractéristiques des tuyaux, telles que matériaux et âge ;
- situation de la canalisation ;
- coordination avec les travaux routiers ou sur d'autres conduites.

En prenant en considération tous ces critères, la tâche des bureaux d'ingénieurs spécialisés consiste à apprécier les données recueillies lors du contrôle de l'état et, à partir de là, à fixer les priorités pour le programme de réparation des défauts. Toutes les conditions spécifiques locales doivent également être considérées, telle la question fondamentale de la stratégie d'entretien et de son financement.

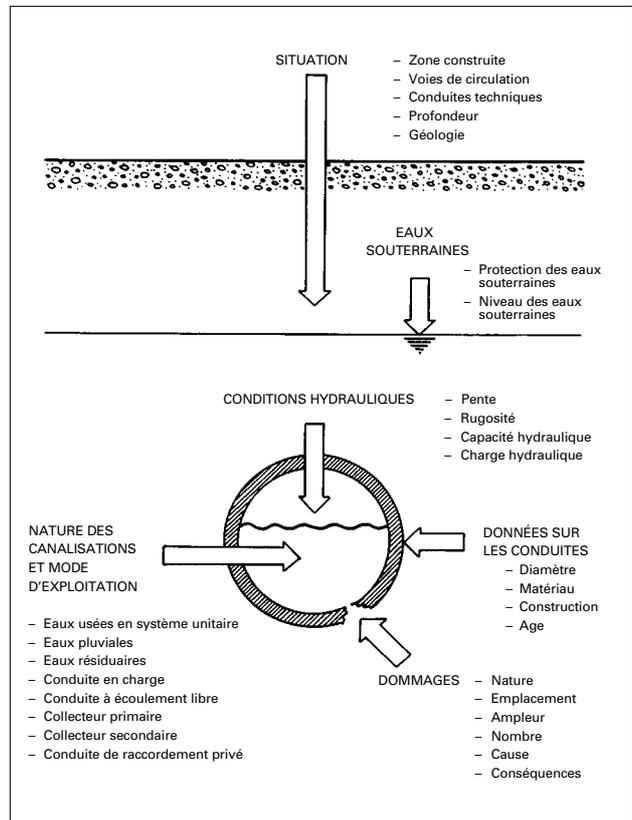


Figure 3.7: Critères qui ont de l'importance pour fixer les degrés d'urgence.

Bewertungstabelle		Zuständig für Beurteilung											
		Gemeinde / Kanton					Gemeinde / Ingenieurbüro						
		Grundwasserschutz			GKP-Übereinstimmung			Strassenbau, Bachausbau, weitere Werkleitungen					
		Schutzzone S2 1) 2)	Schutzzone S3 2)	Schutzzeit	GW-Bereich A	GW-Bereich B	GW-Bereich C	LW genügend	Ausbau dringend	Ausbau später	Kein Ausbau vorgesehen	Kurzfristig erforderlich	Mittelfristig erf. (6-9 J.)
Festgestellte Mängel													
Undicht	Wasseraustritt – vermutet 4)	1	1	2	2	3	3	2	3	2	3	3	3
	Wasseraustritt fest-gestellt 5)												
	– einzelne Stelle	0	1	1	2	2	3	2	1	3	1	2	3
	– zahlreiche Stellen	0	0	0	1	2	3	2	1	2	2	2	3
	Wassereintrich												
	– einzelne Stelle	0	1	1	2	2	3	2	3	1	1	2	3
	– zahlreiche Stellen	0	0	1	2	2	3	2	2	3	1	1	2
Risse	sichtbar												
	– einzelne	1	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	– zahlreiche	1	1	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	breit												
	– einzelne	1	1	2	2	3	3	2	2	3	2	2	3
	– zahlreiche	0	0	1	1	2	2	1	3	1	1	2	2
	Eingedrückt, oval	0	1	1	2	2	2	2	3	2	2	2	3
	Eingestürzt, Scherben	0	1	1	2	2	2	2	1	2	1	1	2
	Wurzeln eingewachsen	1	2	2	2	2	2	2	2	2	1	1	2
	Hausanschlüsse 1)												
	– undicht	0	0	1	2	2	3	2	1	3	2	2	3
	– vorstehend	1	1	1	3	3	3	3	3	3	3	3	3
	– schlechte Ausführung	1	1	1	3	3	3	2	3	2	3	3	3

1) Soweit es sich um bestehende und bleibende Leitungen handelt
 2) Zu beachten sind auch die Vorschriften der jeweiligen Schutzzone-Reglemente
 3) Sanierung zusammen mit Erneuerung des Hauptkanals
 4) Wasserqualität leicht beeinträchtigt
 5) Wasserqualität deutlich beeinträchtigt und Schadenstellen sichtbar

Dringlichkeitsstufen (Ziffer 7.3.3) als Gesamtbeurteilung aller relevanten Kriterien:
Stufe 0: Die Massnahmen sind sehr dringend und kurzfristig auszuführen. Im Sinne von Sofortmassnahmen sind eventuell durch provisorische lokale Reparaturen weitere Schäden zu verhindern.
Stufe 1: Die Massnahmen sind dringend und innert 1–2 Jahren auszuführen. Sofortmassnahmen wie bei der Stufe 0 sind zu prüfen.
Stufe 2: Die Massnahmen sind mittelfristig erforderlich und innert 3–5 Jahren auszuführen.
Stufe 3: Die Massnahmen können längerfristig geplant werden.
Stufe 4: Es wurden keine Mängel festgestellt.

3.3.2 Degré d'urgence et pondération

Divers systèmes de classification ont été développés afin de faciliter l'établissement des mesures à prendre selon les défauts reconnus, comme par exemple: des investigations complémentaires par caméra vidéo, des essais d'étanchéité ou la préparation de travaux de réparation des dégâts. Dans tous les cas, toutes les caractéristiques spécifiques et tous les facteurs d'influence doivent être pris en considération.

Un tel système permettant de fixer le degré d'urgence de la remise en état des canalisations est donné à l'annexe 4 de la Directive VSA pour l'entretien des canalisations. Il établit la relation entre les défauts constatés et les critères à prendre en compte, en définissant les degrés d'urgence allant de 0 à 4. Les degrés d'urgence fixés au moyen des tables d'appréciation doivent être examinés en fonction des données spécifiques locales et y être adaptés.

Il faut souligner qu'un tel système de classification, qui se prête au traitement par ordinateur, porte en soi d'importants dangers. Ce serait une erreur de considérer que, grâce à ce système, l'appréciation et la planification des mesures peuvent être confiées à des collaborateurs peu spécialisés.

Figure 3.8: Directive VSA pour l'entretien des canalisations – proposition d'une échelle d'appréciation pour définir en degrés d'urgence (n'existe qu'en allemand).

3.3.3 Présentation

Les résultats du contrôle de l'état et de son appréciation sont présentés dans un rapport. Il contient généralement un **relevé de l'état de la canalisation** sous forme de plans et d'un rapport explicatif avec des commentaires et des tableaux contenant toutes les informations nécessaires pour la bonne compréhension de ce plan. Ces documents constituent les bases pour le projet des mesures d'entretien à entreprendre. Ils doivent donner des renseignements sur les points suivants :

- état général de la construction ;
- type et localisation des défauts ;
- appréciation et degré d'urgence ;
- indications sur d'éventuelles mesures complémentaires à prendre.

Le plan et le rapport de l'état existant doivent être clairs, faciles à lire et donnant une bonne vue d'ensemble. On peut les réaliser manuellement ou avec l'assistance d'un ordinateur dans le cadre d'un système d'information complet (banque de données, visualisation).

Des indications sur le rapport d'état des canalisations peuvent être tirées de la **Directive VSA «Plan général d'évacuation des eaux PGEE»** et du «manuel d'explication» qui en fait partie.

vsa	Plan général d'évacuation des eaux (PGEE)	5.4.3
22.10.93	Rapport sur l'état des canalisations	Page 2

Déroulement du travail et éléments

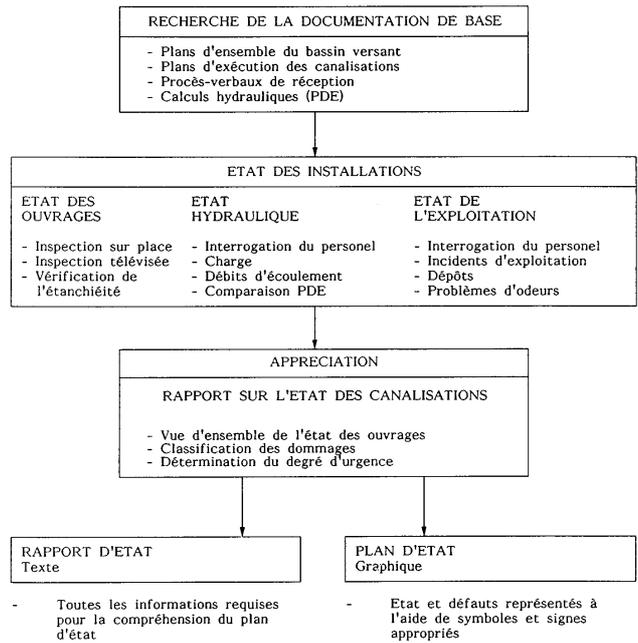


Figure 3.9: Méthode de travail et éléments du rapport de l'état des canalisations tirés du livre d'exemple «Plan général d'évacuation des eaux PGEE».

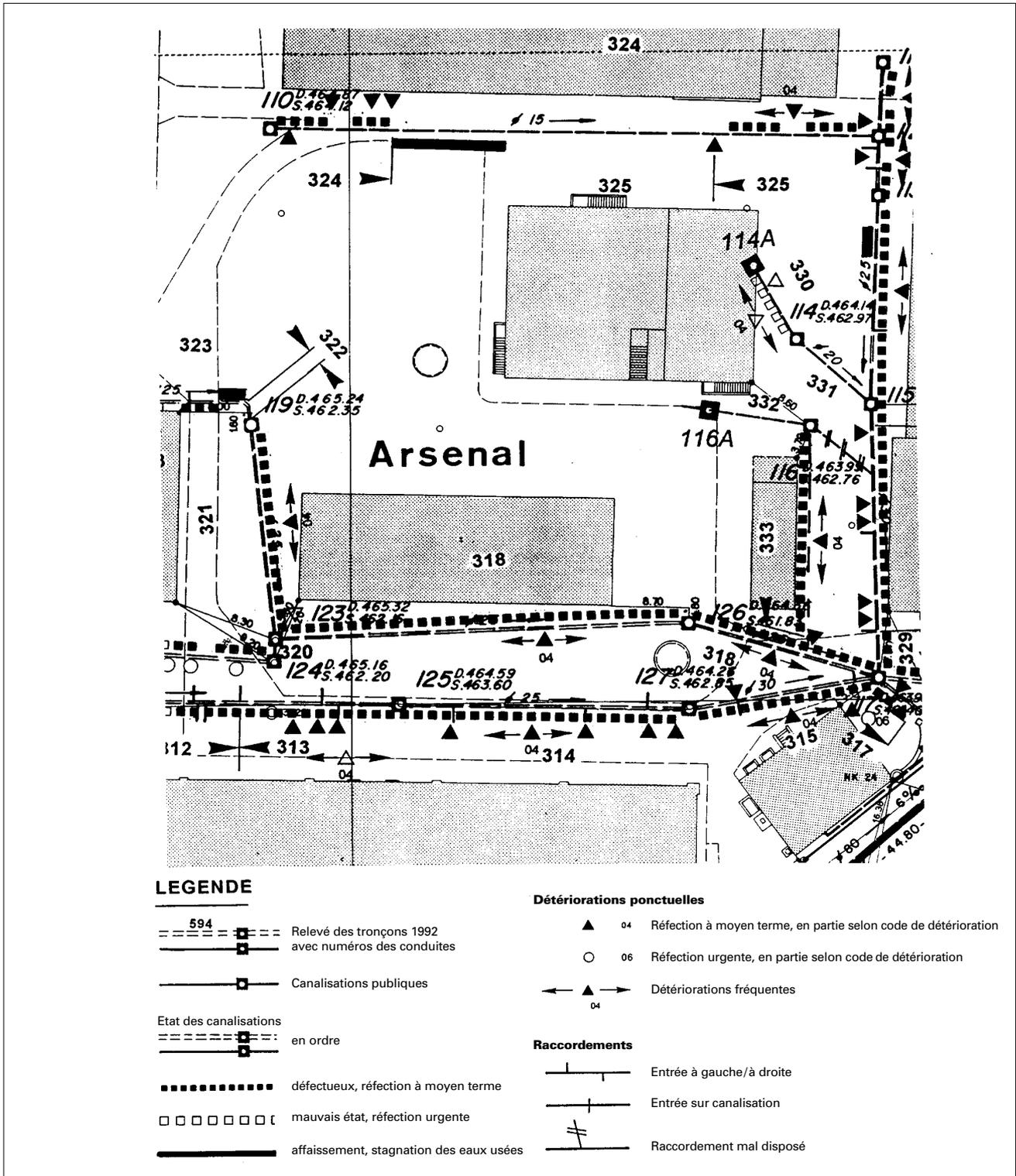


Figure 3.11: Exemple d'un plan de l'état existant indiquant les défauts et les mesures à prendre.

- Intégration dans une **stratégie** communale de **maintien** global de la valeur.
- Harmonisation avec le **plan de financement** et le **budget**.
- Prise en considération des **tendances du développement futur**.
- **Coordination** avec d'autres travaux communaux.
- Choix de **matériaux de construction et de techniques assurant la protection de l'environnement**.
- Eviter autant que possible les **interruptions de l'exploitation**.

Figure 3.12: Conditions particulières qui doivent être prises en considération lors de la planification de l'entretien et la rénovation.

3.4 Mesures à prendre

3.4.1 Etude et projet

L'entretien des canalisations non praticables se heurte sans aucun doute à la difficulté de traduire en un projet prêt à l'exécution les informations recueillies lors du contrôle de l'état et de son appréciation. Les raisons de cette difficulté sont nombreuses :

- Les moyens d'étude et les techniques disponibles sont principalement orientés vers la construction neuve et ceci malgré que l'entretien et la rénovation prennent de plus en plus d'importance par rapport à la construction neuve.
- L'entretien et la rénovation demandent une prise en considération de nombreuses conditions spécifiques, avec des objectifs parfois très différents (figure 3.12).
- Le développement rapide de ce secteur de la construction désécurise les personnes qui doivent prendre des décisions. Pour l'étude des mesures à prendre il est alors recommandé que le maître d'ouvrage fasse appel à un conseiller indépendant, spécialiste de ces techniques.

Pour la réparation des dégâts et des défauts reconnus, les concepteurs du projet disposent essentiellement de trois possibilités :

- La **réparation** des défauts localisés, en règle générale peu nombreux, l'état souhaité de la canalisation étant ainsi reconstitué.
- La **rénovation** d'une ancienne canalisation défectueuse par le remplacement de tout ou partie d'un tronçon. Ces travaux peuvent être exécutés à ciel ouvert ou en souterrain.
- A mi-chemin de ces deux techniques se situe la **remise en état** systématique d'une canalisation existante, par des mesures qui permettent de reconstituer l'état souhaité en conservant les tuyaux existants. L'objectif est d'obtenir une conduite dont les caractéristiques sont proches de celles d'une conduite neuve en ce qui concerne son fonctionnement et sa durabilité.

3.4.2 Mise en soumission

Contrairement aux investigations par caméra vidéo, pour lesquelles l'annexe 2 de la Directive VSA « Entretien des canalisations » donne les conditions générales et un descriptif des prestations, il n'existe pas de document du type Catalogue des Articles Normalisés (CAN) pour le domaine des travaux de réfection et de remise en état. En conséquence, la manière d'établir les soumissions peut varier.

Deux approches pour les adjudications de travaux sont envisageables :

A. Appel d'offres direct

Les cassettes vidéo et le rapport d'investigation par caméra vidéo sont directement adressés par la commune ou le bureau d'ingénieurs mandaté à une ou plusieurs sociétés offrant des procédés de réfection, en leur demandant d'établir des offres pour les travaux à réaliser. Les **avantages** prétendus de cette manière de faire sont ceux permettant d'économiser des frais d'étude et d'aboutir à une mise en œuvre rapide et simple. Par contre elle présente les gros **désavantages** suivants :

- Faute d'une appréciation globale, les mesures de réfection choisies sont généralement déterminées uniquement à partir de l'image représentant le défaut. D'autres critères, tels les considérations hydrauliques ou les exigences de la protection de l'environnement et de la protection des eaux, ne sont guère pris en considération.
- Le choix du procédé est déterminé en fonction des possibilités offertes par les sociétés.
- La comparaison entre les diverses offres est difficile vu la diversité d'informations et de présentations.
- Les prestations dans les domaines des travaux préparatoires et annexes sont généralement formulées de manière insuffisante. Des dépassements de devis sont préprogrammés.

Les **procédés techniques** disponibles sont décrites au **chapitre 4** de ce présent document. Le **chapitre 5** donne des indications sur la **marche à suivre et les critères à prendre en considération** pour le choix des procédés. Le **chapitre 6** présente les différents procédés de réfection et de rénovation qui sont **proposés aujourd'hui en Suisse**.

Une présentation complète de l'étude des mesures à prendre pour les ouvrages communaux de génie civil est décrite dans la publication PI BAT « **Conservation des infrastructures communales** », N° de commande 724.457 f.

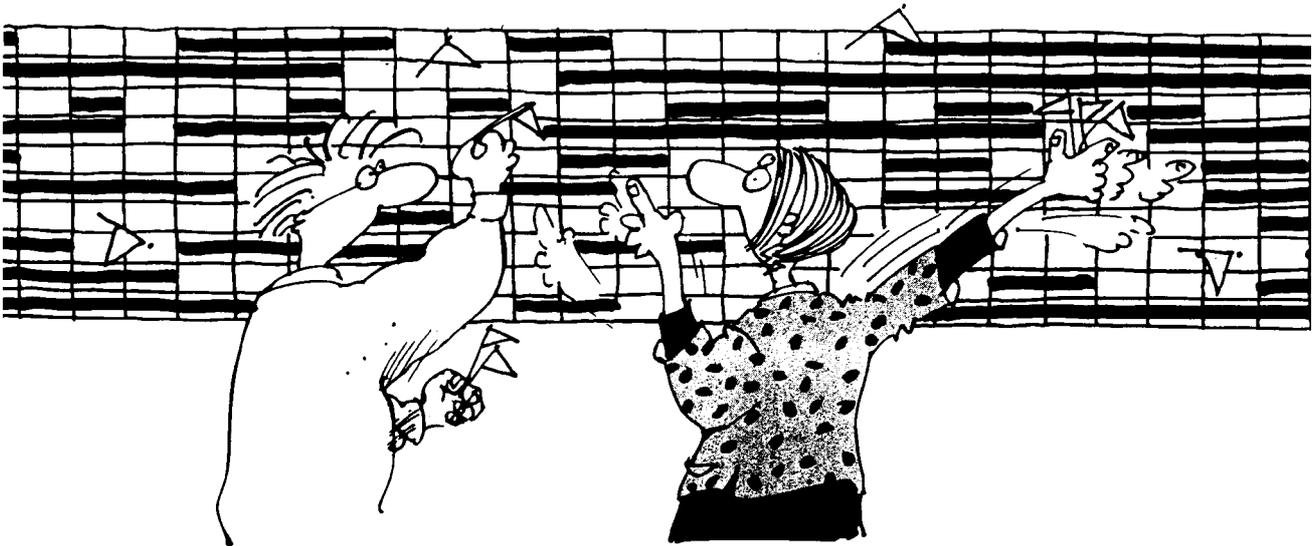
B. En faisant appel à un conseiller indépendant

Un bureau d'ingénieurs indépendant, agissant comme mandataire du maître de l'ouvrage, établit le rapport de l'état des canalisations avec les propositions correspondantes pour les mesures de réfection à prendre en partant de toutes les données disponibles. Pour les diverses étapes des travaux, des documents de soumission sont établis pour une technique de construction déterminée (par exemple chemisage) comprenant des conditions générales et spéciales ainsi qu'un descriptif détaillé des prestations. Dans ce cadre, il faut veiller à ce que les soumissionnaires fournissent des informations détaillées et complètes sur leurs procédés spécifiques, y compris sur les travaux préparatoires et de finition, les caractéristiques des matériaux et les conditions de dimensionnement. La remise d'offres de variantes séparées doit être expressément autorisée. Le fait que les appels d'offres soient publics ou restreints ne revêt qu'une importance secondaire. L'annexe 8 donne un récapitulatif des sociétés spécialisées actives en Suisse au moment de l'impression de cette publication.

Les **avantages** de cette solution sont évidents :

- Le choix de la technique de construction résulte de la prise en compte de tous les critères et reste du ressort du mandant.
- Les offres des divers soumissionnaires sont comparables entre elles aussi bien au plan technique qu'au plan financier.
- Les conditions et le cahier des charges peuvent servir de base d'appréciation en cas de défauts.

Le **désavantage** des frais d'étude plus élevés est généralement largement compensé par une organisation des travaux plus rationnelle.



Aide-mémoire pour la mise en soumission des travaux

Conditions générales	Description des prestations
<input type="checkbox"/> Bases de l'offre	<input type="checkbox"/> Installation
<input type="checkbox"/> Normes et prescriptions	<input type="checkbox"/> Nettoyage de la canalisation
<input type="checkbox"/> Assurance de responsabilité civile	<input type="checkbox"/> Percement et fraisage
<input type="checkbox"/> Délais de garantie	<input type="checkbox"/> Calibrage
<input type="checkbox"/> Mesures relatives au trafic	<input type="checkbox"/> Retenue des eaux
<input type="checkbox"/> Mesures de protection des eaux	<input type="checkbox"/> Fourniture des matériaux
<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> Travaux d'entretien et de rénovation
Conditions spéciales	<input type="checkbox"/> Travaux d'adaptation aux raccordements latéraux et aux chambres de contrôle
<input type="checkbox"/> Description de l'objet de l'offre	<input type="checkbox"/> Nettoyage final
<input type="checkbox"/> Documents de base	<input type="checkbox"/> Essai d'étanchéité
<input type="checkbox"/> Cassettes vidéo et rapports d'investigation disponibles	<input type="checkbox"/> Réception par caméra vidéo
<input type="checkbox"/> Organisation du chantier	<input type="checkbox"/> _____
<input type="checkbox"/> Programme des travaux	Annexes à l'offre
<input type="checkbox"/> Mesures de retenue des eaux	<input type="checkbox"/> Description détaillée du procédé pour les travaux principaux et annexes
<input type="checkbox"/> Alimentation en énergie et en eau	<input type="checkbox"/> Caractéristiques des matériaux
<input type="checkbox"/> Signalisation du chantier	<input type="checkbox"/> Dimensionnement
<input type="checkbox"/> Contrôles de qualité	<input type="checkbox"/> Résultats d'essai
<input type="checkbox"/> Réception	<input type="checkbox"/> Liste des sous-traitants
<input type="checkbox"/> _____	<input type="checkbox"/> Liste des références des travaux exécutés en Suisse
	<input type="checkbox"/> _____

Figure 3.13: Aide-mémoire des points principaux pour la mise en soumission de travaux d'entretien et de rénovation.

3.5 Réalisation et contrôle de qualité

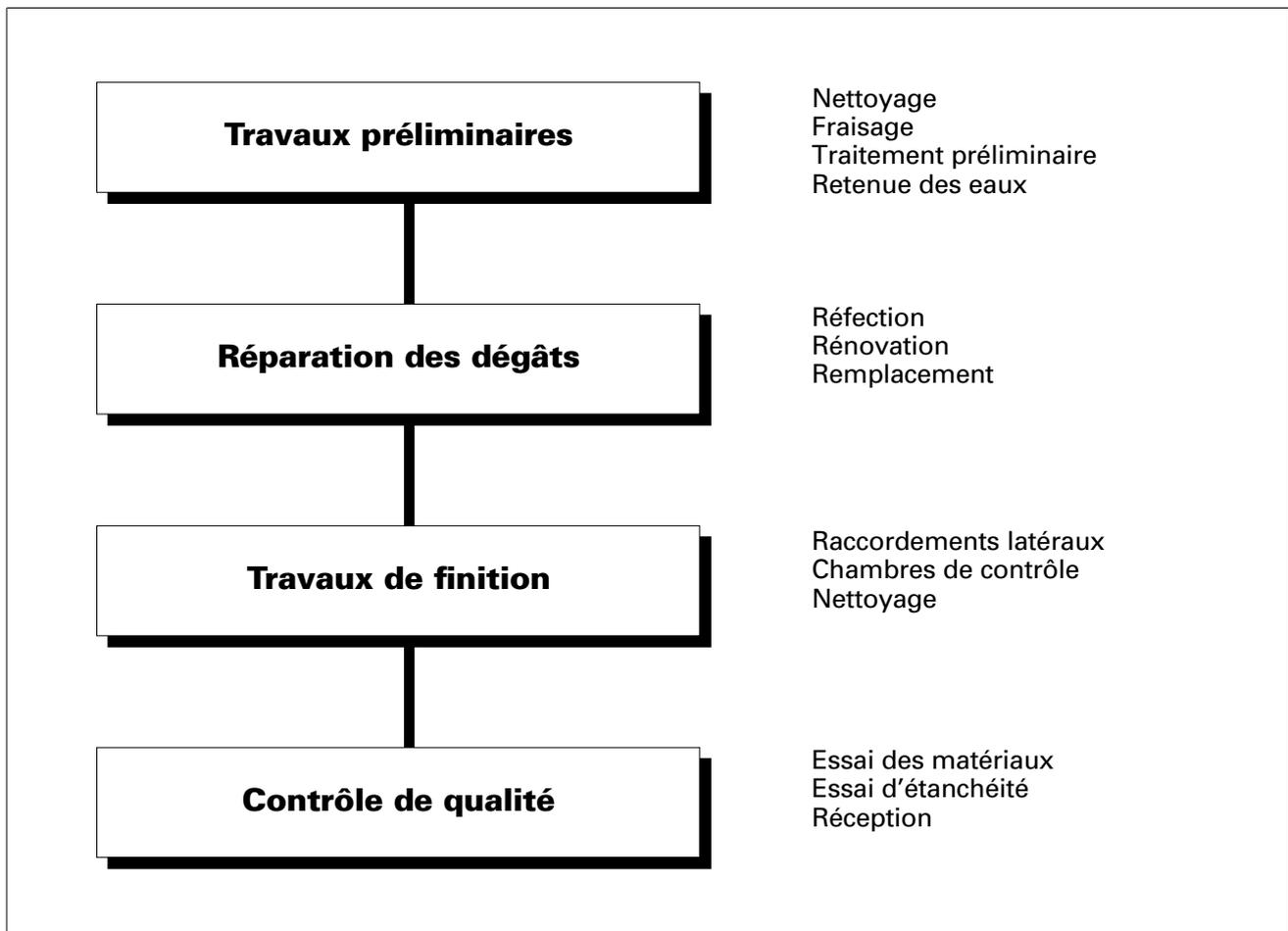


Figure 3.14: Déroulement habituel du travail pour l'exécution de mesures de remise en état.

3.5.1 Travaux préparatoires

Pour faciliter la réalisation des travaux d'entretien et de rénovation dans des canalisations non praticables, il faut prévoir toute une série de travaux préparatoires. Par exemple :

- un nettoyage consciencieux des conduites concernées ;
- la reconstitution de la section d'origine de la canalisation ;
- le traitement préliminaire des secteurs particulièrement endommagés ;
- l'installation d'un barrage de retenue des eaux.

Généralement l'ampleur des travaux préparatoires est sous-estimée. En fonction des circonstances ils peuvent cependant représenter une part non négligeable du coût total.

Nettoyage à haute pression

Pour la plupart des procédés de réfection, un nettoyage préalable à l'eau sous pression est indispensable. L'appareillage nécessaire pour ce travail est disponible aujourd'hui en de multiples variantes. On veillera cependant à ce qu'un excès de pression ou un excès d'eau n'entraîne pas une aggravation des dégâts dans les conduites nécessitant une réfection, cette aggravation pouvant même aller jusqu'à l'écroulement de tronçons de la canalisation.

Réalésage et fraisage

Le rétablissement de la section d'origine de la conduite est une condition préalable indispensable pour la remise en état des canalisations non praticables. Ceci signifie que les dépôts de sédimentation solides, les conduites de raccordement pénétrant dans la canalisation et les racines qui s'y sont développées doivent être préalablement enlevés. Deux raisons rendent ce travail préalable nécessaire : premièrement, il faut que l'outillage spécial utilisé pour les travaux ou que le matériel employé pour les procédés de chemisage puisse être introduit sur toute la longueur de la conduite sans risquer d'être abîmé ; deuxièmement, les caractéristiques hydrauliques après la réfection devraient si possible correspondre à celles d'un tuyau neuf. Ceci n'est possible que si tous les dépôts et les obstacles existants sont éliminés et que, de ce fait, la section initiale est de nouveau disponible pour l'écoulement des eaux.



Figure 3.15: Les dépôts de sédimentation solides et les raccordements pénétrant dans les canalisations doivent être éliminés avant l'exécution des travaux d'entretien et de rénovation.



Figure 3.16: Les pénétrations de racines et leur développement entraînent des travaux de maintenance plus importants.

Pour réaliser cet objectif de nombreux outillages spéciaux ont été développés ces dernières années, allant du simple outillage de forage tracté jusqu'au véritable robot de canalisation. L'aptitude des divers types de machines à résoudre les problèmes posés doit être vérifiée de cas en cas. On veillera cependant à respecter les principes généraux suivants :

- Aux endroits où les tuyaux ne sont plus dans leur position régulière, il ne faut pas que l'outillage introduit puisse pénétrer ou forer sans contrôle dans le terrain environnant.
- Une sollicitation supplémentaire sur le tuyau à remettre en état doit être évitée par des mesures appropriées. Les centrifugeuses à chaînes ne doivent être utilisées qu'avec prudence et dans des cas exceptionnels.
- Une surveillance du procédé de fraisage par caméra vidéo est souhaitable.
- Le fraisage des canalisations en matière synthétique et en fibrociment n'est pas recommandable.

Les racines qui se sont développées dans la conduite représentent un dégât largement répandu. A la recherche de l'eau, ces racines pénètrent dans la conduite aux raccords des tuyaux et aux points faibles de leurs parois ; du fait de leur croissance elles vont ensuite accroître l'ouverture à ces points faibles. Si les racines sont détruites mécaniquement, ce qui est sans autre possible avec les appareillages de forage ou par coupe-racines hydrodynamiques, le danger existe de voir la repousse des racines accélérée. Une maintenance accrue est nécessaire dans de tels cas. Des essais pour traiter les tronçons de conduites envahis par les racines avec des herbicides spécialement développés dans ce but n'ont pas donné de résultats satisfaisants, en Suisse tout au moins.

Traitement préliminaire

Lorsque des défauts ponctuels ou même plus importants sont susceptibles d'empêcher l'application impeccable d'un procédé, ils peuvent être préalablement corrigés par des mesures spécifiques.

Parmi ces mesures, on peut citer par exemple la réfection des raccordements des biens-fonds avec le robot de canalisations ou l'application d'un mortier de ciment sur radiers usés par le passage de l'eau.

Retenue des eaux

Peu de procédés se prêtent à la réparation des dégâts sans retenue des eaux, et ceci malgré les affirmations contenues dans les prospectus. Pour toutes les mesures envisagées il est alors recommandé d'examiner soigneusement :

- si une déviation des eaux est nécessaire et à partir de quel débit ;
- si de fortes infiltrations de la nappe phréatique doivent être préalablement étanchées ;
- si des raccords latéraux doivent être préalablement fermés ou déviés.

Une étude détaillée de la retenue des eaux contribue à éviter des surprises financières ultérieures.

3.5.2 Réparation des dégâts

Pour le travail principal proprement dit de réparation des dégâts, le processus est très variable en fonction du procédé choisi. Des données générales sur les techniques de construction particulières sont données au chapitre 4. Pour ceux proposés en Suisse, les descriptifs résumés du chapitre 6 donnent des indications sur les procédés d'exécution spécifiques. Au contraire des travaux conventionnels de génie civil, il faut veiller à ce que l'exécution des travaux tienne compte de certaines différences dues aux procédés de réfection des canalisations :

1. Normalement plusieurs **sociétés spécialisées** prennent part à l'exécution, comme par exemple :
 - sociétés de lavage ou de rinçage de la canalisation ;
 - sociétés avec des robots pour les travaux préparatoires et de finition ;
 - sociétés spécialisées pour la réfection de dégâts particuliers ;
 - sociétés avec caméras vidéo pour les relevés ;
 - le cas échéant entreprises de génie civil ;
 - etc.

Cette situation exige de la direction des travaux un grand travail de coordination. Il faut en particulier veiller à ce que, si possible, les différentes étapes du travail puissent se dérouler sans interruption les unes après les autres.

2. Les diverses sociétés spécialisées ne sont généralement sur place que pour de **courtes périodes**. La direction des travaux doit en conséquence assurer la surveillance du travail de manière continue.



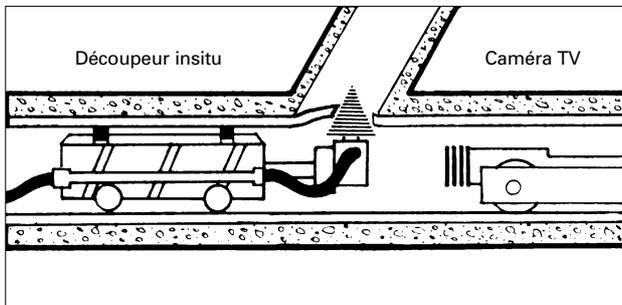


Figure 3.17: Fraissage d'un raccordement latéral au moyen d'un cutter.

3. Pendant la durée du chantier déjà, des mesures appropriées doivent permettre de fixer clairement les **responsabilités** pour les différentes étapes de travail, afin d'éviter des discussions sans fin en cas de défauts.

Cette énumération montre que les avantages de la réfection des dégâts sans fouilles, comme par exemple la faible durée des travaux ou la gêne minimale pour le trafic, doivent être compensés par un surcroît de travail dans le domaine de l'organisation. La rentabilité n'en sera pas affectée.

3.5.3 Travaux de finition

L'importance des travaux annexes est semblable à celle des travaux préliminaires. En fonction des divers procédés, les travaux de finition suivants sont à envisager :

- fraissage et étanchéité des raccordements latéraux ;
- raccordements aux chambres de contrôle ;
- nettoyage à haute pression pour la préparation de la réception de l'ouvrage.

Les travaux de finition nécessaires pour les différents procédés sont décrits dans les descriptifs du chapitre 6.

Raccordements latéraux

La réouverture des raccordements latéraux à partir de l'intérieur est un problème qui reste mal résolu pour presque tous les procédés de chemisage. La **localisation** de l'embranchement est une difficulté non négligeable. Pour les systèmes par introduction de tubes sans espace vide avec l'ancienne canalisation (par exemple U-Liner ou Nu-Pipe) ainsi que pour les procédés de chemisage par gainage, les raccords peuvent être facilement détectés car le revêtement fait une bosse à cet endroit. Avec les procédés de chemisage qui gardent avec l'ancienne canalisation un espace qui ne sera ensuite rempli par bourrage qu'ultérieurement, il est généralement nécessaire de déterminer exactement l'emplacement des raccordements latéraux.

Le fraissage est moins problématique. Il existe de nombreux robots et coupeuses qui permettent de fraiser l'ouverture souhaitée dans le revêtement, commandée à distance avec l'aide de la caméra vidéo.

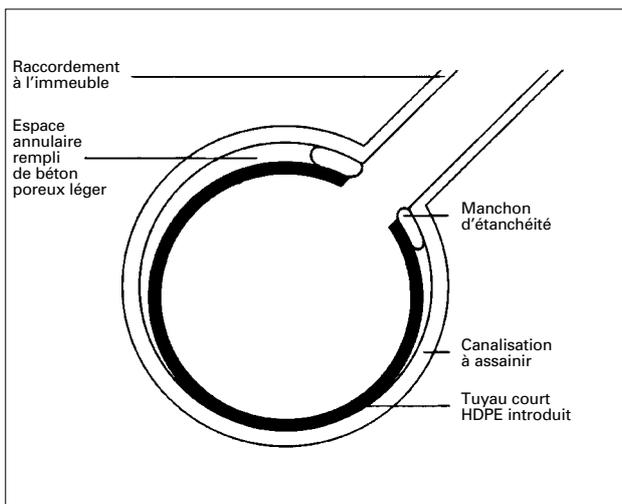


Figure 3.18: Proposition pour l'exécution d'un raccordement latéral au moyen d'un joint d'étanchéité, pour le système de chemisage par tuyau court.

Le point le plus faible du raccordement est l'exécution d'une **parfaite étanchéité** entre la canalisation principale et le raccordement latéral. Toutefois, cette opération est importante, en particulier lorsque la réfection est exécutée au-dessous du niveau de la nappe phréatique. Voici quelques solutions à ce problème :

- fraisage avec un robot de canalisations et liaison étanche par masticage ou application d'une résine synthétique à deux composants ;
- injection dans la zone du raccordement des résines synthétiques au moyen d'outillages « packer » spéciaux ;
- mise en place et collage de joints d'étanchéité préfabriqués à l'aide de robots de canalisations ou de « packer » ;
- pour les procédés de chemisage avec tuyaux courts, il est possible de mettre en place, à l'endroit du raccordement, des tuyaux de raccordement préfabriqués avec des joints d'étanchéité injectables.

Une évaluation définitive des solutions proposées n'est pour le moment guère possible. Mais la plupart des procédés ne sont pas encore fiables et tous sont chers.

Chambres de contrôle

Dans les chambres de contrôle, les travaux annexes suivants doivent quelques fois être réalisés :

- liaison étanche et adaptation du chemisage dans la zone de l'extrémité du tuyau ;
- rétablissement et adaptation de la rigole d'écoulement ;
- le cas échéant, reconstruction du cône.

L'assainissement proprement dit des chambres de contrôle, par exemple par stratification, n'est pas traité dans le cadre de cette publication.

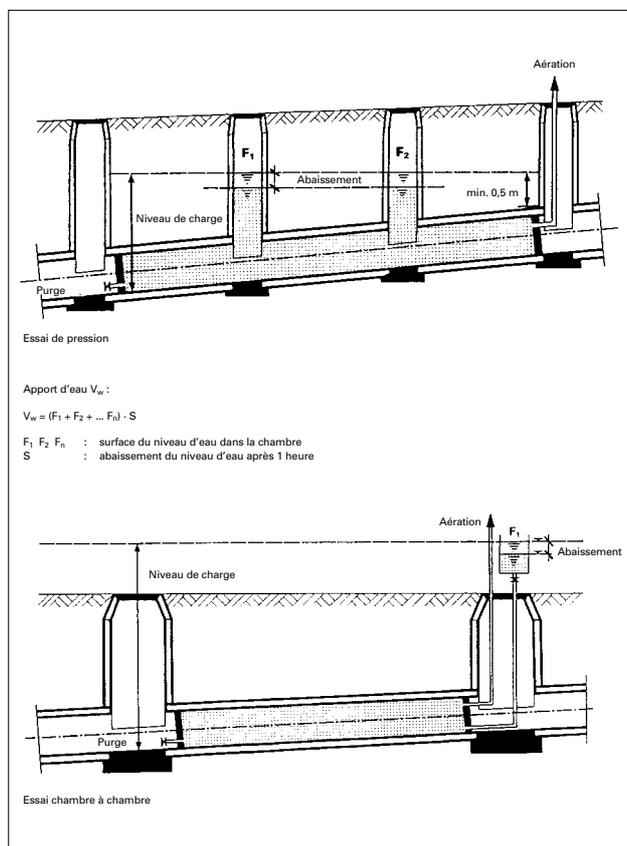


Figure 3.19: Essai d'étanchéité à l'eau selon la Recommandation SIA V 190.

3.5.4 Contrôle de qualité

Les contrôles de qualité nécessaires pendant les travaux varient fortement en fonction des procédés choisis. Il faut toujours comparer et apprécier les valeurs obtenues et les caractéristiques des matériaux de mise en œuvre avec les données du système et des matériaux contenues dans le descriptif de l'offre. D'où la nécessité d'avoir une bonne description des critères de qualité dans les documents d'adjudication.

Exemple 1

Pour des réfections ponctuelles, la qualité de l'exécution est à contrôler à l'aide de la caméra vidéo après nettoyage préalable à haute pression.

Exemple 2

Pour les chemisages par tubes rigides et par tubes spirales, on peut par exemple comparer la quantité effectivement utilisée de matériaux de bourrage avec la quantité théorique calculée. Le matériau introduit dans l'ouverture doit être apprécié en ce qui concerne sa masse volumique, son retrait et sa résistance.

Exemple 3

Pour les procédés de chemisages par gaines thermosensibles, le processus de durcissement doit pouvoir être mesuré (évolution de la température) et consigné dans un procès-verbal. Après durcissement, des échantillons représentatifs doivent être prélevés et contrôlés pour vérifier l'épaisseur de la paroi, la résistance à la flexion et le module d'élasticité.

Des essais d'étanchéité doivent impérativement être prescrits pour la réception de l'ouvrage. Les essais d'étanchéité avec de l'eau entre deux ou plusieurs chambres de contrôle sont décrits de manière détaillée au chapitre 11 de la Recommandation SIA V 190 (figure 3.19). Avec les procédés de chemisage, il est nécessaire de préciser déjà dans la soumission si les essais d'étanchéité seront à faire avant ou après l'exécution des raccordements latéraux.

L'essai partiel de tronçons de conduites de longueur limitée peut être exécuté soit avec des « packer », soit avec des outillages de contrôle pneumatique développés récemment.

Contrairement à d'autres pays tels que l'Autriche, la Suède ou les USA, le contrôle de l'étanchéité à l'air n'est pas normalisé en Suisse. Il offre les avantages suivants:

- exécution rapide et simple;
- pression indépendante de la pente de la canalisation;
- normalement aucun pompage des eaux résiduelles n'est nécessaire (retenue d'eau).

Par contre il faut prendre en compte les désavantages suivants:

- aucune corrélation n'existe entre l'essai normalisé avec l'eau et les essais avec l'air;
- du fait de la compressibilité, un risque d'accident plus élevé existe avec les essais à l'air.

Pour les canalisations non praticables, la Recommandation SIA V 190 prescrit l'exécution d'un examen final avec la caméra vidéo avant la réception de l'ouvrage. Le rapport d'examen sert simultanément de base pour la mise à jour du plan cadastral de la canalisation.

ASTM C 828-90V:
Practice for low Pressure
Air Test of Vitrified Clay
Pipelines (4 to 12 in.).
American Society of Testing and Materials
Philadelphia 1990

Figure 3.20: Norme USA pour l'essai d'étanchéité à l'air comprimé.

4. Procédés techniques

4.1	Généralités	55
<hr/>		
4.2	Réfection	58
4.2.1	Procédés de réparation	59
4.2.2	Procédés d'injection	61
4.2.3	Procédés d'étanchement	61
<hr/>		
4.3	Rénovation	62
4.3.1	Procédés de revêtement	63
4.3.2	Procédés de chemisage (relining)	65
4.3.3	Procédés de montage	70
<hr/>		
4.4	Remplacement	70
4.4.1	Remplacement à ciel ouvert	70
4.4.2	Remplacement en souterrain	70

4. Procédés techniques

4.1 Généralités

Pour la description des techniques constructives disponibles dans le domaine des canalisations non praticables, on se réfère à la fiche technique valable en Allemagne M 143 «Inspection, réfection et renouvellement des canalisations et des conduites d'évacuation des eaux (Inspektion, Instandsetzung und Erneuerung von Entwässerungskanälen und -leitungen)» de la «Abwassertechnische Vereinigung e.V. (ATV)» qui utilisent les trois notions de réfection, d'assainissement et de renouvellement. Dans cette publication, les termes utilisés qui concordent en grande partie avec ceux du projet de norme SIA 169 «Conservation des ouvrages», actuellement en consultation, sont les suivants :

Réfection – Rénovation – Remplacement.

Ces trois notions sont explicitées dans les paragraphes suivants.

Pour les canalisations praticables avec des diamètres intérieurs de 800 mm et plus, les méthodes de construction conventionnelles peuvent être largement utilisées pour les travaux de réfection et de rénovation.

Pour les canalisations non praticables d'un diamètre inférieur à 800 mm, il faut par contre utiliser des techniques de construction spécialement développées pour la réfection des dégâts (figure 4.1). Actuellement le marché suisse dans ce domaine offre plus de trente techniques différentes, mais c'est seulement pour quelques-uns de ces procédés que l'on dispose d'un recul supérieur à 10 ans. Il manque ainsi des expériences à long terme qui permettraient d'avoir un recul suffisant pour juger de leur valeur. Quelques-uns des procédés proposés ne sont pour le moment encore qu'en phase d'essai.

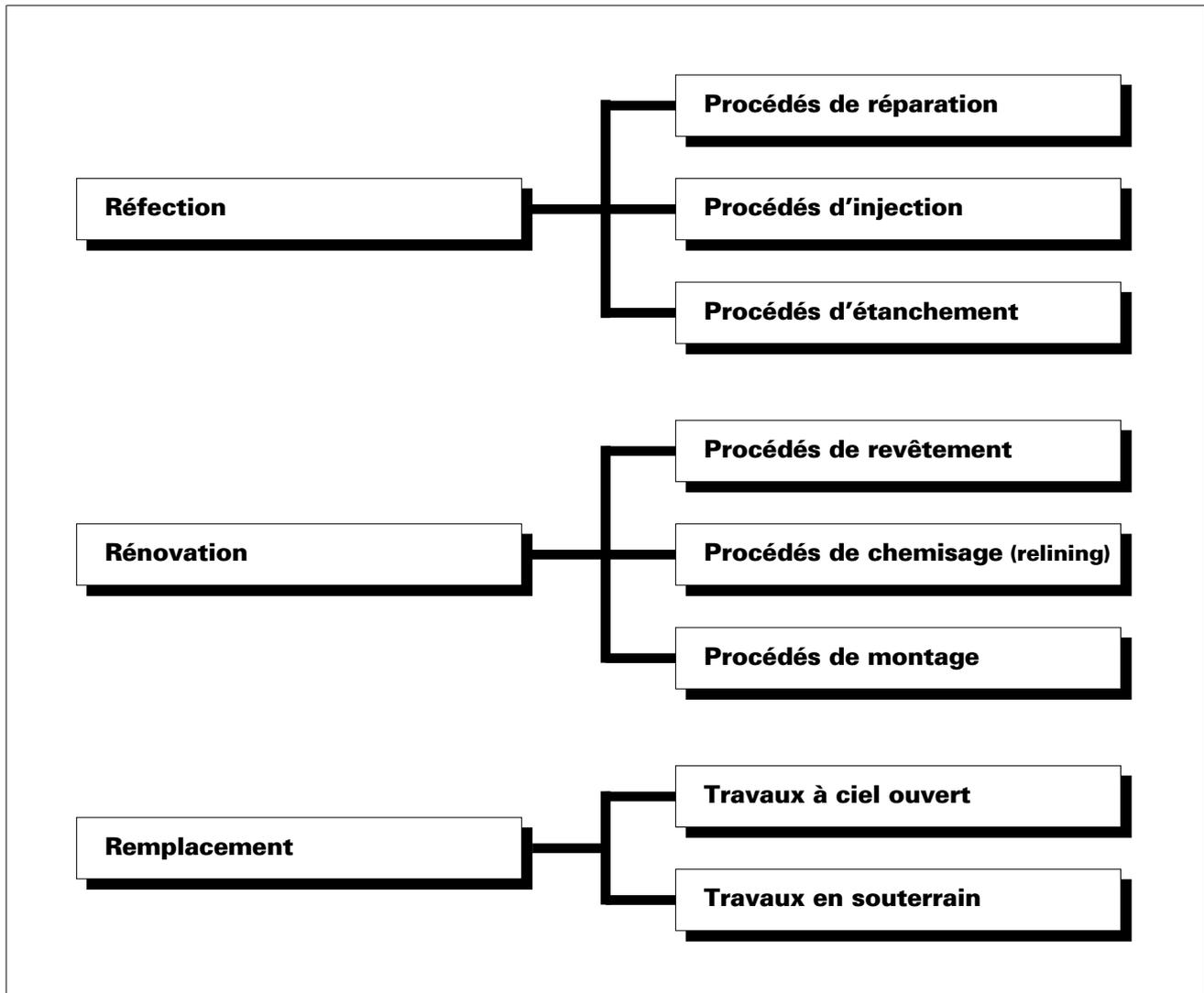


Figure 4.1: Classement des procédés pour la réparation des dégâts, en référence à la fiche technique ATV M143.

La Directive VSA «*Unterhalt von Kanalisationen*» donne une vue d'ensemble sommaire sur les procédés offerts actuellement et attire l'attention au chapitre 8.2.1 «*Allgemeine Hinweise*» sur les points suivants auxquels il faut veiller pour l'application de ces procédés:

- état de la technique;
- participation de professionnels du domaine des canalisations et de sociétés spécialisées;
- critères pour le choix du procédé de réfection;
- raccordements aux conduites d'évacuation des eaux des biens-fonds;
- travaux préparatoires.

Les procédés actuellement disponibles en Suisse sont présentés au chapitre 5 de la présente publication.

Le domaine de l'évacuation des eaux des biens-fonds est un problème qui cause de plus en plus de soucis. Ceci pour deux raisons:

1. Bien que la part du coût des constructions des évacuations des eaux des biens-fonds soit petite par rapport à celle du réseau total, c'est elle qui provoque la majeure partie des afflux d'eaux étrangères du fait de leur mauvais état d'entretien. De plus, les canalisations d'évacuation des eaux des biens-fonds défectueuses peuvent laisser pénétrer des eaux usées dans le sol et, le cas échéant, dans la nappe phréatique.
2. Comme mentionné plus haut, les raccordements de canalisations existantes d'évacuation des eaux des biens-fonds aux canalisations principales rénovées restent un point faible de tous les procédés de réfection proposés.

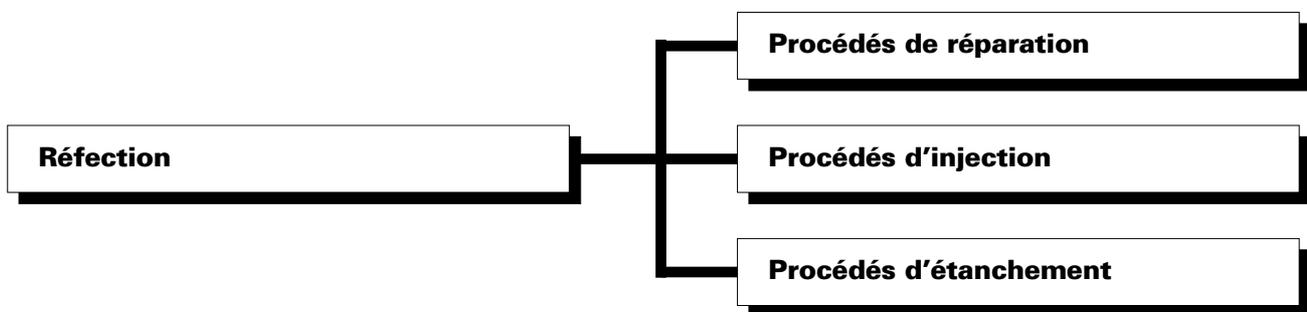
Du fait de sa complexité, le problème de l'évacuation des eaux des biens-fonds n'est traité que de manière incomplète dans les descriptifs des procédés qui suivent.



Figure 4.2: La directive VSA «*Unterhalt von Kanalisationen*» donne des renseignements pour la mise en œuvre des procédés de réfection et de rénovation (n'existe qu'en allemand).

4.2 Réfection

Par réfection on entend les mesures prises pour reconstituer l'état initial de la canalisation. Généralement il s'agit de traiter des dégâts de surfaces limitées, apparus dans la canalisation du fait du vieillissement et de l'usure. On différencie les groupes de procédés suivants :



Procédés de réparation

- Système KA-TE
- Système SikaRobot
- Procédé PIN
- KRT-Flex Procédé Part-Lining
- PEKA-Tech Robot-Système
- Kanaltec EL 300/600

Procédés d'injection

- PENETRYN
- POSATRYN
- TELEGROUT
- PENETRYN SNAKE
- Système Janssen
- PEKA-Tech Système d'injection

Figure 4.3: Procédés de réfection décrits de manière détaillée au chapitre 6 « Descriptif des procédés de réfection et de rénovation disponibles ».

4.2.1 Procédés de réparation

Depuis 1980, différents types de **robots de canalisations** sont utilisés pour la réparation de dégâts de surfaces limitées. Depuis, ce genre de procédé a pris une importance sans cesse croissante. Le domaine d'application couvre un large éventail et permet entre autres également d'exécuter de nombreux travaux préliminaires ou de finition lors de la rénovation de canalisations selon le procédé de chemisage.

Par la chambre de contrôle la plus proche, les robots sont introduits dans le tronçon de canalisation défectueux et dirigés à l'endroit des défauts localisés par l'opérateur, à partir du véhicule de commande et à l'aide de la caméra vidéo. La réfection des dégâts est faite avec des outillages spéciaux qui sont capables d'exécuter les étapes de travail les plus diverses telles que fraisage, forage, injection, masticage, ponçage et autres. Les procédés des divers fournisseurs se différencient par la conception des robots (système modulaire, divers types de robots) ainsi que par les matériaux utilisés pour les réparations et leur mode d'application (bourrage, masticage).

En principe il n'en résulte aucune réduction de la section pour la canalisation. En fonction du procédé de travail et du débit d'eau, l'écoulement des eaux doit éventuellement être détourné.

Des systèmes permettant de stabiliser des tronçons de conduites affaiblis et de longueur limitée par un revêtement intérieur sous forme de **manchons** appartiennent également aux procédés de réparation. Pour ce faire des « packer » spéciaux permettent de placer à l'endroit des dégâts des manchons de fibres de verre imbibés de résine synthétique et de les faire durcir dans cette position.

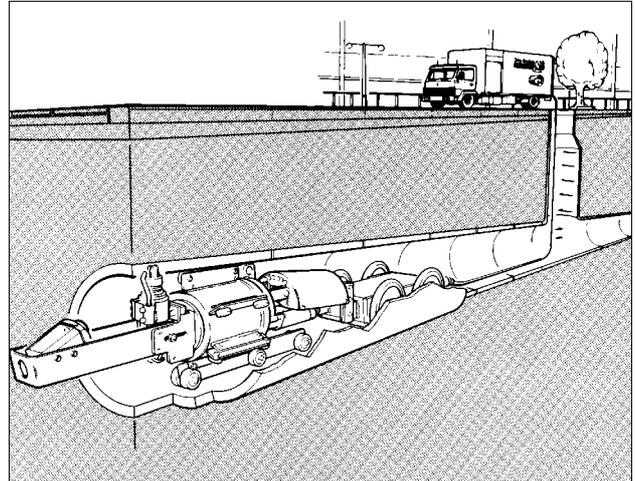


Figure 4.4: Réparation au moyen du robot de canalisations.

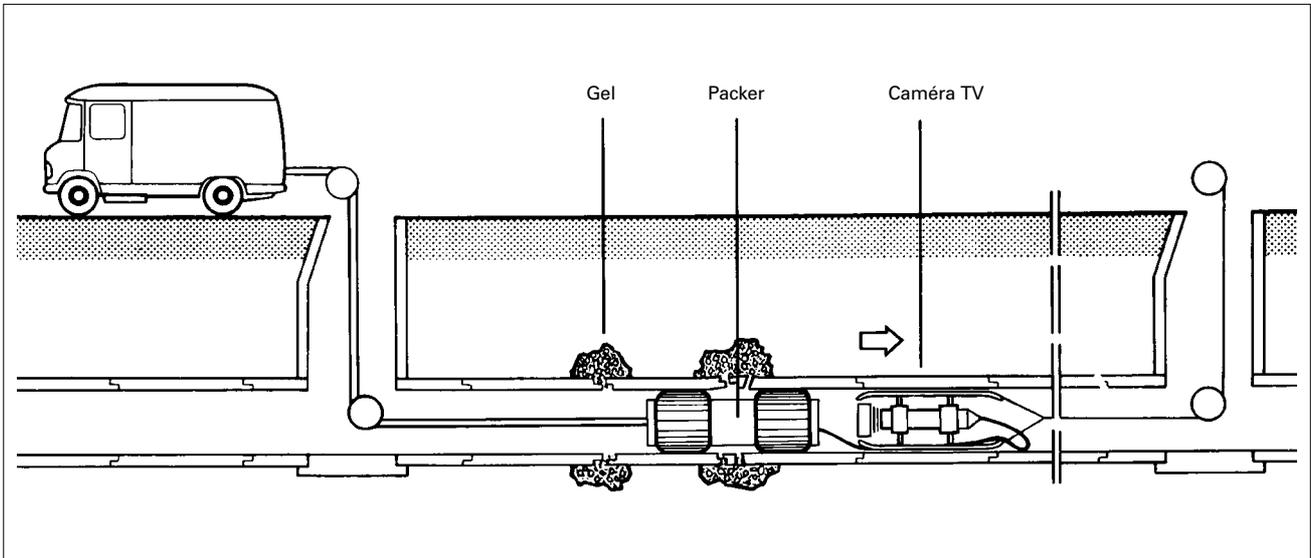


Figure 4.5: Etanchement des emboîtements au moyen d'un packer et de gel acrylique (CUES).

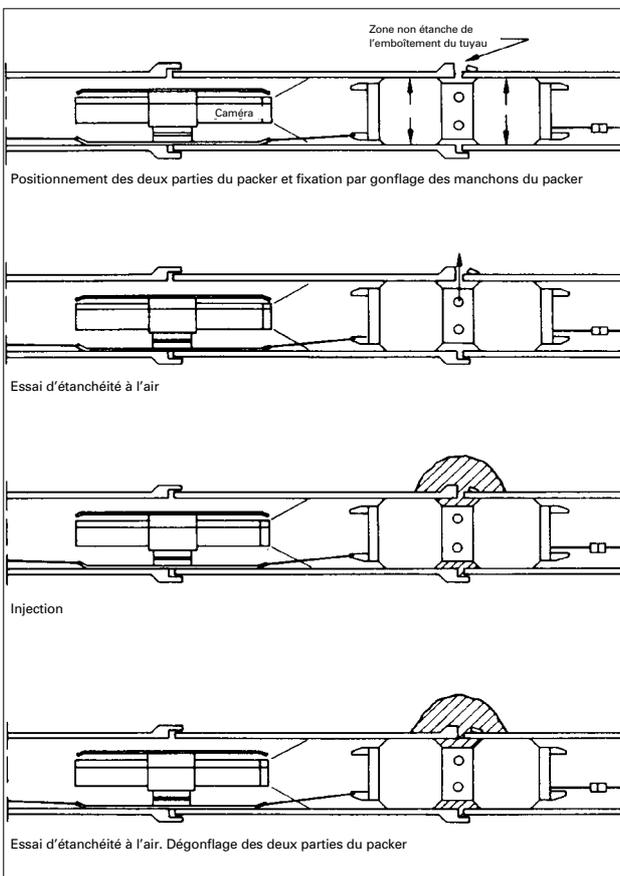


Figure 4.6: Packer d'injection pour différents diamètres et formes de conduites.

Figure 4.7: Déroulement des opérations du procédé PENETRYN/POSATRYN.

4.2.2 Procédés d'injection

Les procédés d'injection utilisés actuellement servent presque exclusivement à la réparation de défauts d'étanchéité bien localisés, tels ceux qui sont fréquemment observés dans les zones des emboîtements ou lors de l'apparition de fissures transversales. L'étanchéité est exécutée avec des outillages spéciaux, dénommés « **packer** », constitués de deux manchons d'étanchéité gonflables et d'une partie centrale rigide ou flexible. Cet outillage est amené à l'endroit du dégât à l'aide d'une caméra vidéo. Après un essai d'étanchéité préalable, une résine synthétique est appliquée sur les zones non étanches au même stade du travail. Après achèvement de ce travail, l'étanchéité de la zone défectueuse est à nouveau contrôlée sans que la position du « packer » ne soit modifiée. La réparation de l'étanchéité avec le packer n'entraîne pas de réduction de la section. Généralement la déviation ou la retenue des eaux de la canalisation n'est pas absolument nécessaire.

Les procédés proposés se différencient principalement par les modèles de « packer » utilisés et par les résines synthétiques appliquées. Généralement les produits d'injection utilisés sont à base de résines acryliques ou de polyuréthane qui polymérisent sous forme de gel élastique.

Des modèles spéciaux de packer permettent également l'étanchement de conduites d'évacuation des eaux des biens-fonds sur toute leur longueur.

L'étanchement avec des « packer » et des résines synthétiques à deux composants est appliqué sur une grande échelle en Suisse avec de bons résultats depuis 1972. Le recul actuellement constaté de ces applications s'explique principalement par les deux raisons suivantes :

1. Les discussions au sujet de la compatibilité avec l'environnement – en particulier lors d'applications dans les zones de protection des eaux – ont provoqué une certaine insécurité auprès des mandants. Actuellement les entreprises sont cependant capables de proposer des produits dont la compatibilité avec l'environnement est assurée (par exemple en remplaçant les résines d'urée acrylique par de l'acrylate et du polyuréthane). De plus, l'amélioration technique des machines permet d'éviter que les composants séparés puissent pénétrer dans le terrain ou dans la nappe phréatique.

2. Le procédé a été utilisé comme un remède universel dans des situations pour lesquelles il n'était pas adéquat. L'étanchement avec des résines synthétiques à deux composants, tels les gels acryliques, est une mesure de réparation et en aucun cas une mesure de rénovation.

Comme jusqu'ici, leur mise en œuvre reste cependant techniquement et économiquement valable dans le domaine de l'entretien lorsque, entre autres, les conditions spécifiques suivantes sont assurées :

- absence de défauts de la résistance statique des tuyaux ;
- pas de courant important pour les eaux souterraines ;
- application de produits non préjudiciables pour l'environnement ;
- contrôle et étanchement de tous les emboîtements d'un tronçon de canalisation ;
- surveillance périodique.

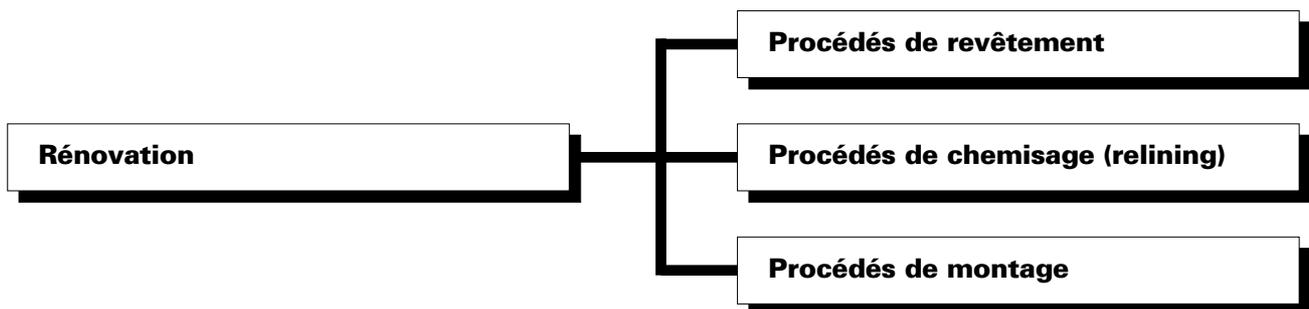
A côté des systèmes « packer », des **procédés par colmatage** sont offerts sur le marché. Pour ces procédés, dont l'application est problématique, la technique consiste à isoler des tronçons de canalisations entiers et à les remplir successivement avec les composants du produit d'injection. Les deux composants s'écoulent l'un après l'autre, au travers des points non étanches, dans le terrain où ils forment un gel durci et étanche.

4.2.3 Procédés d'étanchement

L'étanchement au moyen de manchons rétractables depuis l'extérieur, de même que depuis l'intérieur, avec des produits étanches ou avec des manchons d'étanchéité s'appliquent exclusivement aux canalisations de distribution (eau et gaz). La réparation de l'étanchéité des canalisations par des traitements des surfaces et par l'application de produits divers se limite au domaine des canalisations praticables.

4.3 Rénovation

On comprend par travaux de rénovation des mesures de reconstitution de l'état souhaité pour des canalisations défectueuses en apportant des modifications techniques mais en conservant le matériau d'origine, c'est-à-dire en intégrant les tuyaux existants. L'objectif des travaux est d'obtenir une conduite dont la capacité et la durabilité correspondent approximativement à celles d'une conduite neuve. Les travaux de rénovation s'imposent dans le cas de dégâts localisés mais se répétant fréquemment ou pour des défauts répartis sur toute la longueur de la conduite. On distingue les groupes de procédés suivants :



Procédés de revêtement

- ELIT-OR

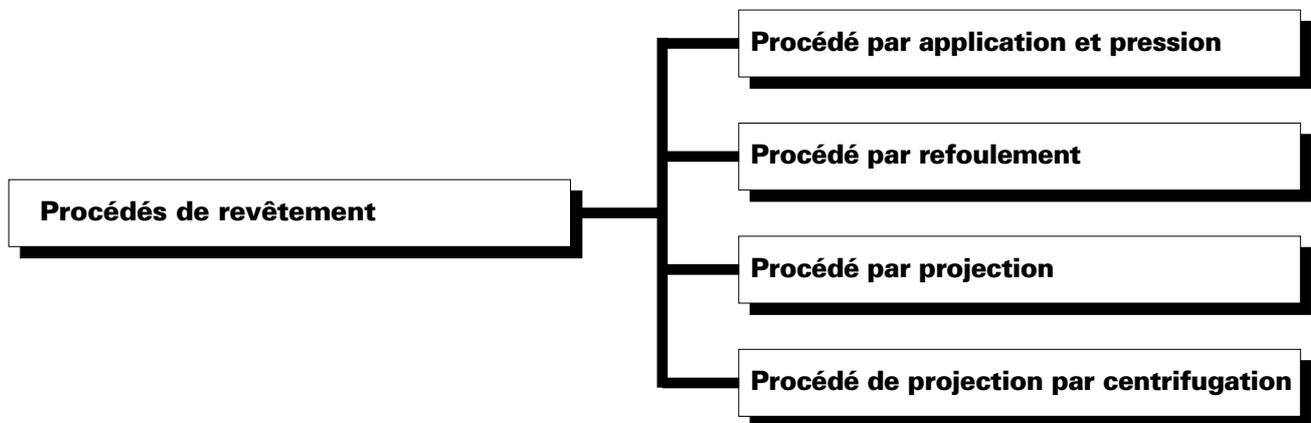
Procédés de chemisage (relining)

- U-Liner
- NuPipe
- RIB-LOC
- Système ERSAG SR
- INSITUFORM-Relining
- INSITU-Lining
- Système Flex-KRT
- KM-Inliner
- PHOENIX-Relining
- SOFTLINING
- Sika RoboLiner 10
- Sika RoboLiner 20
- COMPACT PIPE

Figure 4.8: Procédés de rénovation décrits de manière détaillée au chapitre 6 « Descriptif des procédés de réfection et de rénovation disponibles ».

4.3.1 Procédés de revêtement

Les divers procédés de revêtement se différencient par l'épaisseur de la couche, le matériau du revêtement et la manière d'appliquer le revêtement. Pour le revêtement de canalisations non praticables, le **procédé de projection par centrifugation** est au premier plan.



Jusque dans les années 80, on a revêtu en Suisse les canalisations avec des mortiers de ciment en épaisseurs de un à cinq millimètres (figure 4.9). Ce procédé, qui comporte de nombreux défauts, a été évincé presque complètement dans le domaine des canalisations par les différents procédés de chemisage.

Entre-temps, divers efforts ont été entrepris pour revêtir les canalisations de résines synthétiques comme, par exemple, du polyuréthane non expansé. Par un procédé de centrifugation, celui-ci est appliqué en couche d'une épaisseur de 6 à 10 millimètres. On ne dispose pas d'expériences de longue durée pour de tels procédés.

Tous les procédés de revêtement réduisent le diamètre nominal du double de l'épaisseur de la couche. Pendant les phases d'application du revêtement et de durcissement, les eaux de la canalisation doivent dans tous les cas être déviées. Après exécution du revêtement, les raccordements des évacuations des eaux des biens-fonds doivent être soigneusement reconstitués de l'intérieur ou de l'extérieur.

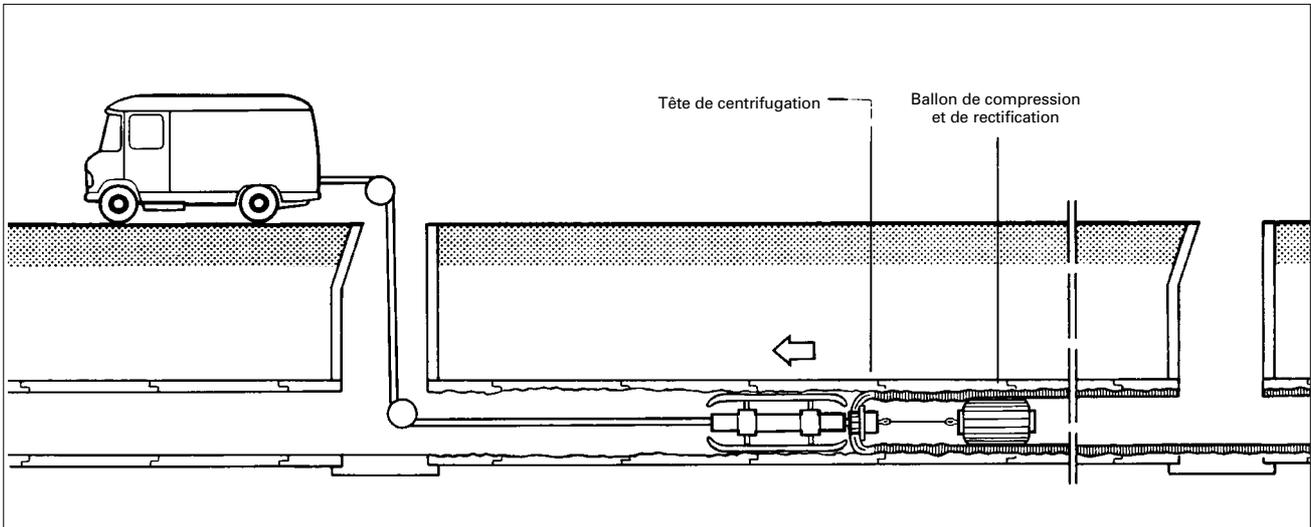
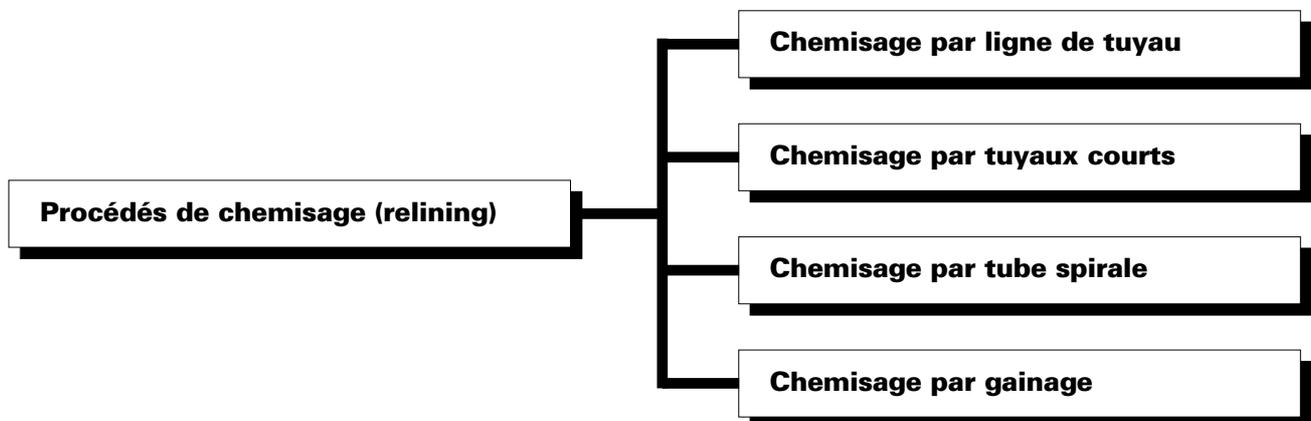


Figure 4.9: Revêtement en mortier de ciment.

4.3.2 Procédés de chemisage (relining)

Par chemisage on désigne l'introduction dans les canalisations existantes de tuyaux découpés en tronçons plus ou moins longs. Il peut s'agir de tuyaux produits par des procédés particuliers soit en usine, soit sur place.

Avec tous les procédés de chemisage il faut tenir compte d'une réduction de la section plus ou moins importante. Pendant les travaux de chemisage, les eaux de la canalisation doivent en principe être déviées. Le raccordement des évacuations des eaux des biens-fonds après les travaux sur la conduite principale est un point faible de tous les procédés proposés. Les raccordements doivent soit être excavés et exécutés à neuf depuis l'extérieur, soit fraisés depuis l'intérieur et étanchés avec des mesures appropriées. Les divers procédés de chemisage forment les groupes suivants :



Pour la plus ancienne forme de chemisage – connue sous la désignation **chemisage par ligne de tuyau** ou slip-relining – le tronçon de conduite endommagé est remis en état en tirant un boyau de longueur correspondante, constitué de tuyaux de matière synthétique produit en usine et soudé entre eux (figure 4.10). Pour l'introduction de la ligne de tuyau, une fouille est nécessaire, dont les dimensions sont fixées par le diamètre du tuyau et par la profondeur de pose. L'espace entre le revêtement et la conduite existante doit être complété avec des matériaux de remplissage à durcissement hydraulique, spécialement développés pour cet usage.

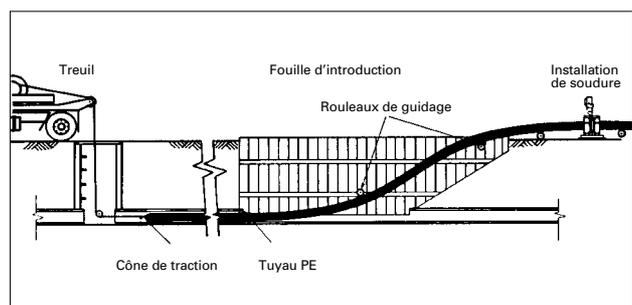


Figure 4.10: Introduction du tuyau lors du chemisage par ligne de tube.

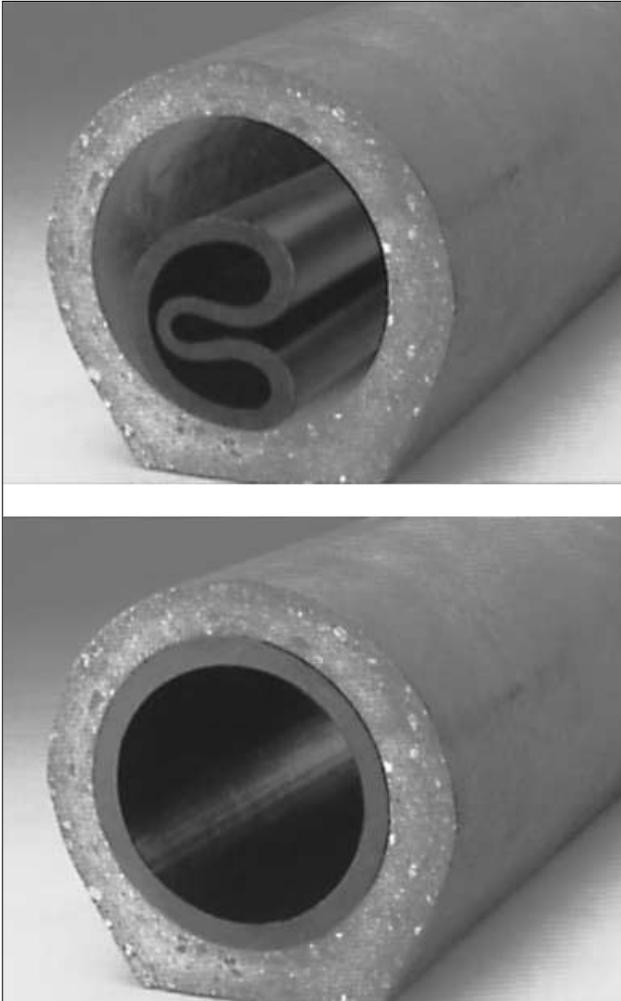


Figure 4.11: Chemisage par le procédé de déformation.
Tube PE avant et après expansion

Divers nouveaux développements permettent d'éviter la présence de cet espace vide grâce à la déformation de la section du tube en matière synthétique avant l'introduction. La section finale n'est réalisée avec ce système « close-fit » ou **procédé par déformation** qu'après la mise en place et au moyen de vapeur sous pression et/ou d'un outil de calibrage. Le revêtement épouse ainsi la paroi du tuyau existant. La réduction de la section est minimale.

Avec le **chemisage par tuyau court** on introduit dans la canalisation à rénover, par traction ou par poussée, des tuyaux en matière synthétique dont la longueur est inférieure à un mètre (figure 4.12). La liaison des tuyaux les uns avec les autres est obtenue par des manchons d'accouplement à connecteur, à vis ou à soudure. Le procédé de mise en place peut être exécuté à partir des chambres de contrôle existantes. Comme pour le chemisage par ligne de tube, l'espace vide autour du tube doit être rempli avec un matériau spécial.

Avec le **chemisage par tube spirale**, un profil nervuré et sans fin en matière synthétique est introduit dans la chambre de contrôle pour y être façonné en spirale, formant ainsi un tuyau circulaire qui est poussé dans le tronçon à rénover (figure 4.13). Les liaisons des spires du tuyau entre elles sont exécutées par des assemblages à enclenchement automatique, rendus étanches par collage ou soudage à froid ou à chaud. Pour terminer, l'espace vide entre le tube spirale et la conduite existante doit être rempli.

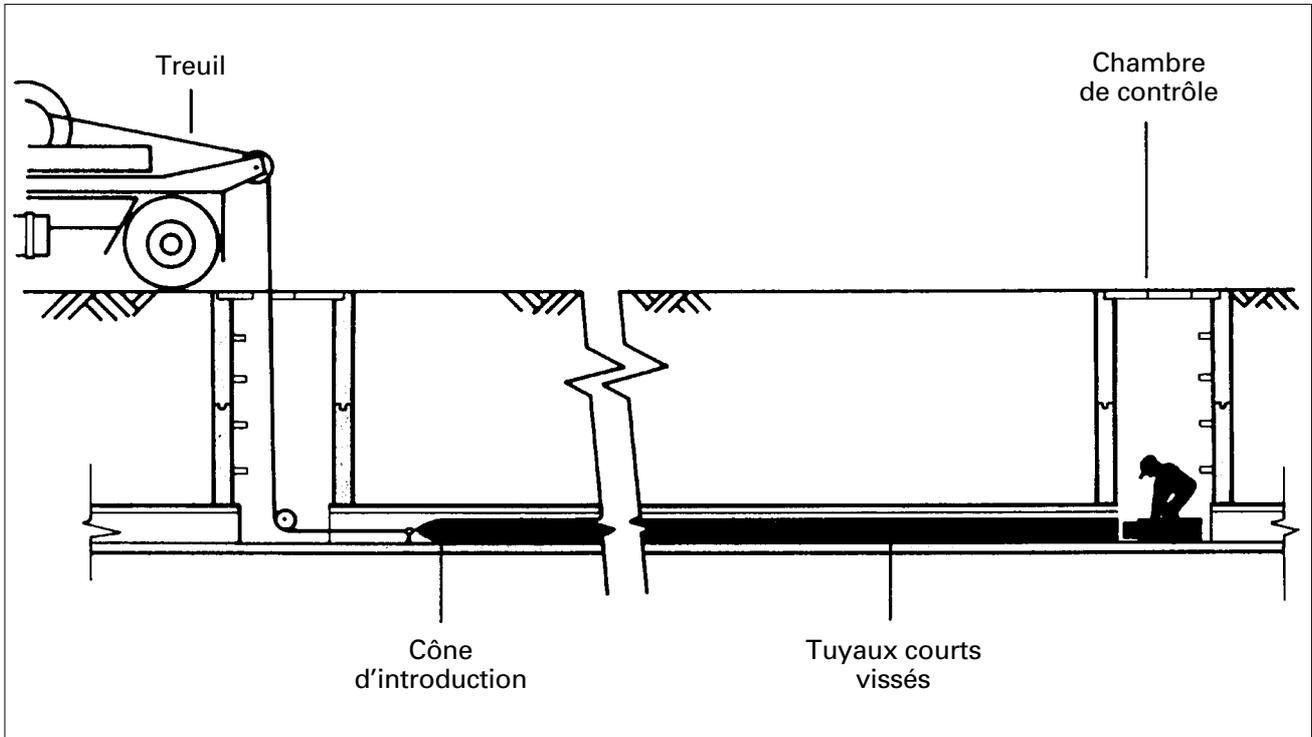


Figure 4.12: Introduction de tuyaux courts à raccords par joints à manchons vissés.

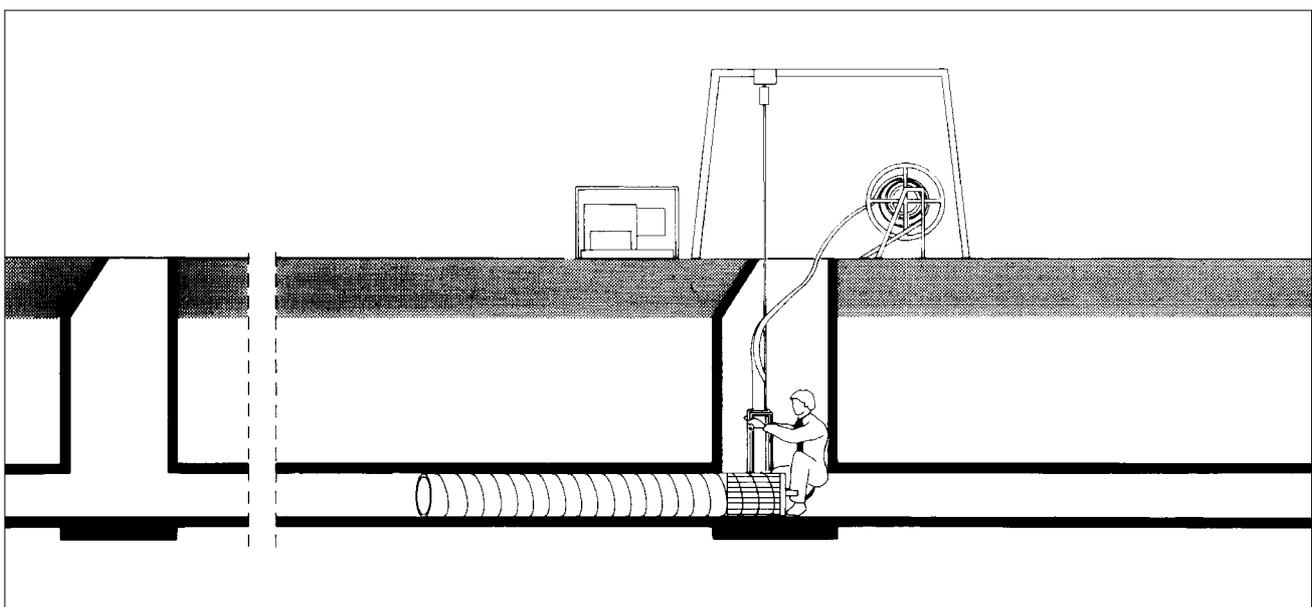


Figure 4.13: Enroulement et poussage du tube spirale pour le chemisage par tube spirale.

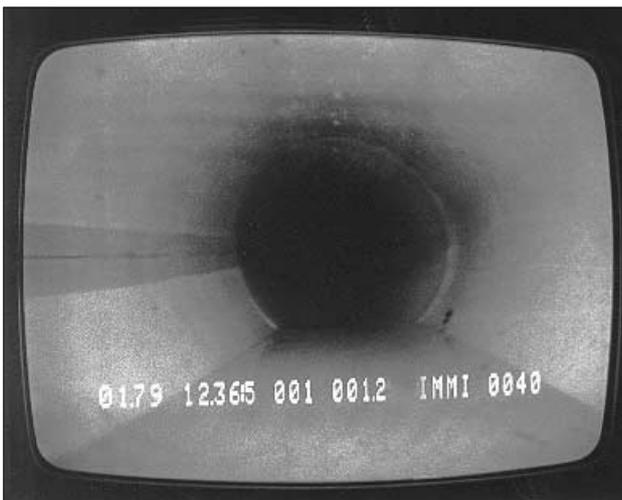


Figure 4.14: Canalisation DN 400 mm avant et après exécution d'un revêtement par chemisage par gainage (exécution janvier 1979).

Contrairement aux procédés mentionnés de chemisage par tuyau, pour lesquels on utilise des matériaux déjà polymérisés en usine, le procédé de **chemisage par gainage** produit le tuyau sur place (in situ). Pour ce faire, on introduit par une chambre de contrôle dans la conduite à rénover une trame porteuse en feutre, en voile de verre ou en tissu de verre préalablement imbibée avec une résine synthétique. Une fois en place, on la met sous pression et elle forme un tuyau autoportant, après durcissement. Ceci permet de réaliser un revêtement sans raccordement et appuyé sans espace vide contre les parois du tube existant. Le profil d'écoulement n'est réduit que de manière insignifiante.

Les procédés offerts se différencient par les caractéristiques suivantes :

Matériaux:	feutres tissés et polyester, feutre acrylique, voile de verre et tissu de verre avec des résines synthétiques telles que des polyesters, des époxy ou des vinyl-esters.
Mise en place:	par inversion (emboutissement) ou traction et évasement de la gaine.
Mise en pression:	par air, par vapeur, par eau.
Durcissement:	au moyen d'eau chaude, de vapeur, de chauffage à résistance électrique ou par rayons UV.

Quelques-uns des procédés proposés peuvent également être appliqués pour la rénovation des évacuations des eaux des biens-fonds.

Avec le chemisage par gainage, la diminution de la section reste minimale; elle correspond au double de l'épaisseur de la paroi du revêtement. Pendant les processus de mise en place et de durcissement, la canalisation doit être vidée par pompage. Le nouveau raccordement des canalisations d'évacuation des eaux des biens-fonds est exécuté généralement par fraisage et ajustage avec des robots de canalisations. Dans ce domaine, le raccordement entre la canalisation principale et l'évacuation des eaux des biens-fonds pose un problème, surtout lorsque les conduites sont toutes ou en partie à un niveau inférieur à celui de la nappe phréatique. Dans de tels cas, il est indispensable que la liaison avec les raccords latéraux soit exécutée de manière absolument étanche.

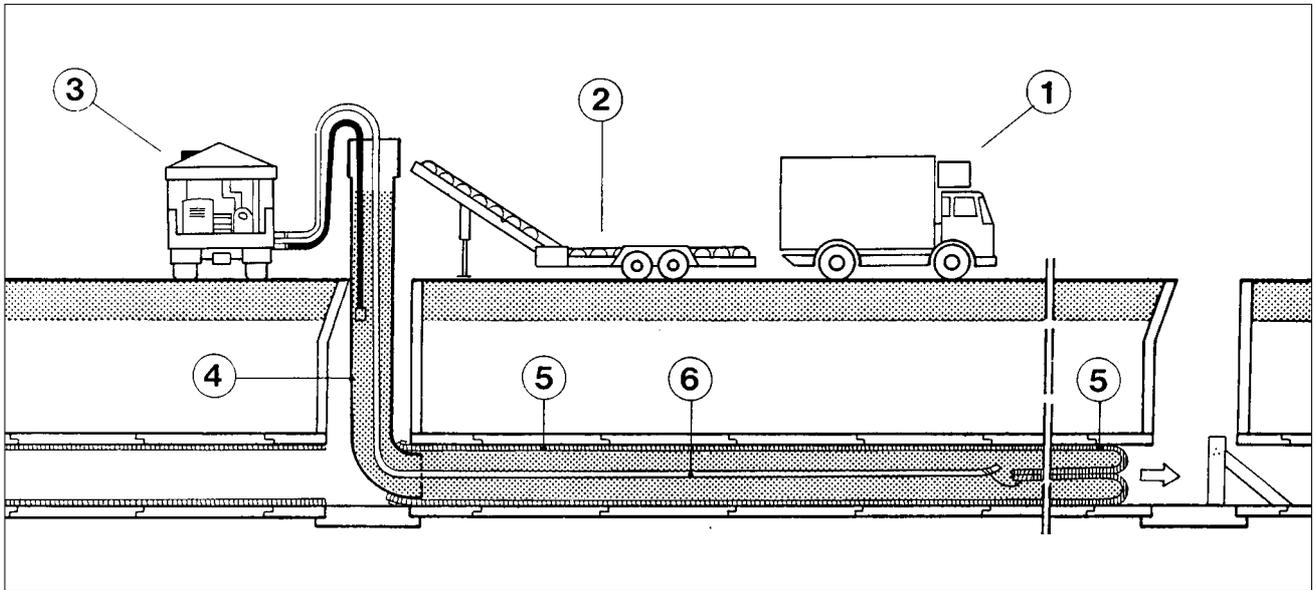


Figure 4.15: Chemisage par gainage en procédé par inversion avec camion frigorifique (1), tapis roulant (2), pompe et chaufferie (3), tuyau d'inversion (4), gaine imprégnée de résine (5) et amenée d'eau chaude (6).

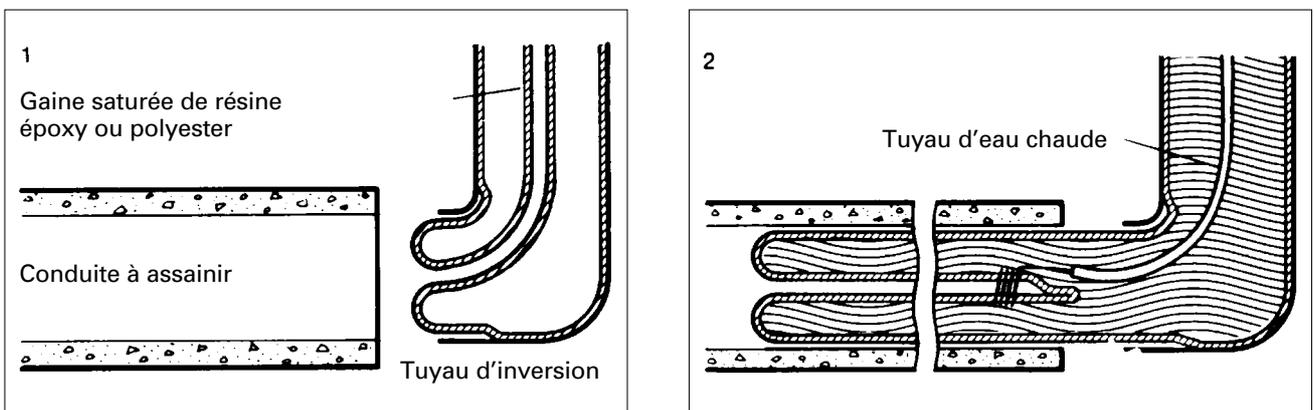


Figure 4.16: Préparation du processus d'inversion par remplissage du tuyau d'inversion avec de l'eau.

4.3.3 Procédés de montage

Le revêtement des canalisations avec le procédé de montage est réservé aux sections praticables. Ce procédé consiste à revêtir le tronçon de canal à rénover avec des éléments préfabriqués. Ces éléments peuvent être appliqués sur toute la section en revêtement complet ou uniquement sur les zones dégradées, en revêtement partiel.

4.4 Remplacement

Par remplacement on entend des mesures qui permettent à un tronçon de conduite construit à neuf de reprendre les fonctions de l'ancienne canalisation défectueuse. Ces travaux peuvent être exécutés à ciel ouvert ou en souterrain.

4.4.1 Remplacement à ciel ouvert

Le renouvellement à ciel ouvert, c'est-à-dire en exécutant une fouille le long de la conduite, correspond à une construction neuve traditionnelle et n'est pas traité plus en détail ci-après.

4.4.2 Remplacement en souterrain

Le remplacement en souterrain peut se faire soit à l'endroit de la conduite existante, soit comme une construction neuve avec un nouveau tracé pour la conduite.

Avec le procédé de **chemisage par expansion**, un corps de refoulement est tiré à l'intérieur du tronçon de conduite défectueux à l'aide d'un câble (figure 4.17). Cet élément provoque la démolition du tuyau existant, son élargissement et, au même stade du travail, une nouvelle conduite est tirée dans l'ancienne avec un diamètre nominal égal ou supérieur. Le procédé par expansion peut être exécuté de manière statique ou dynamique.

L'application de cette technique dans les canalisations est limitée aux tuyaux en grès ou en béton non armé qui ne sont pas ou pas complètement enrobés dans du béton. Une distance de sécurité suffisante doit être respectée par rapport aux conduites

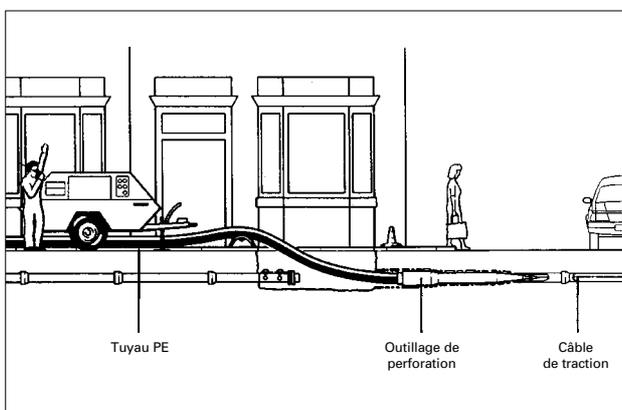


Figure 4.17: Remplacement par traction d'un tuyau avec le procédé de chemisage par expansion.

d'évacuation ou d'alimentation parallèles ou transversales. Les raccordements aux évacuations des eaux des biens-fonds doivent être excavés et exécutés à neuf à ciel ouvert.

Le **procédé par abattement** est un autre procédé qui permet d'utiliser le tronçon de conduite défectueux. Connu également sous les désignations « relining » par fraisage ou « pipe-eating », il permet de maintenir ou, le cas échéant, également d'augmenter la section du tube. A la place de l'élément d'expansion on utilise des machines de percement commandées à distance, comme celles des procédés de micro-tunnels. Dans ce cas, le tube existant

sert de guidage pour la machine. Les raccordements aux évacuations des eaux des biens-fonds doivent être excavés et exécutés à neuf.

A l'aide du **procédé par microtunnel**, les canalisations défectueuses peuvent être remplacées par des canalisations neuves en empruntant de nouveaux tracés. A partir d'une fouille de départ, un tuyau de protection ou un tuyau fini est poussé dans la direction d'une fouille d'arrivée, dirigé par commande à distance (figure 4.18). Les systèmes particuliers se différencient principalement par la manière dont le tuyau est poussé (tube-pilote, pousse-tube et procédé d'excavation avec bouclier).

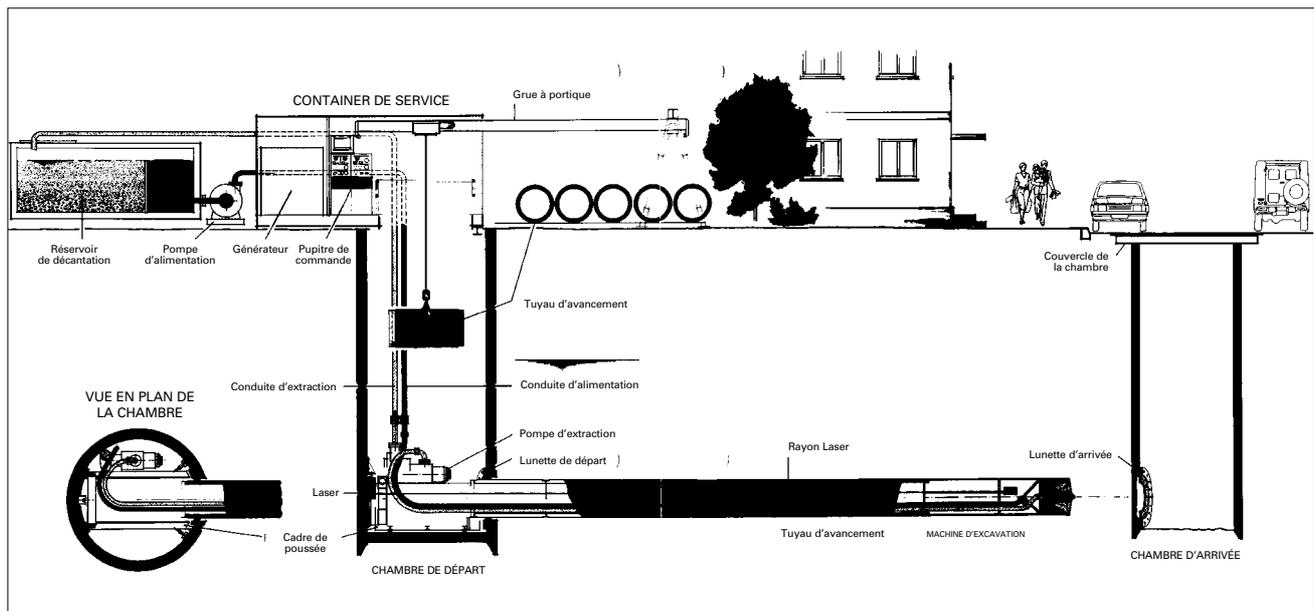


Figure 4.18: Le microprocesseur permet de réaliser le remplacement des canalisations en souterrain sur de nouveaux tracés.

5. Choix des procédés

5.1	Marche à suivre	75
5.2	Rentabilité	78

5. Choix des procédés

5.1 Marche à suivre

Pour la réfection des dégâts, le choix du procédé optimal aux plans technique et économique est exécuté généralement en deux étapes :

Sur la base des résultats obtenus lors du contrôle et de l'appréciation de l'état, la **première étape** doit permettre de déterminer si le tronçon de canalisation considéré doit être réparé, rénové ou remplacé. Divers facteurs influencent les considérations qui doivent être faites pour définir l'entretien à exécuter dans le cadre de la stratégie globale. Ce sont :

- le type et l'ampleur des défauts ;
- les caractéristiques hydrauliques et la charge d'utilisation, en relation avec le PGEE ;
- la durabilité souhaitée des travaux de réfection ;
- la rentabilité.

La fiche technique M 143 partie 1 du « Abwassertechnische Vereinigung e.V. (ATV) » décrit de manière claire le déroulement du processus de décision pour le choix du groupe de procédés adéquat (réfection, rénovation, remplacement) (figure 5.1).

Lorsque la première décision de principe a été prise, il faut, dans une **deuxième phase**, définir la technique de construction appropriée. Pour ce faire, toute une série de facteurs complémentaires à ceux déjà mentionnés doit être prise en considération.

Ce sont :

- caractéristiques du terrain et des eaux souterraines ;
- tracé de la canalisation en plan et en profil en long ;
- matériau des tuyaux et forme de la section ;
- nombre, situation et état des raccordements latéraux ;
- etc.

Comme aide à la décision, on peut utiliser des présentations sous forme de tableaux (figure 5.2) ; dans la pratique cependant seuls très peu de cas peuvent être résolus en suivant un schéma prédéterminé. C'est la tâche du bureau d'études indépendant, en collaboration avec le maître de l'ouvrage et avec les sociétés spécialisées correspondantes, de déterminer la solution du problème la mieux adaptée à chaque cas particulier.

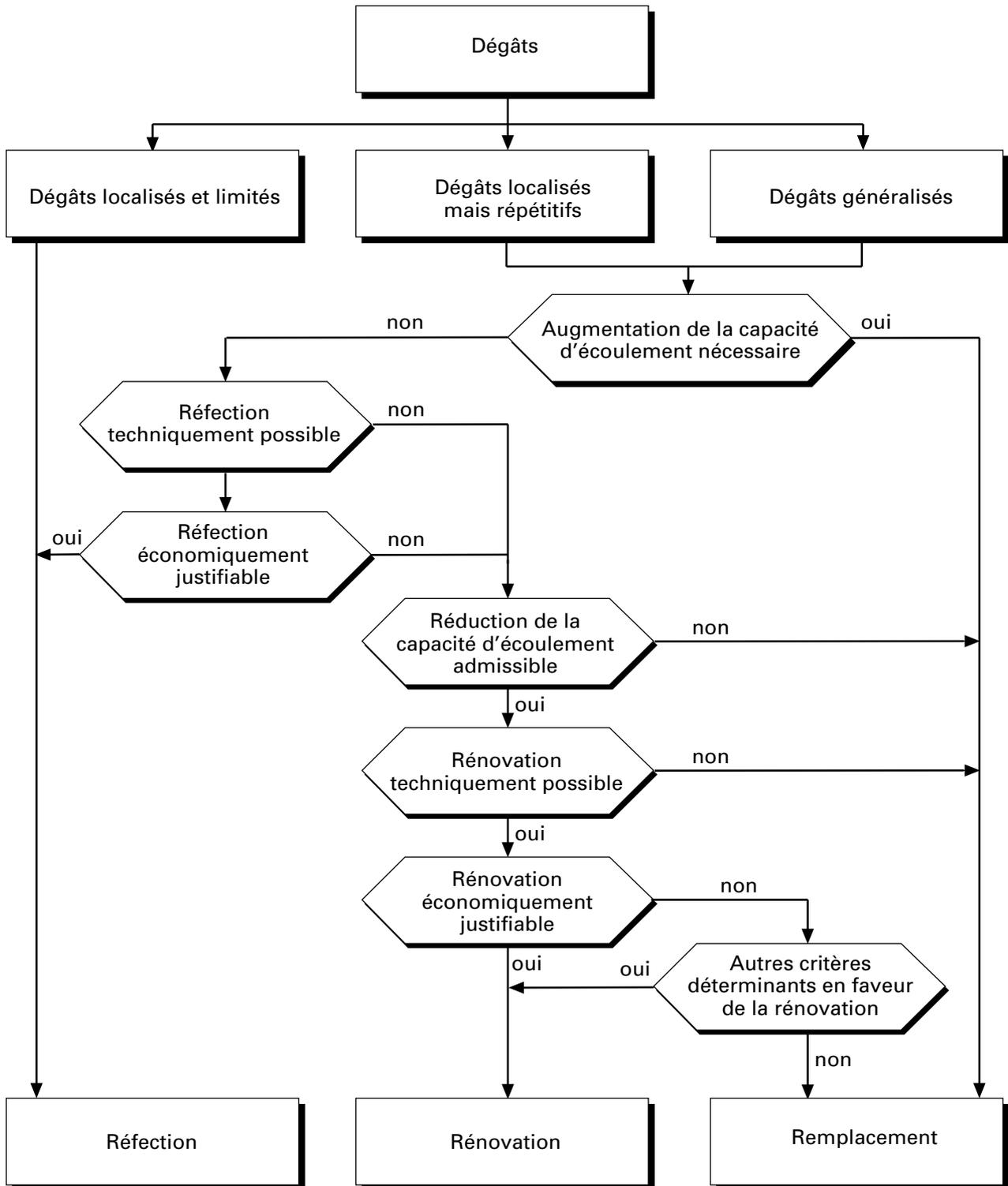


Figure 5.1: Déroulement du processus de décision pour le choix du groupe de procédés adéquat (réfection, rénovation, remplacement).

Résumé des types de défauts et des techniques de construction	Réfection			Rénovation			
	Fraisage/forage	Robots de canalisations	Injection par packer	Revêtement	Chemisage par tuyau court	Chemisage par tuyau spirale	Chemisage par gainage
Adéquat ●							
Adéquat avec restrictions ■							
Non adéquat ▲							
Types de défauts							
Paroi du tuyau							
– fissures transversales (radiales)	▲	●	■	■	●	●	●
– fissures longitudinales (axiales)	▲	●	▲	■	●	●	●
– défauts d'étanchéité	▲	■	▲	■	●	●	●
– éclatement	▲	■	▲	●	●	●	●
– corrosion	▲	▲	▲	●	●	●	●
– formation d'écailles	▲	■	▲	▲	●	●	■
Section du tuyau							
– croissance de racines	●	●	▲	▲	▲	▲	▲
– corps étrangers	●	●	▲	▲	▲	▲	▲
– dépôts de sédimentation	●	●	▲	▲	▲	▲	▲
Raccordement des tuyaux							
– défauts d'étanchéité	▲	●	●	▲	■	■	■
– emboîtements ouverts	▲	●	■	▲	■	■	■
– emboîtements endommagés	▲	●	▲	▲	■	■	■
– emboîtements décalés	■	■	▲	▲	▲	▲	▲
Raccordements latéraux							
– enduit insuffisant	▲	●	▲	▲	▲	▲	▲
– en retrait de la canalisation	▲	●	▲	▲	▲	▲	▲
– pénétrant dans la canalisation	■	●	▲	▲	▲	▲	▲
– défauts d'étanchéité	▲	●	■	▲	▲	▲	▲

Figure 5.2: Indications pour le choix de la technique de construction en fonction du type de défauts.

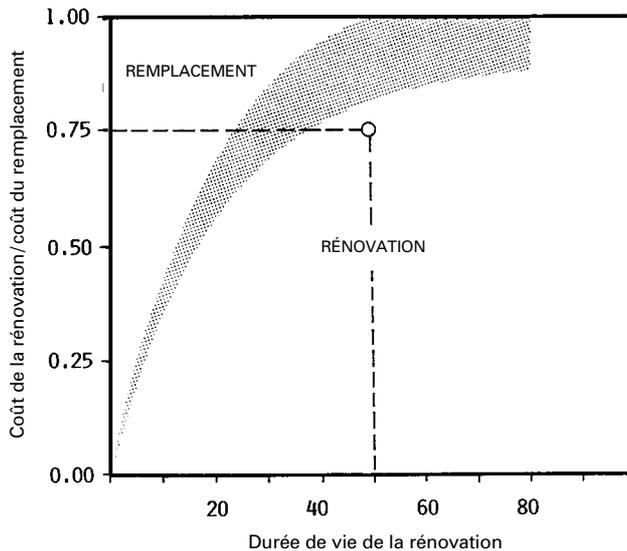


Figure 5.3: Rénovation ou remplacement ?

Exemple :

Une rénovation sera plus économique qu'une construction neuve si la durabilité escomptée est de 50 ans et si son coût est inférieur de 25% comparé à la construction neuve.

5.2 Rentabilité

L'aspect économique du problème doit également être pris en compte pour déterminer les procédés qui peuvent être appliqués à la réparation des dégâts. Il faudra par exemple comparer le coût total d'une rénovation avec celui d'un remplacement à ciel ouvert (construction nouvelle). Les facteurs déterminants sont alors le coût de l'investissement, les intérêts du capital et la durée d'utilisation.

Le rapport entre le coût d'une rénovation et celui d'un remplacement à ciel ouvert est principalement influencé par les facteurs suivants :

- **Profondeur de la conduite**
Pour une pose à neuf, plus la conduite est profonde, plus élevée sera la part des travaux coûteux d'étayage et de terrassement.
- **Venue d'eaux souterraines**
La rénovation est à privilégier lorsqu'une construction nouvelle nécessiterait de nombreux barrages de retenue contre la venue d'eaux souterraines.
- **Diamètre des tuyaux**
Les tuyaux de gros diamètre entraînent un coût élevé pour les travaux de fouille. Les canalisations de plus petits diamètres sont fréquemment remplacées en tenant compte d'une augmentation nécessaire de leur capacité.
- **Longueur des tronçons**
Plus les tronçons détériorés sont longs, plus la rénovation est favorable, comparativement au remplacement.
- **Circulation routière**
Dans des zones fortement construites, la pose de nouvelles conduites devra souvent comprendre des mesures provisoires et des déviations de la circulation, coûteuses et de longue durée.

A côté des critères économiques, il faut également prendre en considération d'autres facteurs plus difficiles à définir exactement, tels que l'aspect favorable pour l'environnement ou la gêne minimale pour la circulation routière par exemple.

6. Descriptif des procédés de réparation et d'amélioration proposés

6.1	Généralités	81
<hr/>		
6.2	Réfection	82
	Système KA-TE	83
	Système SikaRobot	85
	Procédé PIN	87
	KRT-Flex Procédé Part-Lining	89
	PEKA-Tech Robot-Système	91
	Kanaltec EL 300/600	93
	PENETRYN	95
	POSATRYN	97
	TELEGROUT	99
	PENETRYN SNAKE	101
	Système Janssen	103
	PEKA-Tech Système d'injection	105
<hr/>		
6.3	Rénovation	107
	ELIT-OR	109
	U-Liner	111
	NuPipe	113
	RIB-BLOC	115
	Système ERSAG SR	117
	INSITUFORM-Relining	119
	INSITU-Lining	121
	Système Flex-KRT	123
	KM-Inliner	125
	PHOENIX-Relining	127
	SOFTLINING	129
	Sika RoboLiner 10	131
	Sika RoboLiner 20	133
	COMPACT PIPE	135

6. Descriptif des procédés de réfection et d'amélioration proposés

6.1 Généralités

Il est très difficile d'obtenir une vue d'ensemble générale des procédés de réparation disponibles des canalisations non praticables. Pour les non spécialistes, il n'est guère possible de prendre des décisions correctement fondées aux plans technique et économique entre les nombreux procédés, éprouvés ou non.

Le catalogue présentant des procédés de réfection et de rénovation proposés sur le marché suisse est basé sur un tableau comparatif du Service de la protection de l'environnement du Département des Travaux du canton d'Argovie, publié en 1991 dans le classeur «Siedlungsentwässerung». Le catalogue a été complété et adapté à l'état actuel de l'offre et réactualisé pour l'élaboration de la version française de ce document. Avec ce document, les communes et les concepteurs disposent d'une aide à la décision qui devrait leur permettre de planifier des mesures d'entretien adéquates sur la base de documents objectifs.

Les descriptifs des procédés particuliers de chaque société sont présentés selon un canevas uniforme. En collaboration avec les sociétés offrant les procé-

dés, on a tenté de les présenter de manière objective et comparable. Une vue d'ensemble des sociétés et de leurs procédés est donnée au paragraphe 8.1 de l'annexe.

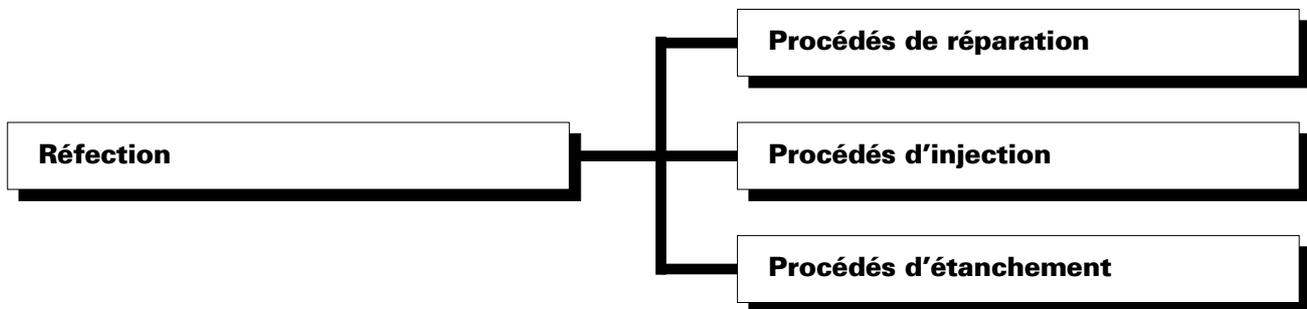
Du fait de l'évolution rapide du marché, le présent catalogue des procédés n'a pas la prétention d'être absolument complet. En particulier, le chapitre 6 ne comprend pas:

- les procédés qui ne sont plus utilisés, ou uniquement pour des cas particuliers (par exemple revêtement avec mortier de ciment);
- les procédés qui ne sont pas mis en œuvre exclusivement par des sociétés spécialisées (par exemple chemisage avec ligne de tube ou «slip-lining» avec tubes PE);
- les procédés qui concernent principalement les conduites sous pression (gaz, eau) (par exemple procédé «rolldown»);
- les procédés de rénovation à ciel ouvert ou en souterrain (par exemple microtunnels).

Des renseignements sur ces procédés peuvent être tirés du chapitre 4 «Procédés techniques».

6.2 Réfection

Par réfection on entend les mesures prises pour reconstituer l'état initial de la canalisation. Généralement il s'agit de traiter des dégâts de surfaces limitées, apparus dans la canalisation du fait du vieillissement et de l'usure. On distingue les groupes de procédés suivants :

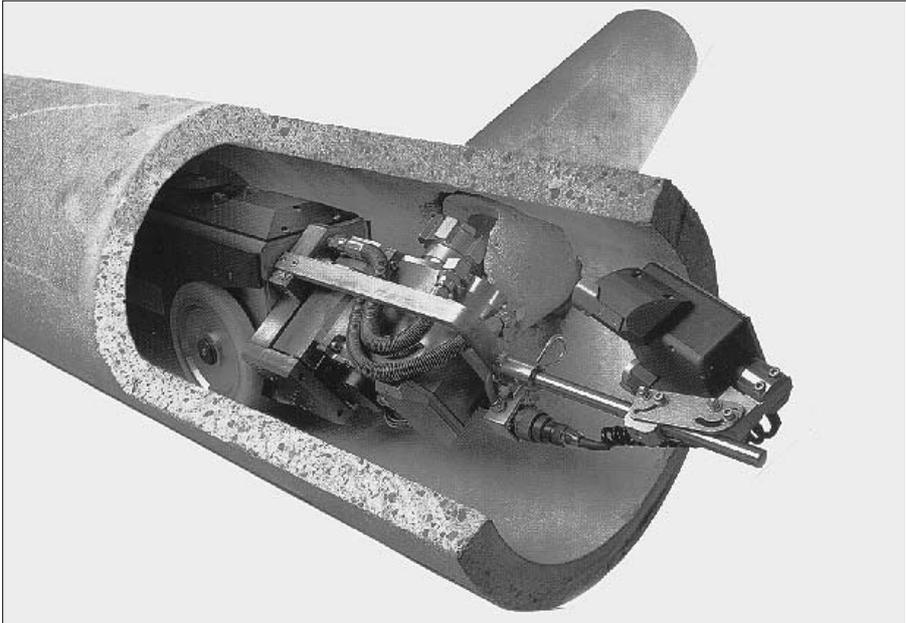


6.2.1 Procédés de réparation

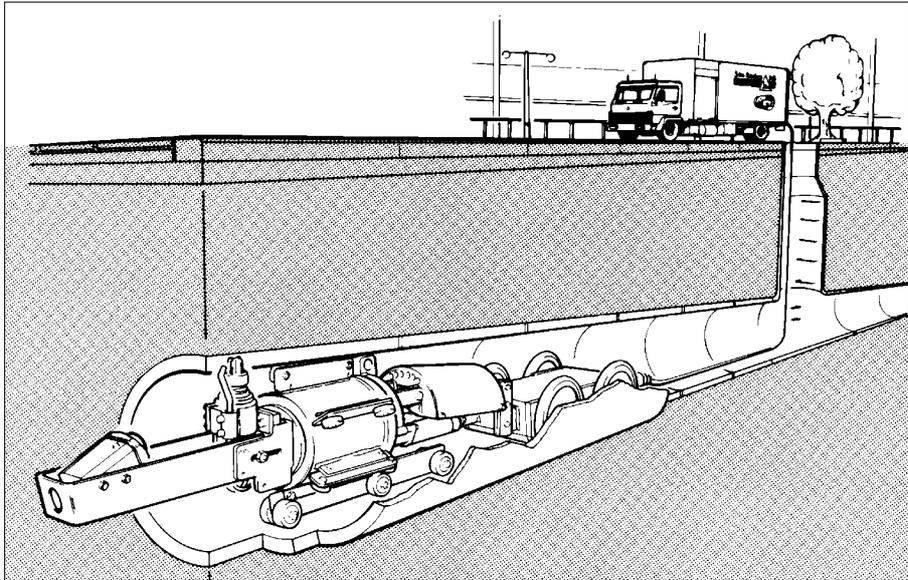
- Système KA-TE
- Système SikaRobot
- Procédé PIN
- KRT-Flex Procédé Part-Lining
- PEKA-Tech Robot-Système
- Kanaltec EL 300/600

6.2.2 Procédés d'injection

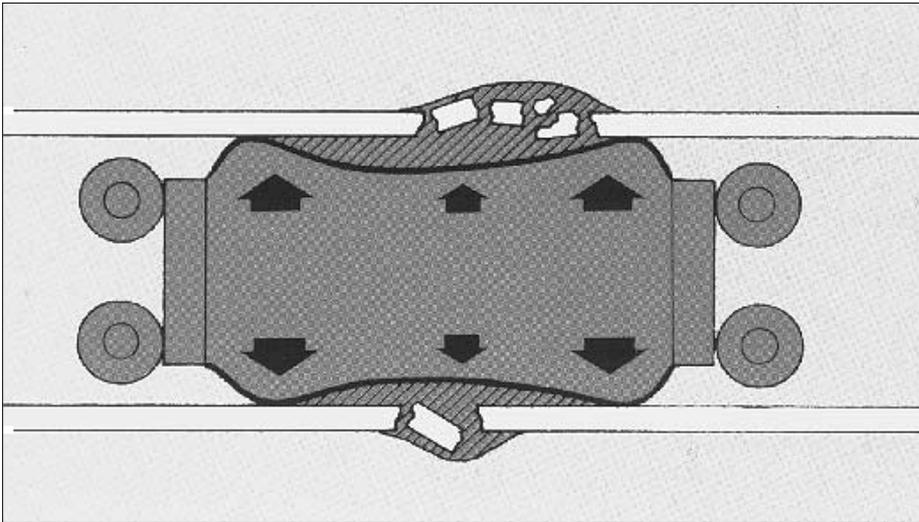
- PENETRYN
- POSATRYN
- TELEGROUT
- PENETRYN SNAKE
- Système Janssen
- PEKA-Tech Système d'injection

Procédé	Système KA-TE
Groupe de procédés	Réfection – Procédé de réparation
Référence	Les informations générales sur les procédés de réparation figurent au chapitre 4.2.1.
Licence	KA-TE System AG, 8041 Zürich
Représentants	<ul style="list-style-type: none"> – KA-TE System AG, 1022 Chavannes et 8041 Zürich – Arpe AG, 4450 Sissach et succursales
Brève description	<p>Le robot est introduit dans le tronçon de canalisation à assainir par un regard de visite et, au moyen de la caméra TV, il est dirigé par l'opérateur, à partir du véhicule de commande, jusqu'aux endroits endommagés. La réparation des dégâts est faite avec des outils spéciaux, capables d'exécuter différents travaux tels que: fraisage, carottage, injection, masticage et talochage. La mise en place de gainage en caoutchouc pour l'assainissement des raccords latéraux est également possible.</p>
Schéma de principe	
Matériaux	<ul style="list-style-type: none"> – Résine époxy à deux composants Concrevice 1800/1810 Master Builders Technologies – Gel à deux composants Drainseal pour l'étanchement préalable d'infiltrations d'eaux
Normes	N'est pas normalisé en Suisse
Première application	Mondiale/Suisse 1980
Domaines d'utilisation	
Dégâts réparables	<p>Section de la canalisation:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Pénétration de racines – Dépôts de sédimentation et corps étrangers

	<p>Parois des canalisations:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fissures axiales et radiales - Effritement et trous <p>Raccords:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Défauts d'étanchéité - Ruptures <p>Raccordements latéraux:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Raccordements saillants - Défauts dans la zone de raccordement - Fermetures de raccordements désaffectés - Rétablissements des raccordements pour les procédés de chemisage
Restrictions	<p>Le procédé n'est applicable que de manière restreinte pour:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les parois corrodées des canalisations - Les ruptures ou effondrements des tuyaux - Les tracés déformés
Matériaux du tuyau	Tous les matériaux. Restriction pour les matières synthétiques
Formes de la section	Profils circulaires
Dimensions	Profils circulaires de diamètres nominaux de 200 à 800 mm
Rayon d'action maximum	Jusqu'à 130 m
Courbes/Angles	Applicables avec restrictions
Travaux préliminaires	
Excavation	En général non nécessaire. Accès par les regards de visite.
Section de la canalisation	Nettoyage à haute pression.
Raccordements latéraux	Aucune mesure préliminaire nécessaire.
Nappe phréatique	Etanchement préalable éventuellement nécessaire en fonction du défaut à réparer.
Retenue des eaux	Pompage des eaux nécessaire pour les travaux dans la zone d'écoulement des eaux et en cas de fort débit.
Travaux de finition	
Chambres de contrôle	Pas de mesures nécessaires
Raccordements latéraux	Pas de mesures nécessaires
Traitement complémentaire	Nettoyage à haute pression
Réception des travaux	Contrôles avec la caméra TV Essais d'étanchéité selon SIA V 190
Remarques	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de réduction de la section - Réparations possibles sous atmosphère d'azote en cas de risques d'explosion - Au plan mondial plus de 30 installations en service
Etat	Mars 1995

Procédé	Système SikaRobot
Groupe de procédés	Réfection - Procédé de réparation
Référence	Les informations générales sur les procédés de réparation figurent au chapitre 4.2.1.
Fabricant	Sika Robotics AG, 8967 Widen
Représentants	<ul style="list-style-type: none"> – Sika Robotics AG, 8967 Widen – Rohrrenova AG, 9100 Herisau – Hächler Bauunternehmung, 5430 Wettingen – Rohr-Reinigungs-Service RRS AG, 3110 Münsingen/8004 Zürich
Brève description	<p>Le robot peut être combiné de différentes manières. On l'introduit dans le tronçon de conduite nécessitant une intervention par un puits de contrôle et le responsable opérant à partir du véhicule d'intervention le dirige jusqu'à l'endroit des défauts à l'aide de la caméra TV. La réparation des dégâts est exécutée à l'aide d'outillages spéciaux, aptes à exécuter divers travaux tels que fraisage, perçage, injection, colmatage et lissage. En complément, il est possible de positionner et d'appliquer des éléments de gainage sur les parois de la canalisation et sur les entrées.</p>
Schéma de principe	
Matériaux	<ul style="list-style-type: none"> – Colle à deux composants à base de résine époxy Sika RoboTec 56 – Mousse PU à deux composants Sika Injection 20 pour l'étanchement préalable des entrées d'eau – Hastellog – Schalungselemente
Normes	N'est pas normalisé en Suisse
Première application	Mondiale/Suisse 1988
Domaines d'utilisation	
Dégâts réparables	<p>Section de la canalisation :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Pénétration de racines – Dépôts de sédiments et corps étrangers

	<p>Parois des canalisations:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Fissures axiales et radiales - Effritement et trous - Ecaillage <p>Raccords:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Défauts d'étanchéité - Ruptures <p>Raccordements latéraux</p> <ul style="list-style-type: none"> - Raccordements existants - Défauts dans la zone de raccordement - Fermetures de raccordements désaffectés - Rétablissements des raccordements pour les procédés de chemisage
Restrictions	<p>Le procédé n'est applicable que de manière restreinte pour:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les parois corrodées des canalisations - Les ruptures ou effondrements des tuyaux - Les tracés déformés
Matériaux du tuyau	Tous les matériaux. Restriction pour les matières synthétiques
Formes de la section	Profils circulaires et ovoïdes
Dimensions	Profils circulaires de diamètres nominaux de 150 à 800 mm
Rayon d'action maximum	Jusqu'à 100 m
Courbes/Angles	Applicables avec restrictions
Travaux préliminaires	
Excavation	En général non nécessaire Accès par les chambres de contrôle
Section de la canalisation	Nettoyage à haute pression
Raccordements latéraux	Aucune mesure préliminaire nécessaire
Nappe phréatique	Etanchement préalable éventuellement nécessaire en fonction du défaut à réparer
Retenue des eaux	Pompage des eaux nécessaire pour les travaux, dans la zone d'écoulement des eaux et en cas de fort débit
Travaux de finition	
Chambres de contrôle	Pas de mesures nécessaires
Raccordements latéraux	Pas de mesures nécessaires
Traitement complémentaire	Nettoyage à haute pression
Réception	Contrôles avec la caméra TV Essais d'étanchéité selon SIA V 190
Remarques	<ul style="list-style-type: none"> - En règle générale pas de réduction de la section - 32 installations en service dans toute l'Europe
Etat	1995

Procédé	Procédé PIN
Groupe de procédés	Réfection – Procédé de réparation
Référence	Les informations générales sur les procédés de réparation figurent au chapitre 4.2.1.
Licence	KFS Service de Canalisation S.A. 1530 Payerne et 4703 Oensingen
Représentant	KFS Service de Canalisation S.A. 1530 Payerne et 4703 Oensingen et succursales
Brève description	Placée sur un packer spécial, une gaine de fibres de verre de longueur limitée, imbibée de résine époxy, est amenée à l'endroit du dégât au moyen d'un treuil. Par gonflage du packer la gaine de fibres de verre est pressée contre la paroi de la canalisation, ce qui chasse la résine époxy en excès dans les fissures et les espaces vides. Après achèvement du durcissement, le packer est dégonflé et extrait de la canalisation.
Schéma de principe	
Matériaux	<p>Matériaux supports: Manchons confectionnés avec un voile de verre ECR, en une ou plusieurs couches</p> <p>Résine: Résine époxy, éventuellement avec additifs</p> <p>Epaisseur de la couche: 2 à 6 mm y compris résine en excès</p>
Normes	N'est pas normalisé en Suisse
Première application	Mondiale/Suisse 1989

Domaines d'utilisation

Dégâts réparables	Défauts de dimension limitée tels que : <ul style="list-style-type: none"> - Raccords ouverts ou endommagés - Croissance de racines - Fissures, effritement et écaillage léger des parois de la canalisation
Restrictions	Le procédé n'est applicable que de manière restreinte pour : <ul style="list-style-type: none"> - Les ruptures ou effondrements des tuyaux - Les tracés déformés - Les tuyaux flexibles très déformés - Les parois de la canalisation globalement corrodées
Matériaux du tuyau	Tous les matériaux à l'exception du polyéthylène
Formes de la section	Profils circulaires
Dimensions	Profils circulaires de diamètres nominaux de 150 à 600 mm
Rayon d'action maximum	Jusqu'à 200 m
Courbes/Angles	Applicables avec restrictions

Travaux préliminaires

Excavation	Jusqu'à une longueur de la gaine support de 0,5 m, accès par les chambres de contrôle. Jusqu'à une longueur de 3 m, accès par une excavation.
Section de la canalisation	Nettoyage à haute pression, rétablissement de la section d'origine de la canalisation par forage ou fraisage.
Raccordements latéraux	Fraisage des raccordements existants
Nappe phréatique	Pas de mesures nécessaires
Retenue des eaux	Pompage des eaux d'écoulement nécessaire

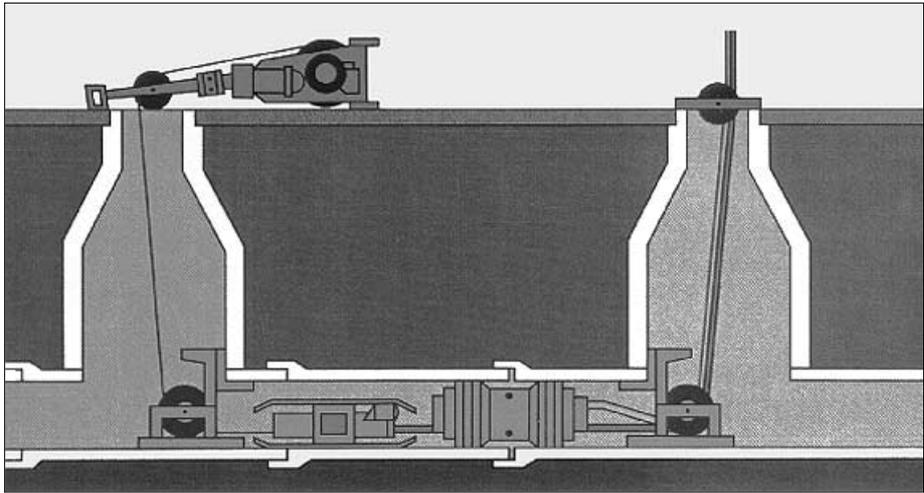
Travaux de finition

Chambres de contrôle	Pas de mesures nécessaires
Raccordements latéraux	Pas de mesures nécessaires
Traitement complémentaire	Pas de mesures nécessaires
Réception	Contrôles avec la caméra TV Essais d'étanchéité selon SIA V 190

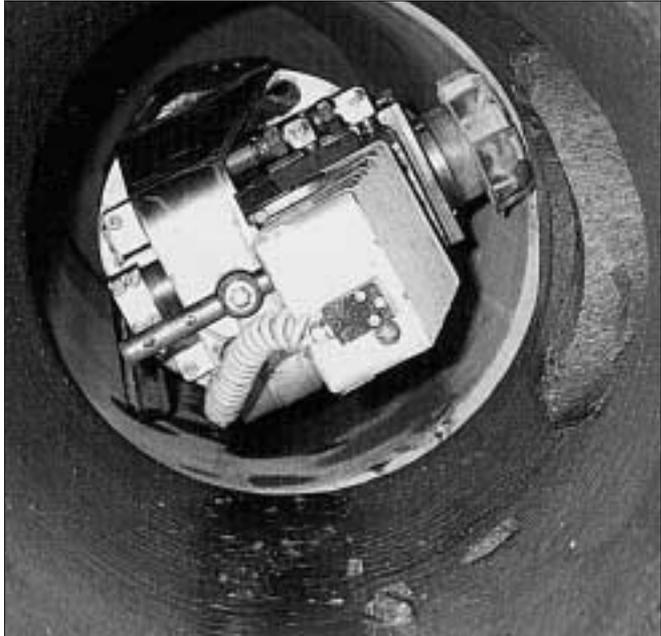
Remarques

- Réduction minimale de la section
- Longueur de la gaine support de 0,5 à 3 m
- Durée du durcissement jusqu'à la mise en service : 2 à 5 heures
- N'est pas applicable à proximité des raccordements latéraux
- Le revêtement n'est pas autoportant. Le collage doit être parfaitement assuré.

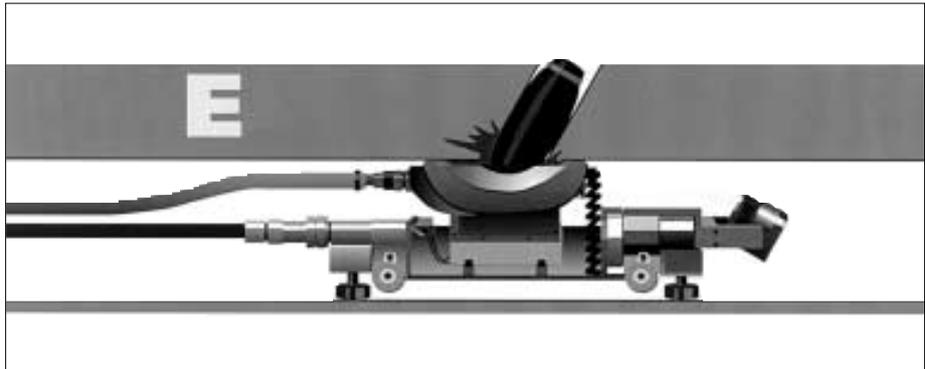
Etat 1995

Procédé	KRT-Flex Procédé Part-Lining
Groupe de procédés	Réfection – Procédé de réparation
Référence	Les informations générales sur les procédés de réparation figurent au chapitre 4.2.1.
Licence	KRT Kanalsanierungs-Technik AG
Représentant	KRT Kanalsanierungs-Technik AG 2502 Bienne et succursales
Brève description	Un manchon intérieur de fibres de verre de longueur limitée, imbibé de résine époxy, est amené à l'endroit du défaut au moyen d'un packer spécial tracté par un treuil. Par amenée d'eau chaude dans le packer, la gaine de fibres de verre est pressée contre les parois de la canalisation, ce qui chasse la résine époxy en excès dans les fissures et les vides. Après achèvement du durcissement, le packer est dégonflé et extrait de la canalisation.
Schéma de principe	
Matériaux	Matériaux du support: Manchons confectionnés avec un tissu de fibres de verre V 2600 Résine: Divers systèmes de résine époxy Epaisseur de la couche: 3 à 5 mm
Normes	N'est pas normalisé en Suisse
Première application	Mondiale/Suisse 1992
Domaines d'utilisation	
Dégâts réparables	Dégâts de surface limitée tels que : <ul style="list-style-type: none"> – Raccords ouverts ou endommagés – Croissance de racines – Fissures, effritement et légère formation d'écailles sur les parois de la canalisation

Restrictions	Le procédé n'est applicable que de manière restreinte pour : <ul style="list-style-type: none"> - Les ruptures ou effondrements des tuyaux - Les tracés déformés - Les tuyaux flexibles très déformés - Les parois de la canalisation globalement corrodées
Matériaux du tuyau	Tous les matériaux
Formes de la section	Profils circulaires
Dimensions	Profils circulaires de diamètres nominaux de 100 à 1000 mm
Rayon d'action maximum	Jusqu'à 100 m
Courbes/Angles	Applicables avec restrictions
Travaux préliminaires	
Excavation	En général pas nécessaire Accès par les chambres de contrôle
Section de la canalisation	Nettoyage à haute pression, rétablissement de la section d'origine de la canalisation par forage ou fraisage
Raccordements latéraux	Fraisage des raccordements existants
Nappe phréatique	Pas de mesures nécessaires
Retenue des eaux	Pompage des eaux d'écoulement en général pas nécessaire
Travaux de finition	
Chambres de contrôle	Pas de mesures nécessaires
Raccordements latéraux	Pas de mesures nécessaires
Traitement complémentaire	Pas de mesures nécessaires
Réception	Contrôles avec la caméra TV Essais d'étanchéité selon SIA V 190
Remarques	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction minimale de la section - Longueur des manchons 0,5 m - Durée du durcissement jusqu'à la mise en service : 0,5 à 2 heures - N'est pas applicable à proximité des raccordements latéraux - Revêtement non autoportant. Un collage parfait est nécessaire. - Exécutions de diamètres nominaux de 100 à 600 mm en Suisse, Allemagne et France
Etat	1995

Procédé	PEKA-Tech Robot-Systeme
Groupe de procédés	Réfection – Procédé de réparation
Référence	Les informations générales sur les procédés de réparation figurent au chapitre 4.2.1.
Fabricants	PMO Dübendorf PEKA-Tech, 6006 Lucerne
Représentant	KRT Kanalsanierungs-Technik AG, 2504 Bienne et succursales
Brève description	Le robot est introduit dans le tronçon de canalisation à assainir par un regard de visite et, au moyen de la caméra TV, il est dirigé par l'opérateur, à partir du véhicule de commande, jusqu'aux endroits endommagés. La réparation des dégâts est faite avec des outils spéciaux, capables d'exécuter différents travaux tels que: fraisage, carottage, injection, masticage et talochage. La mise en place de gaines en caoutchouc pour l'assainissement des raccords latéraux est également possible.
Schéma de principe	
Matériaux	Colle à 2 composants à base de résine époxy PEKA-Tech 957101/957210
Normes	N'est pas normalisé en Suisse
Première application	Mondiale/Suisse 1994
Domaines d'utilisation	
Dégâts réparables	Section de la canalisation: <ul style="list-style-type: none"> – Pénétration de racines – Dépôts de sédiments et de corps étrangers Parois des canalisations: <ul style="list-style-type: none"> – Fissures axiales et radiales – Effritement et trous

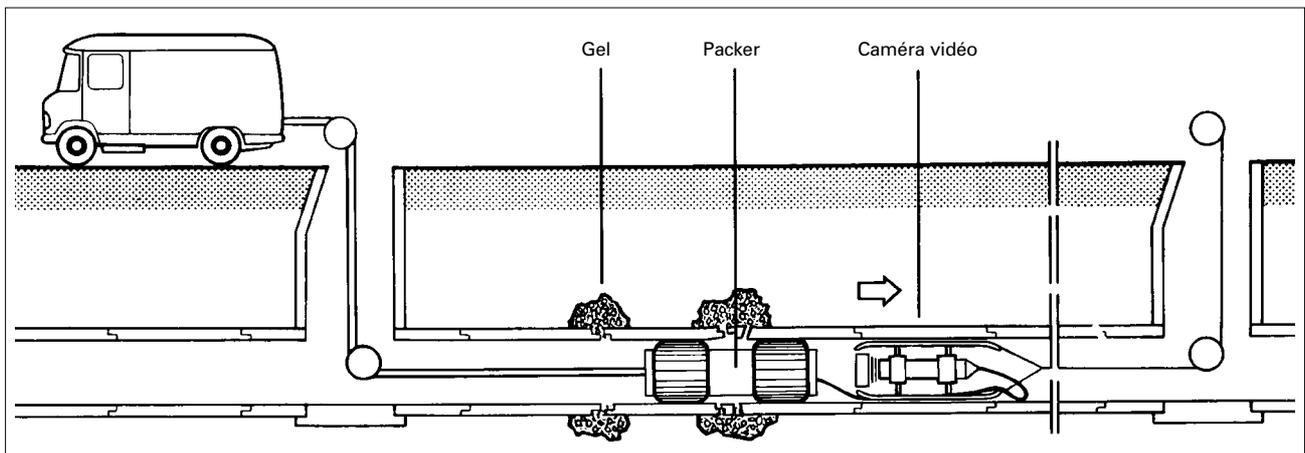
	<p>Raccords:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Défauts d'étanchéité - Ruptures <p>Raccordements latéraux:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Raccordements saillants - Défauts dans la zone de raccordement - Fermetures de raccordements désaffectés - Rétablissements des raccordements pour les procédés de chemisage
Restrictions	<p>Le procédé n'est applicable que de manière restreinte pour:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les parois corrodées des canalisations - Les ruptures ou effondrements de tuyaux - Les tracés déformés
Matériaux du tuyau	Tous les matériaux. Restriction pour les matières synthétiques
Formes de la section	Profils circulaires, ovoïdes
Dimensions	Profils circulaires de diamètres nominaux de 200 à 800 mm Profils ovoïdes 400/600
Rayon d'action maximum	Jusqu'à 160 m
Courbes/Angles	Applicables avec restrictions
Travaux préliminaires	
Excavation	En général non nécessaire Accès par les regards de visite
Section de la canalisation	Nettoyage à haute pression
Raccordements latéraux	Aucune mesure préliminaire nécessaire
Nappe phréatique	Etanchement préalable éventuellement nécessaire en fonction du défaut à réparer
Retenue des eaux	Pompage des eaux nécessaire pour les travaux dans la zone d'écoulement des eaux et en cas de fort débit
Travaux de finition	
Chambres de contrôle	Pas de mesures nécessaires
Raccordements latéraux	Pas de mesures nécessaires
Traitement complémentaire	Nettoyage à haute pression
Réception des travaux	Contrôles avec la caméra TV Essais d'étanchéité selon SIA V 190
Remarque	Pas de réduction de la section
Etat	Mars 1995

Procédé	Kanaltec EL-300/EL-600
Groupe de procédés	Réfection – Procédé de réparation
Référence	Les informations générales sur les procédés de réparation figurent au chapitre 4.2.1.
Fabricant/Commercialisation	– Kanaltec AG Zug – Hächler AG, Umwelttechnik, 5430 Wettingen
Représentant	– Hächler AG, Kanalsanierungen, 5430 Wettingen
Brève description	L'appareillage d'assainissement des raccordements est introduit dans le tronçon de canalisation concerné par un regard de visite. Au moyen de la caméra TV, qui équipe l'installation, le robot est amené et centré exactement sous le raccordement latéral à réparer. Un élément gonflable spécial est introduit dans le raccordement à travers l'ouverture du bouclier appliqué sur la section de la canalisation. Le bouclier, ainsi que les vérins d'appui, peuvent maintenant être déployés. Au travers d'une ouverture dans le bouclier, et commandé à partir du véhicule de service, le matériau d'injection est appliqué aux endroits dégradés, soit au moyen du tuyau d'alimentation, soit par des cartouches. Le ballon gonflable peut être retiré après un court délai de durcissement. Le bouclier est abaissé. Les résidus du matériau d'injection sont éliminés conformément à la protection de l'environnement. Le raccordement est réparé conformément aux normes, sans traitement complémentaire.
Schéma de principe	
Matériaux	Produit d'injection monocomposant à base de ciment
Normes	N'est pas normalisé en Suisse
Première application	Allemagne/Suisse 1994
Domaines d'utilisation	Réfection des raccordements : <ul style="list-style-type: none"> – Raccordements en retrait – Ruptures – Raccordements avec infiltration d'eau – Enduits défectueux autour des raccordements – Raccordements saillants
Restrictions	Diamètres nominaux du raccordement supérieurs à 150 mm
Matériaux du tuyau	Tous les matériaux
Formes de la section	Profils circulaires

Dimensions	Canalisation principale jusqu'à DN 600 mm Raccordement DN 100 mm à 150 mm
Rayon d'action maximum	Jusqu'à 75 m
Courbes/Angles	Applicables avec restrictions Angle du raccordement avec la canalisation, possible jusqu'à 45°
Travaux préliminaires	
Excavation	En général non nécessaire Accès par les regards de visite
Section de la canalisation	Nettoyage à haute pression
Raccordements latéraux	Fraisage des raccordements saillants
Nappe phréatique	En général pas de mesures nécessaires
Retenue des eaux	Un pompage des eaux d'écoulement peut être nécessaire en cas de travaux dans la zone d'écoulement des eaux et de fort débit
Travaux de finition	
Chambres de contrôle	Pas de mesures nécessaires
Raccordements latéraux	Pas de mesures nécessaires
Traitement complémentaire	Eventuellement nettoyage à haute pression
Réception des travaux	Contrôles avec la caméra TV Essais d'étanchéité selon SIA V 190
Remarques	<ul style="list-style-type: none">- Aucune réduction de la section- Nouveauté mondiale
Etat	Avril 1995

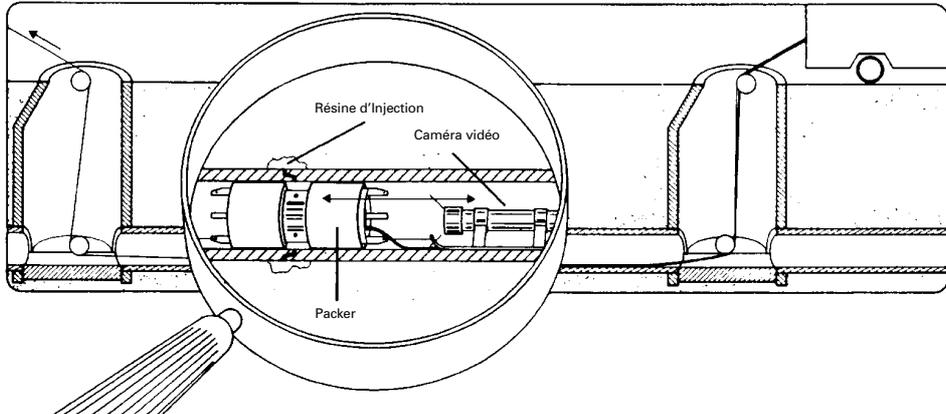
Procédé	PENETRYN
Groupe de procédés	Réfection – Procédé d'injection
Référence	Les informations générales sur les procédés d'injection figurent au chapitre 4.2.2.
Type d'outillage	QUES, Orlando, USA
Représentant	Neue Kasapro AG, 9202 Gossau et succursales
Brève description	Les raccords des tuyaux sont localisés au moyen de la caméra vidéo, isolés à l'aide d'appareils spéciaux (packer) et mis sous pression d'air pour contrôler d'éventuelles pertes de pression. Pendant la même étape du travail, en cas de raccords non étanches, un gel à deux composants est injecté sous pression vers l'extérieur, dans le terrain ou dans le matériau d'enrobage. Le gel polymérise et forme à l'extérieur du tuyau une couche imperméable à l'eau. Pour terminer, l'étanchéité est à nouveau contrôlée.

Schéma de principe



Matériaux	<p>Gel transparent et élastique à base de résine acrylique constitué de :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Résine acrylique soluble à l'eau Rocagil BT 2 – Persulfate de sodium comme catalyseur – TEAG (triéthanolamine modifiée) comme accélérateur <p>ou à base de méthacrylate :</p> <ul style="list-style-type: none"> – PLEX 6803-1 0 et 6803-2 0 – Persulfate de sodium comme réactif
Normes	N'est pas normalisé en Suisse
Première application	Mondiale 1960 USA Suisse 1972
Domaines d'utilisation	
Dégâts réparables	Défauts d'étanchéité localisés en particulier dans les zones des raccords (infiltrations, fuites)

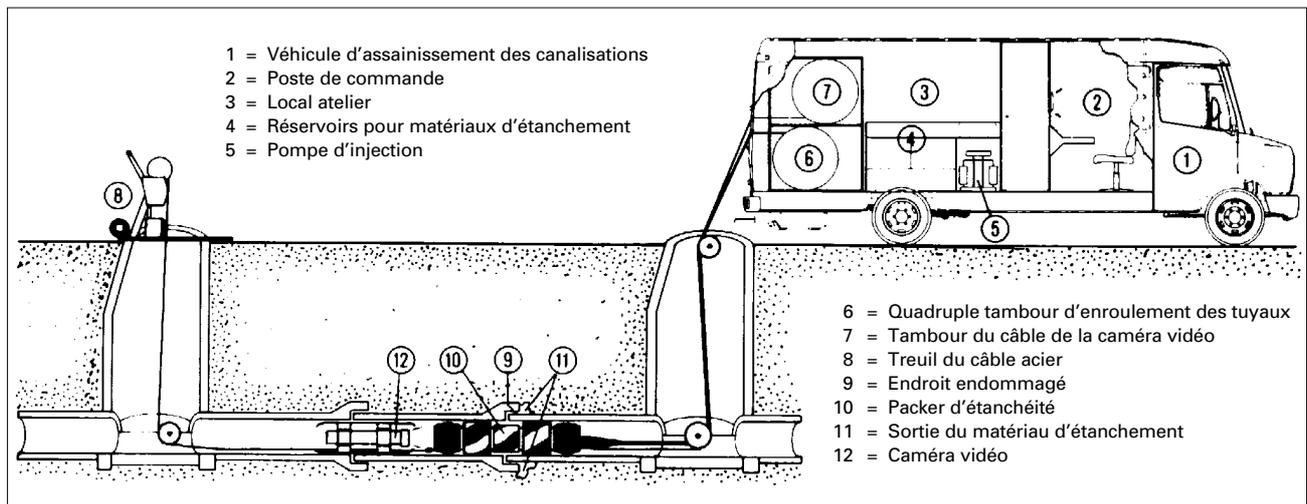
Restrictions	Le procédé n'est applicable que de manière restreinte pour : <ul style="list-style-type: none"> - Les fissures longitudinales - Les parois de canalisations très rugueuses ou très inégales - Les tuyaux endommagés au plan statique - Les cas de fort courant dans la nappe phréatique - Les cas de variations extrêmes du niveau de la nappe phréatique - Les zones de protection des eaux
Matériaux du tuyau	Tous les matériaux
Formes de la section	Profils circulaires et ovoïdes
Dimensions	Profils circulaires de diamètres nominaux de 150 à 1500 mm Profils ovoïdes de 400/600 mm à 800/1200 mm
Rayon d'action maximum	Jusqu'à 150 m
Courbes/Angles	Applicables avec restrictions
Travaux préliminaires	
Excavation	En général pas nécessaire Accès par les chambres de contrôle
Section de la canalisation	Nettoyage à haute pression Rétablissement de la section d'origine de la canalisation par forage ou frai- sage
Raccordements latéraux	Fraisage des raccordements existants
Nappe phréatique	En général pas de mesures nécessaires Voir restrictions
Retenue des eaux	Nécessaire en cas de fort débit
Travaux de finition	
Chambres de contrôle	Pas de mesures nécessaires
Raccordements latéraux	Pas de mesures nécessaires
Traitement complémentaire	Nettoyage haute pression
Réception	Essais d'étanchéité avec le packer ou selon SIA V 190
Remarques	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de réduction de la section - Toujours traiter tous les raccords d'un tronçon - Dans les zones de protection des eaux, appliquer les prescriptions cantonales - Durabilité à long terme fortement variable en fonction des conditions d'application - Contrôles ultérieurs périodiques après nettoyage préalable à haute pression et nouveau traitement si nécessaire
Etat	1995

Procédé	POSATRYN
Groupe de procédés	Réfection – Procédé d'injection
Référence	Les informations générales sur les procédés d'injection figurent au chapitre 4.2.2.
Type d'outillage	QUES, Orlando, USA
Représentant	KFS Service de Canalisation S.A., 4702 Oensingen et succursales
Brève description	Les raccords des tuyaux sont localisés au moyen de la caméra vidéo, isolés à l'aide d'appareils spéciaux (packer) et mis sous pression d'air pour contrôler d'éventuelles pertes de pression. Pendant la même étape du travail, en cas de raccords non étanches, un gel à deux composants est injecté sous pression vers l'extérieur, dans le terrain ou dans le matériau d'enrobage. Le gel polymérise et forme à l'extérieur du tuyau une couche imperméable à l'eau. Pour terminer, l'étanchéité est à nouveau contrôlée.
Schéma de principe	 <p>Le schéma illustre le processus de réparation d'un joint de tuyau. Un packer est inséré dans le tuyau pour isoler la zone de travail. Une caméra vidéo est utilisée pour visualiser l'intérieur du tuyau. La résine d'injection est appliquée à l'extérieur du tuyau, sous pression, pour créer une couche imperméable.</p>
Matériaux	<p>Gel transparent et élastique à base de résine acrylique constitué de :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Résine acrylique soluble à l'eau Rocagil BT 2 – Persulfate de sodium comme catalyseur – TEAG (triéthanolamine modifiée) comme accélérateur <p>ou à base de méthacrylate</p> <ul style="list-style-type: none"> – PLEX 6803-1 0 et 6803-2 0 – Persulfate de sodium comme réactif
Normes	N'est pas normalisé en Suisse
Première application	Mondiale 1960 USA Suisse 1982
Domaines d'utilisation	
Dégâts réparables	Défauts d'étanchéité localisés en particulier dans les zones des raccords (infiltrations, fuites)

Restrictions	Le procédé n'est applicable que de manière restreinte pour : <ul style="list-style-type: none"> - Les fissures longitudinales - Les parois de canalisations très rugueuses ou très inégales - Les tuyaux endommagés au plan statique - Les cas de fort courant dans la nappe phréatique - Les cas de variations extrêmes du niveau de la nappe - Les zones de protection des eaux
Matériaux du tuyau	Tous les matériaux
Formes de la section	Profils circulaires et ovoïdes
Dimensions	Profils circulaires de diamètres nominaux de 150 à 1500 mm Profils ovoïdes de 400/600 mm à 800/1200 mm
Rayon d'action maximum	Jusqu'à 150 m
Courbes/Angles	Applicables avec restrictions
Travaux préliminaires	
Excavation	En général pas nécessaire Accès par les chambres de contrôle
Section de la canalisation	Nettoyage à haute pression Rétablissement de la section d'origine de la canalisation par forage ou frai- sage
Raccordements latéraux	Fraisage des raccordements existants
Nappe phréatique	En général pas de mesures nécessaires Voir restrictions
Retenue des eaux	Nécessaire en cas de fort débit
Travaux de finition	
Chambres de contrôle	Pas de mesures nécessaires
Raccordements latéraux	Pas de mesures nécessaires
Traitement complémentaire	Nettoyage haute pression
Réception	Essais d'étanchéité avec le packer ou selon SIA V 190
Remarques	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de réduction de la section - Toujours traiter tous les raccords d'un tronçon - Dans les zones de protection des eaux, appliquer les prescriptions cantonales - Durabilité à long terme fortement variable en fonction des conditions d'application - Contrôles ultérieurs périodiques après nettoyage préalable à haute pression et nouveau traitement si nécessaire
Etat	1995

Procédé	TELEGROUT
Groupe de procédés	Réfection – Procédé d'injection
Référence	Les informations générales sur les procédés d'injection figurent au chapitre 4.2.2.
Type d'outillage	Halliburton, USA
Représentant	Käppeli, Bautenschutz und Umwelttechnik AG, 6440 Brunnen
Brève description	Les raccords des tuyaux sont localisés au moyen de la caméra TV, isolés à l'aide d'appareils spéciaux (packer) et mis sous pression d'air pour contrôler d'éventuelles pertes de pression. Pendant la même étape du travail, un gel à deux composants est injecté sous pression vers l'extérieur, dans le terrain ou dans le matériau d'enrobage. Le gel polymérise et forme à l'extérieur du tuyau une couche imperméable à l'eau. Pour terminer, l'étanchéité est à nouveau contrôlée.

Schéma de principe



Matériaux	Gel transparent et élastique à base de résine acrylique constitué de :
	<ul style="list-style-type: none"> – Résine acrylique soluble à l'eau Rocagil BT 2 – Persulfate de sodium comme catalyseur – TEAG (triéthanolamine modifiée) comme accélérateur
	ou à base de méthacrylate :
	<ul style="list-style-type: none"> – PLEX 6803-1 0 et 6803-2 0 – Persulfate de sodium comme réactif

Normes	N'est pas normalisé en Suisse
--------	-------------------------------

Première application	Mondiale 1960 USA Suisse 1982
----------------------	----------------------------------

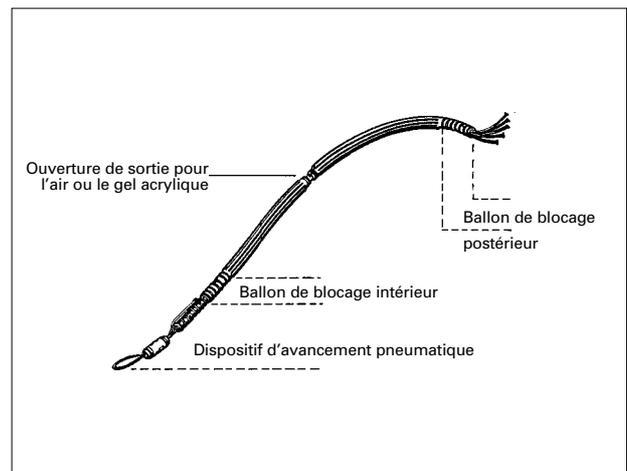
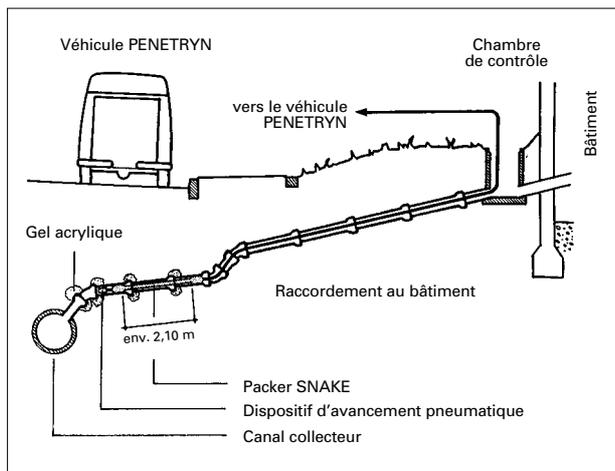
Domaines d'utilisation

Dégâts réparables	Défauts d'étanchéité localisés en particulier dans les zones des raccords (infiltrations, fuites)
-------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------

Restrictions	Le procédé n'est applicable que de manière restreinte pour : <ul style="list-style-type: none"> - Les fissures longitudinales - Les parois de canalisations très rugueuses ou très inégales - Les tuyaux endommagés au plan statique - Les cas de fort courant dans la nappe phréatique - Les cas de variations extrêmes du niveau de la nappe - Les zones de protection des eaux
Matériaux du tuyau	Tous les matériaux
Formes de la section	Profils circulaires et ovoïdes
Dimensions	Profils circulaires de diamètres nominaux de 150 à 1500 mm Profils ovoïdes de 400/600 mm à 800/1200 mm
Rayon d'action maximum	Jusqu'à 150 m
Courbes/Angles	Applicables avec quelques restrictions
Travaux préliminaires	
Excavation	En général pas nécessaire Accès par les chambres de contrôle
Section de la canalisation	Nettoyage à haute pression Rétablissement de la section d'origine de la canalisation par forage ou frai- sage
Raccordements latéraux	Fraisage des raccordements existants
Nappe phréatique	En général pas de mesures nécessaires Voir restrictions
Retenue des eaux	Nécessaire en cas de fort débit
Travaux de finition	
Chambres de contrôle	Pas de mesures nécessaires
Raccordements latéraux	Pas de mesures nécessaires
Traitement complémentaire	Nettoyage haute pression
Réception	Essais d'étanchéité avec le packer ou selon SIA V 190
Remarques	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de réduction de la section - Toujours traiter tous les raccords d'un tronçon - Dans les zones de protection des eaux, appliquer les prescriptions cantonales - Durabilité à long terme fortement variable en fonction des conditions d'application - Contrôles ultérieurs périodiques après nettoyage préalable à haute pression et nouveau traitement si nécessaire
Etat	1995

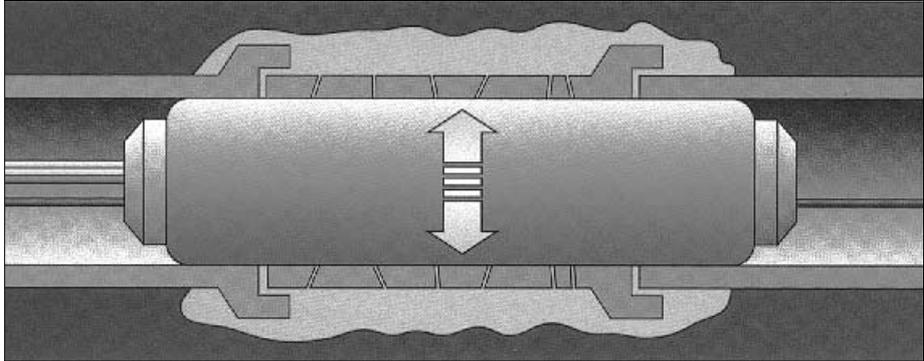
Procédé	PENETRYN SNAKE
Groupe de procédés	Réfection – Procédé d'injection – Evacuation des eaux des biens-fonds
Référence	Les informations générales sur les procédés d'injection figurent au chapitre 4.2.2.
Type d'outillage	GELCO, Salem, USA
Représentant	Neue Kasapro AG, 9202 Gossau et succursales
Brève description	Le packer SNAKE est constitué d'une gaine cylindrique en caoutchouc gonflable, équipée à sa tête d'un outillage d'avancement travaillant pneumatiquement. Par un puits de contrôle ou par une ouverture appropriée dans ou à côté de la maison, il est introduit dans le raccordement de l'immeuble et dirigé en direction du canal collecteur à l'aide de l'outillage pneumatique. Lorsque l'extrémité de la conduite est atteinte, un tronçon d'environ 2,10 m de longueur de la conduite est isolé par gonflement de la gaine et mis sous pression de l'air. En cas de perte de pression et dans la même étape du travail, on injecte alors un gel à deux composants vers l'extérieur, dans le terrain ou dans le matériau d'enrobage. Le gel polymérise et forme à l'extérieur du tuyau une couche étanche à l'eau. Après un nouveau contrôle d'étanchéité, le packer SNAKE est déplacé d'une longueur et l'on exécute une nouvelle étape de contrôle et d'étanchement dans cette position.

Schéma de principe



Matériaux	<p>Gel transparent et élastique à base de résine acrylique constitué de :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Résine acrylique soluble à l'eau Rocagil BT 2 – Persulfate de sodium comme catalyseur – TEAG (triéthanolamine modifiée) comme accélérateur <p>ou à base de méthacrylate :</p> <ul style="list-style-type: none"> – PLEX 6803-1 0 et 6803-2 0 – Persulfate de sodium comme réactif
Normes	N'est pas normalisé en Suisse
Première application	Mondiale 1980 USA Suisse 1987

Domaines d'utilisation	Evacuation des eaux des biens-fonds
Dégâts réparables	Défauts d'étanchéité localisés en particulier dans les zones des raccords (infiltrations, fuites)
Restrictions	Le procédé n'est applicable que de manière restreinte pour : <ul style="list-style-type: none"> - Les fissures longitudinales - Les parois de canalisations très rugueuses ou très inégales - Les tuyaux endommagés au plan statique - Les cas de fort courant dans la nappe phréatique - Les cas de variations extrêmes du niveau de la nappe phréatique - Les zones de protection des eaux
Matériaux du tuyau	Tous les matériaux
Formes de la section	Profils circulaires
Dimensions	Profils circulaires de diamètres nominaux de 100 à 200 mm
Rayon d'action maximum	Jusqu'à 50 m
Courbes/Angles	Applicables jusqu'à 45°
Travaux préliminaires	
Excavation	En général pas nécessaire. Accès par les chambres de contrôle ou par des ouvertures adéquates.
Section de la canalisation	Nettoyage à haute pression. Rétablissement de la section d'origine de la canalisation par forage ou fraisage.
Raccordements latéraux	Fraisage des raccordements existants
Nappe phréatique	En général pas de mesures nécessaires Voir restrictions
Retenue des eaux	Pompage des eaux d'écoulement nécessaire
Travaux de finition	
Chambres de contrôle	Pas de mesures nécessaires
Raccordements latéraux	Pas de mesures nécessaires
Traitement complémentaire	Nettoyage haute pression
Réception	Essais d'étanchéité avec le packer ou selon SIA V 190
Remarques	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de réduction de la section. - En fonction du système, la zone de raccordement au canal collecteur ne peut pas être testée et étanchée sur une longueur d'environ 1,20 m. - De même, la zone des raccordements latéraux ne peut pas être testée et étanchée. - Dans les zones de protection des eaux, les prescriptions cantonales doivent être respectées. - Durabilité à long terme fortement variable en fonction des conditions d'application. - Contrôles ultérieurs périodiques après nettoyage préalable à haute pression et nouveau traitement si nécessaire.
Etat	1995

Procédé	Système Janssen
Groupe de procédés	Réfection – Procédé d'injection
Référence	Les informations générales sur les procédés d'injection figurent au chapitre 4.2.2.
Licence	Janssen GmbH, D-4192 Kalkar
Représentants	<ul style="list-style-type: none"> – Hans Notter AG, 5623 Boswil – E. Hänni AG, 8117 Fällanden
Brève description	<p>A l'aide d'un treuil, un packer spécial est positionné et gonflé à l'endroit du dégât localisé au moyen de la caméra TV. Ensuite, une résine de polyuréthane à deux composants est injectée dans les fissures, les trous et dans le terrain environnant. Après 20 à 40 minutes de durcissement, l'endroit endommagé est étanche et présente une stabilité qui correspond approximativement aux caractéristiques initiales du tuyau. L'étanchéité est alors contrôlée, le packer dégonflé et déplacé jusqu'au prochain endroit endommagé.</p>
Schéma de principe	
Matériaux	Résine de polyuréthane à deux composants
Normes	N'est pas normalisé en Suisse
Première application	Mondiale 1985 Allemagne Suisse 1991
Domaines d'utilisation	
Dégâts réparables	<ul style="list-style-type: none"> – Raccords ouverts ou endommagés – Pénétration de racines – Fissures, effritement et formation d'écailles sur les parois de la canalisation – Ruptures de tuyaux – Infiltrations d'eaux (par exemple eaux souterraines)
Restrictions	<p>Le procédé n'est applicable que de manière restreinte pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Les tracés déformés – Les tuyaux flexibles très déformés
Matériaux du tuyau	Tous les matériaux
Formes de la section	Profils circulaires
Dimensions	Profils circulaires de diamètres nominaux de 100 à 600 mm

Rayon d'action maximum	Jusqu'à 300 m maximum
Courbes/Angles	Applicables avec restrictions

Travaux préliminaires

Excavation	En général pas nécessaire Accès par les regards de visite
Section de la canalisation	Nettoyage à haute pression Rétablissement de la section d'origine de la canalisation par forage ou frai- sage
Raccordements latéraux	Fraisage des raccordements saillants
Nappe phréatique	Pas de mesures nécessaires
Retenue des eaux	Nécessaire uniquement en cas de fort débit

Travaux de finition

Chambres de contrôle	Pas de mesures nécessaires
Raccordements latéraux	Pas de mesures nécessaires
Traitement complémentaire	Nettoyage à haute pression, éventuellement passage d'une centrifugeuse à chaînes
Réception des travaux	Contrôle avec la caméra TV. Essais d'étanchéité avec le packer ou selon SIA V 190

Remarques

- Réduction minimale de la section
- Longueur du packer spécial 1,5 à 2,0 m
- Non utilisable dans la zone des raccordements latéraux
- Le procédé est autorisé depuis 1989 par la Deutsche Bundesbahn

Etat Février 1995

Procédé

PEKA-Tech Système d'injection

Groupe de procédés

Réfection – Procédé d'injection

Référence

Les informations générales sur les procédés d'injection figurent au chapitre 4.2.2.

Type d'outillage

- PEKA-Tech Lucerne
- Buchen SIS Inc.

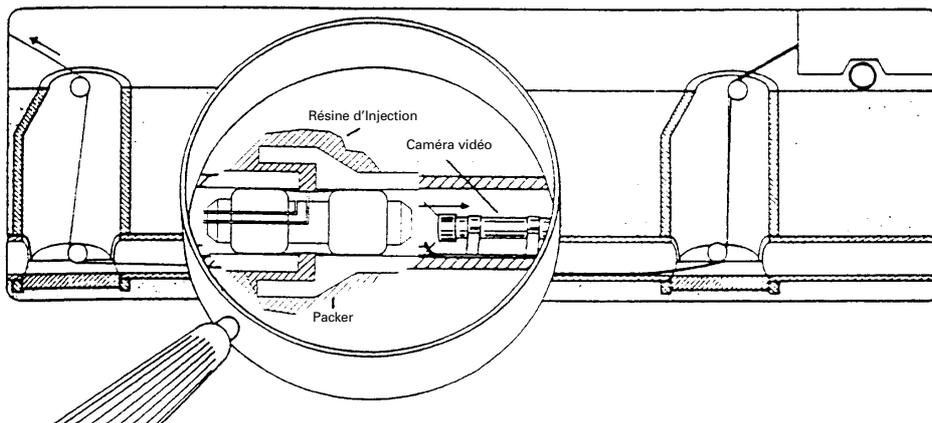
Représentant

KRT Kanalsanierungs-Technik AG, 2504 Bienne et succursales

Brève description

Les raccords des tuyaux sont localisés au moyen de la caméra vidéo, isolés à l'aide d'appareils spéciaux (packer) et mis sous pression d'air pour mettre en évidence d'éventuelles pertes de pression. Pendant la même étape du travail, en cas de raccords non étanches, un gel à deux composants est injecté sous pression vers l'extérieur, dans le terrain ou dans le matériau d'enrobage. Le gel se polymérise et forme à l'extérieur du tuyau une couche imperméable à l'eau. Pour terminer, l'étanchéité est à nouveau contrôlée.

Schéma de principe



Matériaux

Résine de polyuréthane à deux composants, à base d'acrylique et comprenant :

- Prépolymère PUR
- Eau
- Additifs

Normes

N'est pas normalisé en Suisse

Première application

Mondiale 1960 USA
Suisse 1985

Domaines d'utilisation

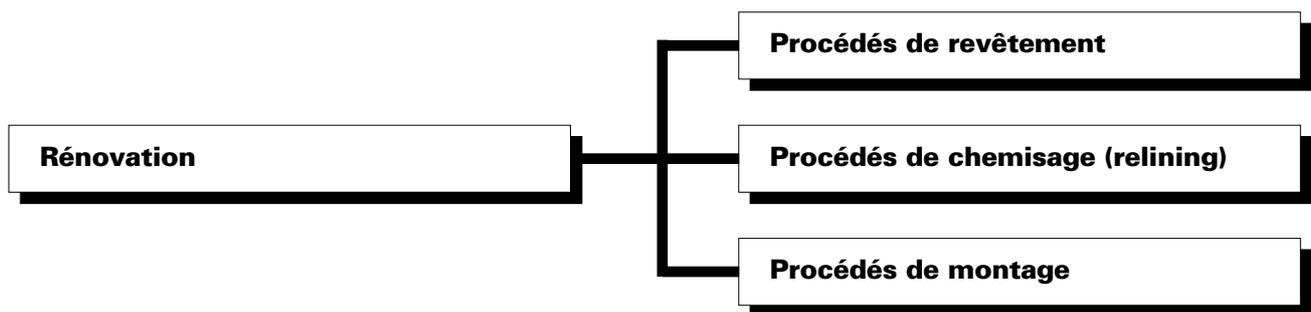
Dégâts réparables

Défauts d'étanchéité localisés en particulier dans les zones des raccords (infiltrations, fuites)

Restrictions	Le procédé n'est applicable que de manière restreinte pour : <ul style="list-style-type: none"> - Les fissures longitudinales - Les parois de canalisations très rugueuses ou très inégales - Les tuyaux dont la résistance statique est amoindrie
Matériaux du tuyau	Tous les matériaux
Formes de la section	Profils circulaires et ovoïdes
Dimensions	Profils circulaires de diamètres nominaux de 100 à 1000 mm Injection dans les profils visitables
Rayon d'action maximum	Jusqu'à 150 m
Courbes/Angles	Applicables avec restrictions
Travaux préliminaires	
Excavation	En général pas nécessaire Accès par les regards de visite
Section de la canalisation	Nettoyage à haute pression Rétablissement de la section d'origine de la canalisation par forage ou frai- sage
Raccordements latéraux	Fraisage des raccordements saillants
Nappe phréatique	En général pas de mesures nécessaires
Retenue des eaux	Nécessaire en cas de fort débit
Travaux de finition	
Chambres de contrôle	Pas de mesures nécessaires
Raccordements latéraux	Pas de mesures nécessaires
Traitement complémentaire	Nettoyage haute pression
Réception des travaux	Essais d'étanchéité avec le packer ou selon SIA V 190
Remarques	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de réduction de la section - Toujours traiter tous les raccords d'un tronçon - Dans les zones de protection des eaux, appliquer les prescriptions cantonales - Durabilité à long terme fortement variable en fonction des conditions d'application - Contrôles ultérieurs périodiques après nettoyage préalable à haute pression et nouveau traitement si nécessaire
Etat	Mars 1995

6.3 Rénovation

On comprend par travaux de rénovation des mesures de reconstitution de l'état initial pour des canalisations défectueuses en apportant des modifications techniques mais en conservant le matériau d'origine, c'est-à-dire en intégrant les tuyaux existants. L'objectif des travaux est d'obtenir une conduite dont la capacité et la durabilité correspondent approximativement à celles d'une conduite neuve. Les travaux de rénovation s'imposent dans le cas de dégâts localisés mais se répétant fréquemment ou pour des défauts répartis sur toute la longueur de la conduite. On distingue les groupes de procédés suivants :

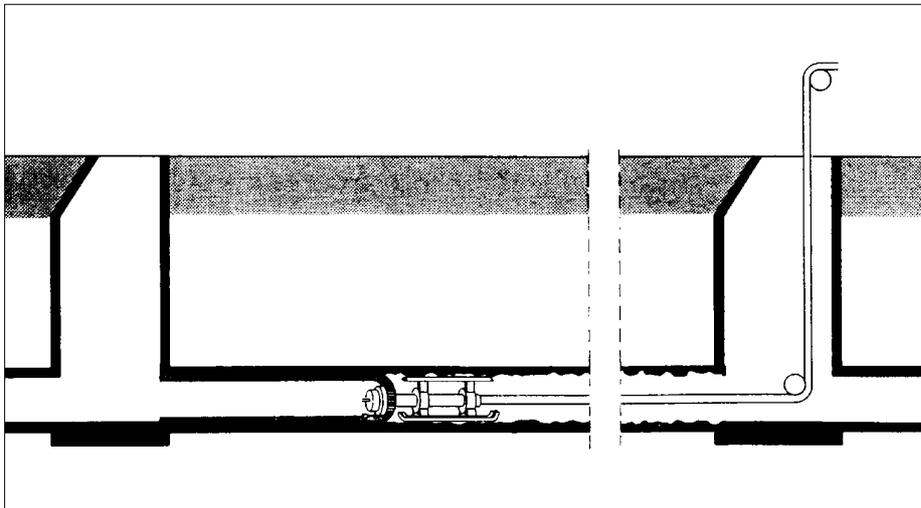


6.3.1 Procédés de revêtement

- ELIT-OR

6.3.2 Procédés de chemisage (relining)

- U-Liner
- NuPipe
- RIB-LOC
- Système ERSAG SR
- INSITUFORM-Relining
- INSITU-Lining
- Système Flex-KRT
- KM-Inliner
- PHOENIX-Relining
- SOFTLINING
- Sika RoboLiner 10
- Sika RoboLiner 20
- COMPACT PIPE

Procédé	ELIT-OR
Groupe de procédés	Rénovation – Procédé de revêtement
Référence	Les informations générales sur les procédés de revêtement figurent au chapitre 4.3.1.
Licence	Käppeli Bautenschutz und Umwelttechnik AG, 6440 Brunnen
Représentant	Käppeli Bautenschutz und Umwelttechnik AG, 6440 Brunnen
Brève description	Par une chambre de contrôle existante, une machine centrifugeuse est introduite dans le tronçon de conduite à assainir et treuillée à l'aide d'un câble dans cette conduite. Ensuite l'outillage est retiré à vitesse constante dans le tronçon de canalisation. Pendant cette opération, une résine de polyuréthane est projetée sur les parois de la canalisation par une tête centrifugeuse tournant à grande vitesse. Ceci permet de constituer un revêtement sans joint autoportant en polyuréthane.
Schéma de principe	
Matériaux	Résine de polyuréthane non expansée à deux composants Epaisseur de la couche: 5 à 10 mm en fonction des sollicitations et du diamètre
Normes	N'est pas normalisé en Suisse
Première application	Mondiale 1991 Espagne Suisse 1992
Domaines d'utilisation	
Dégâts réparables	<ul style="list-style-type: none"> – Raccords ouverts ou endommagés – Fissures longitudinales et transversales des parois du tuyau – Parois corrodées du tuyau – Raccords défectueux
Restrictions	Le procédé n'est applicable que de manière restreinte pour: <ul style="list-style-type: none"> – Les écaillements importants – Les ruptures ou effondrements de tuyaux – Les tracés déformés

Matériaux du tuyau	Tous les matériaux
Formes de la section	Profils circulaires
Dimensions	Profils circulaires de diamètres nominaux de 200 à 800 mm
Rayon d'action maximum	Jusqu'à 70 m
Courbes/Angles	Applicables avec restrictions

Travaux préliminaires

Excavation	En général pas nécessaire Accès par les chambres de contrôle
Section de la canalisation	Nettoyage à haute pression. Rétablissement de la section d'origine de la canalisation par forage ou fraisage. Les raccords ouverts, les trous dans les parois du tuyau et les radiers défectueux des canalisations doivent être égalisés avec un mortier de ciment avant l'application du revêtement proprement dit.
Raccordements latéraux	Fraisage des raccords existants Interruption complète des amenées d'eau (ballon de fermeture)
Nappe phréatique	Etanchement préalable de toutes les infiltrations d'eaux souterraines
Retenue des eaux	Pompage des eaux nécessaire

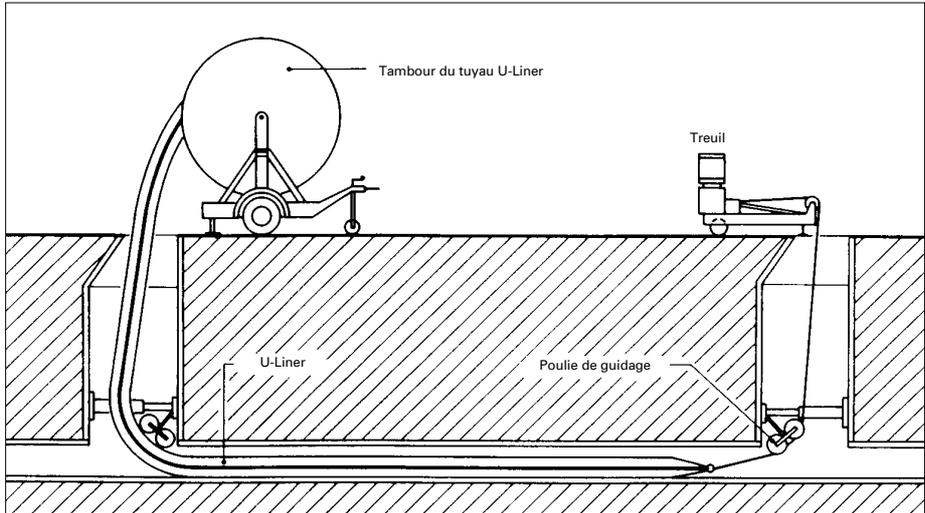
Travaux de finition

Chambres de contrôle	Raccord du tuyau à la chambre de contrôle à exécuter séparément
Raccordements latéraux	Pas de mesures nécessaires
Traitement complémentaire	Pas de mesures nécessaires
Réception	Contrôle avec la caméra TV Essais d'étanchéité selon SIA V 190

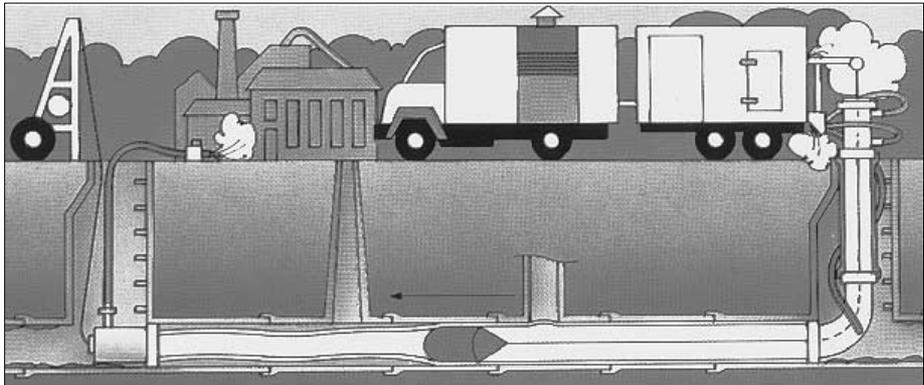
Remarques

- La paroi du tuyau peut être humide
- Réduction de la section en fonction de l'épaisseur de la couche de 10 à 20 mm
- La surface du revêtement n'est pas lissée
- On ne dispose que de peu d'expérience sur les revêtements des canalisations non visitables avec des résines synthétiques. On ne peut pas se prononcer définitivement sur la durabilité à long terme de ce système.

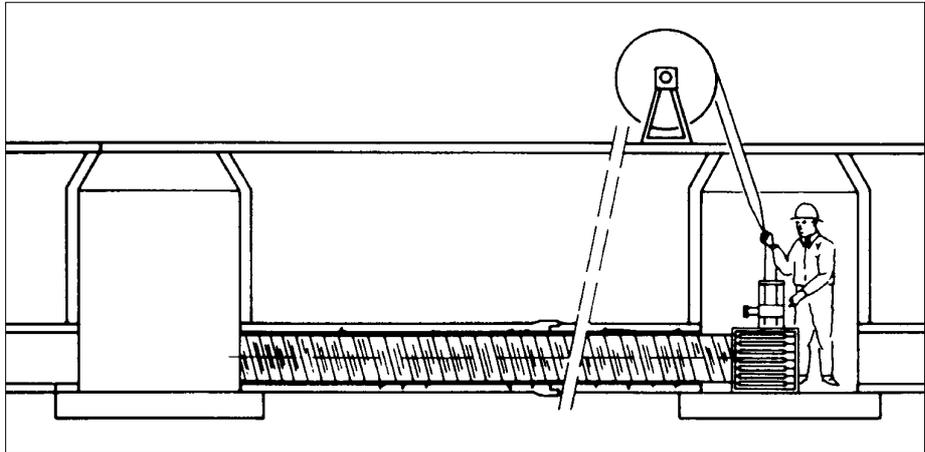
Etat 1995

Procédé	U-Liner
Groupe de procédés	Rénovation – Procédé de chemisage – Chemisage par ligne de tuyau sans espace annulaire
Référence	Les informations générales sur les procédés de chemisage figurent au chapitre 4.3.2.
Licence	Imbema/U-Liners Rohrsanierung GmbH, D
Représentant	Line SA/AG, 1303 Penthaz et 8902 Urdorf
Brève description	Les tuyaux PE utilisés ont leur section préalablement déformée en usine par procédé thermomécanique. Ceci permet de réduire leur section d'environ 50% pour la phase d'introduction. Par les regards de visite, les tuyaux livrés sur un tambour sont introduits à l'aide d'un treuil dans le tronçon de canalisation à assainir. Finalement, le tuyau est mis sous pression de vapeur, ce qui lui fait reprendre sa forme d'origine. Il en résulte un revêtement sans joint qui s'appuie directement sur le tuyau existant.
Schéma de principe	
Matériaux	Tuyau PE type RAU-PE 230 PE 80 Épaisseur des parois: 8,6 à 12,8 mm selon le diamètre du tuyau
Normes	N'est pas normalisé en Suisse D: ATV-Merkblatt M 143, Teil 3: Relining ATV-Arbeitsblatt A 127 (Statik)
Première application	Mondiale 1983 USA Suisse 1992
Domaines d'utilisation	
Dégâts réparables	<ul style="list-style-type: none"> – Raccords ouverts ou endommagés – Fissures, effritement et légère formation d'écailles sur la paroi des canalisations – Parois des tuyaux corrodées

Restrictions	Le procédé n'est applicable que de manière restreinte pour : <ul style="list-style-type: none"> - Les écailllements importants - Les ruptures ou effondrements de tuyaux - Les tracés déformés - Les tuyaux flexibles très déformés
Matériaux du tuyau	Tous les matériaux
Formes de la section	Profils circulaires
Dimensions	Profils circulaires de diamètres nominaux de 150 à 400 mm
Rayon d'action maximum	En fonction des dimensions jusqu'à maximum 200 m
Courbes/Angles	Applicables avec restrictions
Travaux préliminaires	
Excavation	En général pas nécessaire Accès par les regards de visite
Section de la canalisation	Nettoyage à haute pression Rétablissement de la section d'origine de la canalisation par forage ou frai- sage
Raccordements latéraux	Fraisage des raccordements saillants
Nappe phréatique	Etanchement préalable des fortes pénétrations d'eaux souterraines
Retenue des eaux	Pompage des eaux d'écoulement nécessaire
Travaux de finition	
Chambres de contrôle	Exécution du raccord du tuyau avec la chambre de contrôle au moyen de mortiers spéciaux. S'assurer de l'étanchéité entre le tuyau et le chemisage dans la zone de la traversée.
Raccordements latéraux	Reconstitution depuis l'extérieur ou fraisage du chemisage par des robots de canalisations depuis l'intérieur. Liaison étanche de la conduite de raccorde- ment au moyen de mesures appropriées (bourrage, masticage).
Traitement complémentaire	Nettoyage à haute pression
Réception des travaux	Contrôles par caméra TV. Essais d'étanchéité selon SIA V 190
Remarques	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction de la section de 17,2 à 25,6 mm en fonction de l'épaisseur de la couche - Pas d'adhérence entre le chemisage et la canalisation - Points faibles: liaison avec les raccordements des immeubles et raccords aux regards de visite
Etat	Février 1995

Procédé	NuPipe
Groupe de procédés	Rénovation – Procédé de chemisage – Chemisage par ligne de tuyaux sans espace annulaire
Référence	Les informations générales sur les procédés de chemisage figurent au chapitre 4.3.2.
Licence	NuPipe Inc., Memphis, USA
Représentant	Rohrrenova AG, 9100 Herisau
Brève description	Les tubes PVC utilisés voient leur section préalablement déformée en usine par un procédé thermomécanique. Ceci permet de réduire fortement la section des tuyaux pour la phase d'introduction. Les tuyaux sont livrés sur un tambour, ils sont chauffés à la vapeur et tirés à l'aide de câbles dans un tube de protection chauffé et préalablement introduit dans les chambres de contrôle existantes. Finalement, le tuyau est mis en expansion jusqu'à la forme d'origine de la section au moyen d'un appareil de calibrage et de vapeur sous pression. Le résultat est un revêtement sans joint qui s'appuie directement sur le tuyau existant.
Schéma de principe	
Matériaux	Tuyau en PVC modifié Gaine de protection en PVC avec couche intermédiaire en polyester Epaisseur des parois: 6 à 12 mm selon le diamètre de la canalisation et la charge
Normes	N'est pas normalisé en Suisse D: ATV-Merkblatt M 143, Teil 3: Relining ATV-Arbeitsblatt A 127 (Statik)
Première application	Mondiale 1988 USA Suisse 1992
Domaines d'utilisation	
Dégâts réparables	<ul style="list-style-type: none"> – Raccords ouverts ou endommagés – Fissures, effritement et légère formation d'écailles sur la paroi des canalisations – Parois des tuyaux corrodées

Restrictions	Le procédé n'est applicable que de manière restreinte pour : <ul style="list-style-type: none"> - Les écailllements importants - Les ruptures ou effondrements de tuyaux - Les tracés déformés - Les tuyaux flexibles très déformés
Matériaux du tuyau	Tous les matériaux
Formes de la section	Profils circulaires
Dimensions	Profils circulaires de diamètres nominaux de 100 à 300 mm
Rayon d'action maximum	En fonction des dimensions jusqu'à 200 m
Courbes/Angles	Applicables avec restrictions
Travaux préliminaires	
Excavation	En général pas nécessaire. Accès par les chambres de contrôle.
Section de la canalisation	Nettoyage à haute pression. Rétablissement de la section d'origine de la canalisation par forage ou fraisage.
Raccordements latéraux	Fraisage des raccordements existants
Nappe phréatique	Etanchement préalable des fortes pénétrations d'eaux souterraines
Retenue des eaux	Pompage des eaux d'écoulement nécessaire
Travaux de finition	
Chambres de contrôle	Exécution du raccord du tuyau avec la chambre de contrôle au moyen de mortiers spéciaux. S'assurer de l'étanchéité entre le tuyau et le chemisage dans la zone de la traversée.
Raccordements latéraux	Reconstitution depuis l'extérieur ou fraisage du chemisage par des robots de canalisations depuis l'intérieur. Liaison étanche de la conduite de raccordement au moyen de mesures appropriées (bourrage, masticage).
Traitement complémentaire	Nettoyage haute pression
Réception	Contrôles par caméra TV. Essais d'étanchéité selon SIA V 190
Remarques	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction de la section en fonction de l'épaisseur de la couche de 12 à 24 mm - Façonnage des coudes en fonction du diamètre, du rayon et de l'angle de la canalisation - Pas d'adhérence entre le chemisage et la canalisation - Avec un manchon de recouvrement spécial il est possible de réaliser le raccordement du chemisage aux canalisations d'évacuation des eaux des biens-fonds de manière étanche et propre - Expérience de longue durée depuis 1988 - Applications au niveau mondial: plus de 300 km - Applications en Suisse: plus de 5 km
Etat	Fin 1994

Procédé	RIB-LOC
Groupe de procédés	Rénovation – Procédé par chemisage – Chemisage par tuyau spiralé
Référence	Les informations générales sur les procédés de chemisage figurent au chapitre 4.3.2.
Licence	RIB-LOC Group Ltd., Australie
Représentant	AG Heinr. Hatt-Haller, 8022 Zürich
Brève description	Dans un regard de visite, une enrouleuse hydraulique façonne un profilé nervuré en matière synthétique en forme de tube spiralé de section circulaire. Simultanément, la machine pousse ce tube dans la section de conduite à assainir. La liaison des profilés entre eux est assurée par un système de fermeture automatique avec deux bandes d'étanchéité intégrées. L'espace vide entre le tube spiralé et la canalisation existante est rempli avec un matériau de bourrage.
Schéma de principe	
Matériaux	Profilé nervuré: PVC-HI selon DIN 8061 Hauteur du profilé fonction du diamètre du tuyau et de la charge, de 6,3 à 20,0 mm Matériau de bourrage léger et poreux Klug Masse volumique apparente environ 0.85kg/dm ³ Résistance à la compression 2 N/mm ²
Normes	N'est pas normalisé en Suisse D: ATV-Merkblatt M 143, Teil 3: Relining ATV-Arbeitsblatt A 127 (Statik)
Première application	Mondiale 1984 Australie Suisse 1989
Domaines d'utilisation	
Dégâts réparables	<ul style="list-style-type: none"> – Raccords ouverts ou endommagés – Fissures, effritement et légère formation d'écailles sur les parois de la canalisation – Parois des canalisations corrodées – Les tuyaux dont la résistance statique est amoindrie

Restrictions	Le procédé n'est applicable que de manière restreinte pour : <ul style="list-style-type: none"> – Les écailllements importants (influence néfaste sur la section) – Les ruptures ou effondrements des tuyaux – Les tracés déformés – Les tuyaux flexibles très déformés
Matériaux du tuyau	Tous les matériaux
Formes de la section	Profils circulaires
Dimensions	Profils circulaires de diamètres nominaux de 250 à 1200 mm
Rayon d'action maximum	En fonction des dimensions jusqu'à 150 m maximum
Courbes/Angles	Applicables avec restrictions

Travaux préliminaires

Excavation	Au niveau des chambres, en fonction du diamètre du tube Dans le regard où le tube spiralé est façonné, le radier de la chambre doit en général être démoli
Section de la canalisation	Nettoyage à haute pression Rétablissement de la section d'origine de la canalisation par forage ou fraisage
Raccordements latéraux	Fermeture par ballon gonflable
Nappe phréatique	Etanchement préalable des infiltrations d'eaux souterraines
Retenue des eaux	Pompage des eaux d'écoulement nécessaire

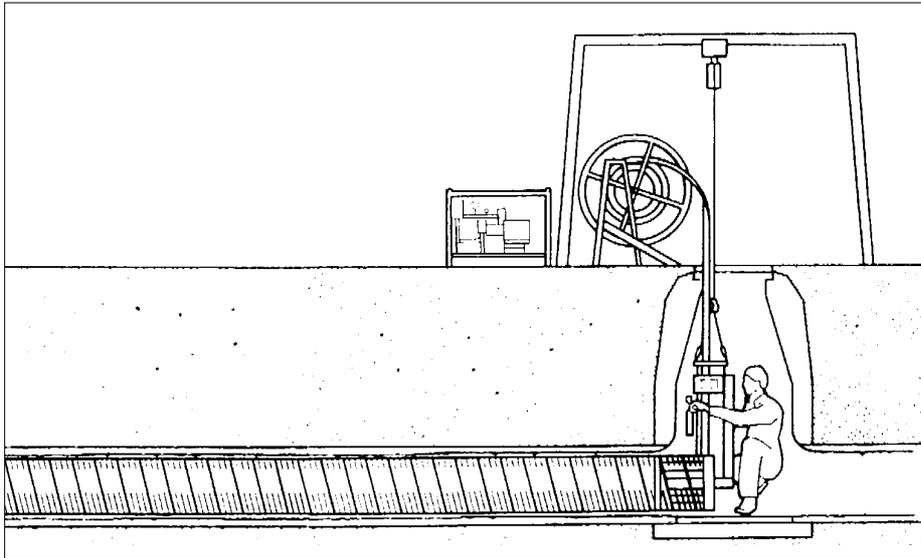
Travaux de finition

Chambres de contrôle	Raccord du tube avec le regard de visite à exécuter avec un mortier spécial. Eventuellement réfections du radier et du cône du regard de visite.
Raccordements latéraux	Rétablissement du raccord depuis l'extérieur ou fraisage et rhabillage du chemisage à partir de l'intérieur avec un robot de canalisations.
Traitement complémentaire	Nettoyage haute pression
Réception des travaux	Contrôle avec la caméra TV. Essais d'étanchéité selon SIA V 190 avant le rétablissement des raccordements des évacuations des eaux des biens-fonds.

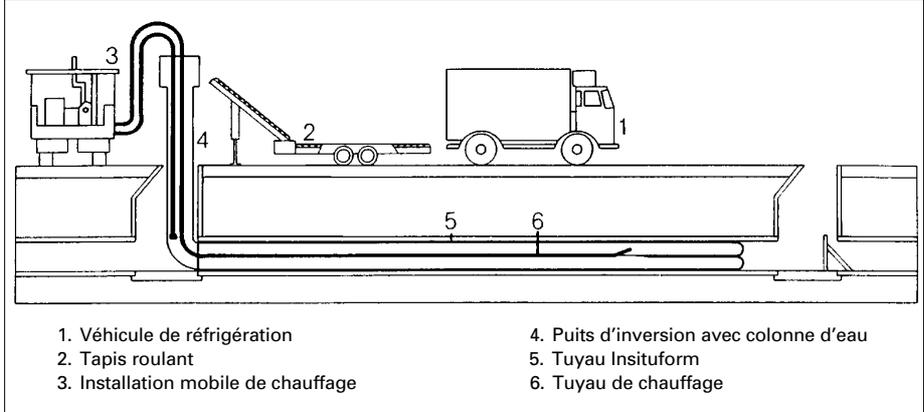
Remarques

- Réduction de la section en fonction de la couche de résine.
- Il faut s'assurer que l'espace vide est parfaitement rempli sur toute la longueur.
- Lors du bourrage de l'espace vide, il faut prendre garde au problème de la formation de bosses ou à celui de la mise en flottaison du tube sur le matériau de bourrage.
- Les raccordements des immeubles peuvent aujourd'hui être exécutés avec tous les robots de canalisations disponibles.
- A fin 1994, plus de 5000 m exécutés en Suisse.

Etat Mars 1995

Procédé	Système ERSAG SR
Groupe de procédés	Rénovation – Procédé par chemisage – Chemisage par tuyau spirale
Référence	Les informations générales sur les procédés de chemisage figurent au chapitre 4.3.2.
Licence	Ersag Systeme AG, 8005 Zürich
Représentants	<ul style="list-style-type: none"> – Ersag Systeme AG, 8005 Zürich – KFS Kanal Service G, 4703 Oensingen et succursales
Brève description	<p>Dans une chambre de contrôle, une enrouleuse hydraulique façonne un profilé nervuré en matière synthétique en forme de tube spiralé de section circulaire. Simultanément, la machine pousse ce tube dans la section de conduite à rechemiser. La liaison des profilés entre eux est assurée par un système de fermeture automatique avec deux bandes d'étanchéité intégrées. L'espace vide entre le tube spiralé et la canalisation existante est rempli avec un matériau de bourrage.</p>
Schéma de principe	
Matériaux	<p>Profilé nervuré: PVC dur Hauteur du profilé fonction du diamètre du tuyau et de la charge, de 5,5 à 14 mm</p> <p>Etanchéité: étanchéité primaire coextrudée à base de PVC élastomère, joint en caoutchouc EPDM (néoprène)</p> <p>Bourrage: matériau de bourrage fluide SR</p>
Normes	<p>N'est pas normalisé en Suisse D: ATV-Merkblatt M 143, Teil 3: Relining ATV-Arbeitsblatt A 127 (Statik)</p>
Première application	Mondiale/Suisse 1988
Domaines d'utilisation	
Dégâts réparables	<ul style="list-style-type: none"> – Raccords ouverts ou endommagés – Fissures, effritement et légère formation d'écailles sur les parois de la canalisation – Parois des canalisations corrodées

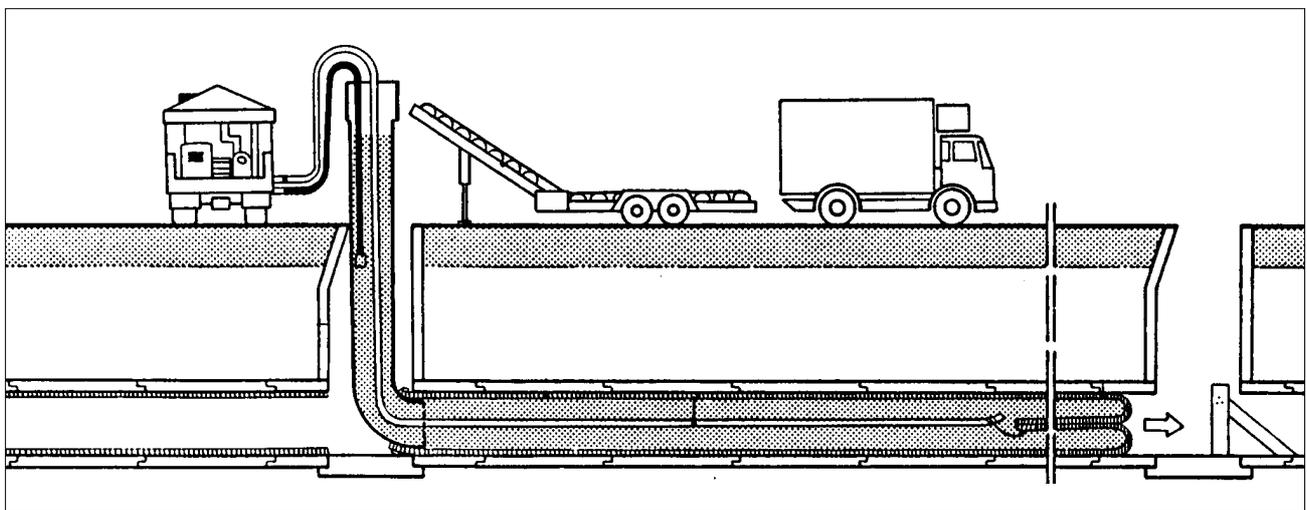
Restrictions	Le procédé n'est applicable que de manière restreinte pour : <ul style="list-style-type: none"> - Les écailllements importants - Les ruptures ou effondrements de tuyaux - Les tracés déformés - Les tuyaux flexibles très déformés
Matériaux du tuyau	Tous les matériaux
Formes de la section	Profils circulaires
Dimensions	Profils circulaires de diamètres nominaux de 100 à 600 mm
Rayon d'action maximum	En fonction des dimensions jusqu'à 100 m maximum
Courbes/Angles	Applicables avec restrictions
Travaux préliminaires	
Excavation	En fonction du diamètre du tube. Accès par les chambres de contrôle, chambres de contrôle avec possibilité d'enlever le cône ou excavation. Dans la chambre où le tube spiralé est façonné, le radier de la chambre doit en général être démoli.
Section de la canalisation	Nettoyage à haute pression. Rétablissement de la section d'origine de la canalisation par forage ou fraisage.
Raccordements latéraux	Fermeture par ballon gonflable.
Nappe phréatique	Etanchement préalable des infiltrations d'eaux souterraines.
Retenue des eaux	Pompage des eaux d'écoulement nécessaire.
Travaux de finition	
Chambres de contrôle	Raccord du tube avec la chambre de contrôle à exécuter avec un mortier spécial. Eventuellement réfections du radier de la chambre et de la chambre de contrôle.
Raccordements latéraux	Rétablissement du raccord depuis l'extérieur ou fraisage du chemisage à partir de l'intérieur avec un robot pour canalisations. Système ERSAG TROLL de raccordement des immeubles (mesure, fraisage, raccord) actuellement à l'essai.
Traitement complémentaire	Nettoyage haute pression
Réception	Contrôle avec la caméra TV. Essais d'étanchéité selon SIA V 190 avant le rétablissement des raccordements d'évacuations des eaux des biens-fonds.
Remarques	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction de la section. - Il faut s'assurer que l'espace vide est parfaitement rempli sur toute la longueur. - Lors du bourrage de l'espace vide, il faut prendre garde au problème de la formation de bosses ou à celui de la mise en flottaison du tube sur le matériau de bourrage. - Point faible: exécution de la liaison aux raccordements des immeubles.
Etat	1995

Procédé	INSITUFORM-Relining
Groupe de procédés	Rénovation – Procédé par chemisage – Chemisage par gainage
Licence	INSITUFORM International Inc., GB
Représentants	<ul style="list-style-type: none"> – KA-TE System AG, 8041 Zürich et 1022 Chavannes – Arpe AG, 4450 Sissach et succursales
Brève description	<p>Un tube flexible en feutre tissé, imprégné de résine polyester ou époxy, est introduit dans le tronçon de canalisation à assainir par une chambre de contrôle et au moyen d'un procédé par inversion sous pression d'eau. Le durcissement de la résine est exécuté sous pression par réchauffement de l'eau. Il en résulte un revêtement sans joint, étroitement appuyé sur le tuyau existant.</p>
Schéma de principe	 <p>1. Véhicule de réfrigération 2. Tapis roulant 3. Installation mobile de chauffage 4. Puits d'inversion avec colonne d'eau 5. Tuyau Insituform 6. Tuyau de chauffage</p>
Matériaux	<p>Matériaux supports: Gaine préfabriquée en feutre tissé de polyester, revêtue sur un côté d'environ 0,3 mm de polyuréthane</p> <p>Résines: Résine polyester isophaltique ou résine époxy (araldite) avec matériaux de charge en fonction des exigences</p> <p>Epaisseur de la couche: 3,0 à 48 mm selon le diamètre du tuyau et la charge</p>
Normes	<p>N'est pas normalisé en Suisse D: ATV-Merkblatt M 143, Teil 3: Relining ATV-Arbeitsblatt A 127 (Statik)</p>
Première application	<p>Mondiale 1971 GB Suisse 1978</p>
Référence	<p>KA-TE System AG/Arpe AG ont pris la licence pour la Suisse en mai 1993</p>
Domaines d'utilisation	
Dégâts réparables	<ul style="list-style-type: none"> – Raccords ouverts ou endommagés – Fissures, effritement et légère formation d'écailles sur les parois de la canalisation – Parois des canalisations corrodées

Restrictions	Le procédé n'est applicable que de manière restreinte pour : <ul style="list-style-type: none"> - Les écailllements importants - Les ruptures ou effondrements de tuyaux - Les tracés déformés - Les tuyaux flexibles très déformés
Matériaux du tuyau	Tous les matériaux
Formes de la section	Profils circulaires, ovoïdes et spéciaux
Dimensions	Profils circulaires de diamètres nominaux de 100 à 2500 mm
Rayon d'action maximum	En fonction des dimensions jusqu'à 600 m maximum
Courbes/Angles	Applicables avec restrictions (formation de plis)
Travaux préliminaires	
Excavation	En général pas nécessaire. Accès par les regards de visite
Section de la canalisation	Nettoyage à haute pression. Rétablissement de la section d'origine de la canalisation par forage ou fraisage.
Raccordements latéraux	Fraisage des raccordements saillants
Nappe phréatique	Etanchement préalable des infiltrations d'eaux souterraines
Retenue des eaux	Pompage des eaux d'écoulement et des raccordements latéraux nécessaire
Travaux de finition	
Chambres de contrôle	Raccordement du tuyau avec la chambre de contrôle à exécuter avec un mortier spécial. Assurer l'étanchéité entre le tuyau et le chemisage dans les zones de raccordements.
Raccordements latéraux	Rétablissement du raccord depuis l'extérieur ou fraisage du chemisage à partir de l'intérieur avec un robot pour canalisations. Etanchéité entre le raccordement et le chemisage à assurer au moyen de mesures appropriées (injection, masticage).
Traitement complémentaire	Nettoyage haute pression
Réception des travaux	Contrôle avec la caméra TV. Essais d'étanchéité selon SIA V 190.
Remarques	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction de la section de 9 à 48 mm en fonction de l'épaisseur de la couche - Formation de plis dans les coudes variable en fonction du diamètre du tuyau, du rayon et de l'angle - Pour les tuyaux non métalliques pas d'adhérence entre le chemisage et le tuyau - Point faible: liaison avec les raccordements des immeubles - Procédé également approprié pour l'évacuation des eaux des biens-fonds - Expérience de longue durée depuis 1971. 5000 km posés dans plus de 40 pays au plan mondial et plus de 100 km en Suisse
Etat	Mars 1995

Procédé	INSITU-Lining
Groupe de procédés	Rénovation – Procédé par chemisage – Chemisage par gainage
Licence	Neue Kasapro AG, 9202 Gossau
Représentant	Neue Kasapro AG, 9202 Gossau et succursales
Brève description	Un tube flexible en feutre tissé, saturé de résine polyester ou époxy, est introduit dans le tronçon de canalisation à assainir par une chambre de contrôle et au moyen d'un procédé par inversion sous pression d'eau. Le durcissement de la résine est exécuté sous pression par réchauffement de l'eau. Il en résulte un revêtement sans joint, étroitement appuyé sur le tuyau existant.

Schéma de principe



Matériaux	<p>Matériaux supports: Gaine préfabriquée en feutre tissé de polyester avec une trame en tissu de polyester, revêtue sur un côté d'environ 0,3 mm de polyuréthane</p> <p>Résines: Résine polyester isophaltique ou résine époxy (araldite) avec matériaux de charge en fonction des exigences</p> <p>Epaisseur de la couche: 4,5 à 24 mm selon le diamètre du tuyau et la charge</p>
Normes	<p>N'est pas normalisé en Suisse D: ATV-Merkblatt M 143, Teil 3: Relining ATV-Arbeitsblatt A 127 (Statik)</p>
Première application	<p>Mondiale 1971 GB Suisse 1978</p>
Référence	<p>La première application du procédé a été réalisée au plan mondial et en Suisse sous la désignation INSITUFORM-Relining. La société Neue Kasapro AG offre le procédé depuis mai 1993 sous la désignation INSITU-Lining en raison de droits de licence.</p>

Domaines d'utilisation

Dégâts réparables	<ul style="list-style-type: none"> – Raccords ouverts ou endommagés – Fissures, effritement et légère formation d'écailles sur les parois de la canalisation – Parois des canalisations corrodées
Restrictions	<p>Le procédé n'est applicable que de manière restreinte pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Les écailllements importants – Les ruptures ou effondrements des tuyaux – Les tracés déformés – Les tuyaux flexibles très déformés
Matériaux du tuyau	Tous les matériaux
Formes de la section	Profils circulaires, ovoïdes et spéciaux
Dimensions	Profils circulaires de diamètres nominaux de 125 à 1200 mm
Rayon d'action maximum	En fonction des dimensions jusqu'à 400 m maximum
Courbes/Angles	Applicables avec restrictions (formation de plis)

Travaux préliminaires

Excavation	En général pas nécessaire. Accès par les chambres de contrôle.
Section de la canalisation	Nettoyage à haute pression. Rétablissement de la section d'origine de la canalisation par forage ou fraisage.
Raccordements latéraux	Fraisage des raccordements existants
Nappe phréatique	Etanchement préalable des infiltrations d'eaux souterraines
Retenue des eaux	Pompage des eaux d'écoulement et des raccordements latéraux nécessaire

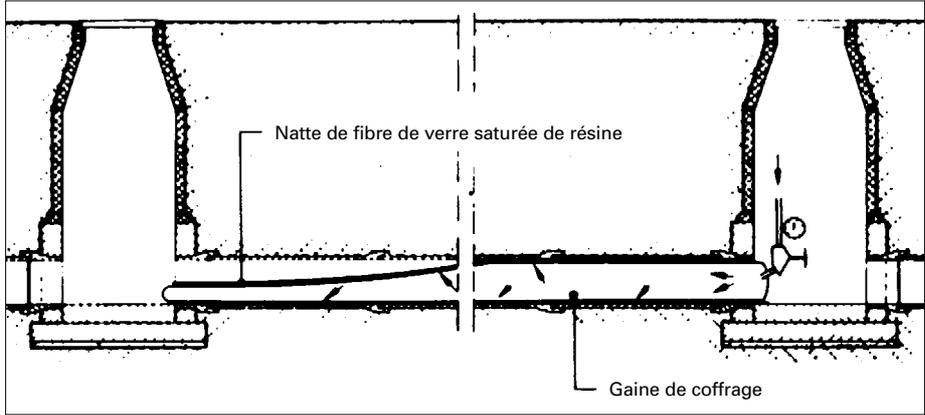
Travaux de finition

Chambres de contrôle	Raccordement du tuyau avec la chambre de contrôle à exécuter avec un mortier spécial. Assurer l'étanchéité entre le tuyau et le chemisage dans les zones de raccordements.
Raccordements latéraux	Rétablissement du raccord depuis l'extérieur ou fraisage du chemisage à partir de l'intérieur avec un robot pour canalisations. Etanchéité entre le raccordement et le chemisage à assurer au moyen de mesures appropriées (injection, masticage).
Traitement complémentaire	Nettoyage haute pression
Réception	Contrôle avec la caméra TV. Essais d'étanchéité selon SIA V 190.

Remarques

- Réduction de la section en fonction de l'épaisseur de la couche de 9 à 48 mm
- Formation de plis dans les coudes dépendants du diamètre du diamètre, du rayon et de l'angle du tuyau
- Pour les tuyaux non métalliques il n'y a pas d'adhérence entre le chemisage et le tuyau
- Point faible: liaison avec les raccordements aux immeubles
- Procédé également approprié pour l'évacuation des eaux des biens-fonds
- Expérience de longue durée depuis 1971. Plus de 100 km posés en Suisse.

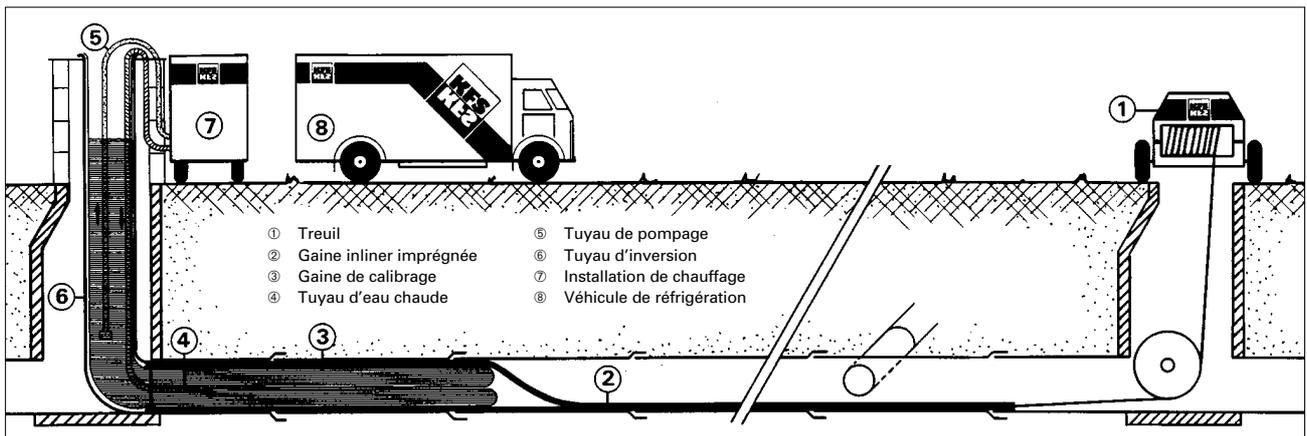
Etat 1995

Procédé	<h1 style="margin: 0;">Système Flex-KRT</h1>
Groupe de procédés	Rénovation – Procédé par chemisage – Chemisage par gainage
Référence	Les informations générales sur les procédés de chemisage figurent au chapitre 4.3.2.
Licence	KRT Kanalsanierungs-Technik AG, 2504 Bienne
Représentant	KRT Kanalsanierungs-Technik AG, 2504 Bienne et succursales
Brève description	<p>Une gaine flexible en toile et en fibre de verre, saturée de résine époxy, est introduite dans une chambre de contrôle existante et tirée à l'aide d'un treuil dans le tronçon de canalisation à assainir. La gaine est ensuite gonflée avec de l'air comprimé ou de l'eau et pressée contre les parois de la canalisation. Le durcissement de la résine est exécuté sous pression à l'aide d'un chauffage à résistance électrique par une natte chauffante intégrée dans le voile de verre ou au moyen d'eau chaude. Il en résulte un revêtement sans joint qui s'appuie étroitement sur le tuyau existant.</p>
Schéma de principe	 <p>Le schéma illustre le processus de réfection d'une canalisation. On voit une section transversale d'une conduite existante (à gauche) et d'une nouvelle gaine installée (à droite). La gaine est constituée d'une couche intérieure en PVC stratifié et d'une couche extérieure en PVC. Une natte de fibre de verre saturée de résine est appliquée sur la gaine. Des flèches indiquent la direction de l'air comprimé ou de l'eau utilisée pour gonfler la gaine contre les parois de la conduite existante. Le processus est soutenu par une gaine de coffrage.</p>
Matériaux	<p>Matériaux supports: Gaine préfabriquée en voile de verre et en tissu de fibres de verre avec natte de chauffage incorporée. Couche intérieure en voile stratifiée de PVC. Couche extérieure en PVC.</p> <p>Résines: Divers systèmes de résines époxy</p> <p>Epaisseur de la couche: 6,0 à 8,5 mm selon le diamètre du tuyau et la charge</p>
Normes	<p>N'est pas normalisé en Suisse D: ATV-Merkblatt M 143, Teil 3: Relining ATV-Arbeitsblatt A 127 (Statik)</p>
Première application	<p>Mondiale 1979 F (Copeflex) Suisse 1985</p>
Domaines d'utilisation	
Dégâts réparables	<ul style="list-style-type: none"> – Raccords ouverts ou endommagés – Fissures, effritement et légère formation d'écailles sur les parois de la canalisation – Parois des canalisations corrodées

Restrictions	Le procédé n'est applicable que de manière restreinte pour : <ul style="list-style-type: none"> - Les écailllements importants - Les ruptures ou effondrements de tuyaux - Les tracés déformés - Les tuyaux flexibles très déformés
Matériaux du tuyau	Tous les matériaux
Formes de la section	Profils circulaires, ovoïdes et spéciaux
Dimensions	Profils circulaires de diamètres nominaux de 100 à 1800 mm
Rayon d'action maximum	En fonction des dimensions jusqu'à 125 m maximum
Courbes/Angles	Applicables avec restrictions (formation de plis)
Travaux préliminaires	
Excavation	En général pas nécessaire Accès par les chambres de contrôle
Section de la canalisation	Nettoyage à haute pression. Rétablissement de la section d'origine de la canalisation par forage ou fraisage.
Raccordements latéraux	Fraisage des raccordements existants
Nappe phréatique	Etanchement préalable des infiltrations d'eaux souterraines
Retenue des eaux	Pompage des eaux d'écoulement et des raccordements latéraux nécessaire
Travaux de finition	
Chambres de contrôle	Raccordement du tuyau avec la chambre de contrôle à exécuter avec un mortier spécial. Assurer l'étanchéité entre le tuyau et le chemisage dans les zones de raccordements.
Raccordements latéraux	Rétablissement du raccord depuis l'extérieur ou fraisage du chemisage à partir de l'intérieur avec un robot pour canalisations. Etanchéité entre le raccordement et le chemisage à assurer au moyen de mesures appropriées (injection, masticage, pièces spéciales).
Traitement complémentaire	Nettoyage haute pression
Réception	Contrôle avec la caméra TV. Essais d'étanchéité selon SIA V 190
Remarques	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction de la section en fonction de l'épaisseur de la couche de 12 à 17 mm - Formation de plis dans les coudes dépendants du diamètre, du rayon et de l'angle du tuyau - Pas d'adhérence entre le chemisage et le tuyau en cas d'utilisation d'une gaine extérieure - Point faible : liaison avec les raccordements des immeubles - Jusqu'à fin 1990, environ 17,5 km exécutés en France ; jusqu'à fin 1992, environ 9,5 km exécutés en Suisse
Etat	1995

Procédé	KM-Inliner
Groupe de procédés	Rénovation – Procédé par chemisage – Chemisage par gainage
Référence	Les informations générales sur les procédés de chemisage figurent au chapitre 4.3.2.
Licence	Kanal-Müller-Gruppe, D-4938 Schieder-Schwalenberg
Représentant	KFS Kanal-Service AG, 1530 Payerne et 4702 Oensingen et succursales
Brève description	Une gaine flexible en feutre tissé, saturée de résine polyester ou de résine époxy, est introduite dans les chambres de contrôle existantes et tirée à l'aide d'un treuil dans le tronçon de canalisation à assainir. Dans cette gaine support, un tuyau de calibrage est introduit en procédé par inversion sous pression d'eau. Par cette mise en charge, la gaine est gonflée et pressée contre la paroi de la canalisation. Le durcissement de la résine est exécuté sous pression par chauffage de l'eau. Il en résulte un revêtement sans joint qui s'appuie étroitement au tuyau existant.

Schéma de principe



Matériaux	<p>Matériaux supports pour les gaines extérieures et de calibrage : Gaine préfabriquée en feutre tissé de polyester, une face revêtue avec environ 0,5 mm de polyuréthane. Le matériau support peut être renforcé avec un tissu de fibres de verre.</p> <p>Résines: Résine de polyester isophaltique ou résine époxy</p> <p>Epaisseur de la couche: Résine de polyester: 4 mm à 24 mm Résine époxy: 4 mm à 10 mm selon le diamètre du tuyau et la charge</p>
Normes	<p>N'est pas normalisé en Suisse D: ATV-Merkblatt M 143, Teil 3: Relining ATV-Arbeitsblatt A 127 (Statik)</p>
Première application	<p>Mondiale 1985 D Suisse 1985</p>

Domaines d'utilisation

Dégâts réparables	<ul style="list-style-type: none"> – Raccords ouverts ou endommagés – Fissures, effritement et légère formation d'écailles sur les parois de la canalisation – Parois des canalisations corrodées
Restrictions	<p>Le procédé n'est applicable que de manière restreinte pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Les écailllements importants – Les ruptures ou effondrements de tuyaux – Les tracés déformés – Les tuyaux flexibles très déformés
Matériaux du tuyau	Tous les matériaux
Formes de la section	Profils circulaires, ovoïdes et spéciaux
Dimensions	Profils circulaires de diamètres nominaux de 125 à 1250 mm
Rayon d'action maximum	En fonction des dimensions jusqu'à 200 m maximum
Courbes/Angles	Applicables avec restrictions (formation de plis)

Travaux préliminaires

Excavation	En général pas nécessaire. Accès par les chambres de contrôle.
Section de la canalisation	Nettoyage à haute pression. Rétablissement de la section d'origine de la canalisation par forage ou fraisage.
Raccordements latéraux	Fraisage des raccordements existants
Nappe phréatique	Etanchement préalable des infiltrations d'eaux souterraines
Retenue des eaux	Pompage des eaux d'écoulement et des raccordements latéraux nécessaire

Travaux de finition

Chambres de contrôle	Raccordement du tuyau avec la chambre de contrôle à exécuter avec un mortier spécial. Assurer l'étanchéité entre le tuyau et le chemisage dans les zones de raccordements.
Raccordements latéraux	Rétablissement du raccord depuis l'extérieur ou fraisage du chemisage à partir de l'intérieur avec un robot pour canalisations. Etanchéité entre le raccordement et le chemisage à assurer au moyen de mesures appropriées (injection, masticage, pièces spéciales).
Traitement complémentaire	Nettoyage haute pression
Réception	Contrôle avec la caméra TV. Essais d'étanchéité selon SIA V 190

Remarques

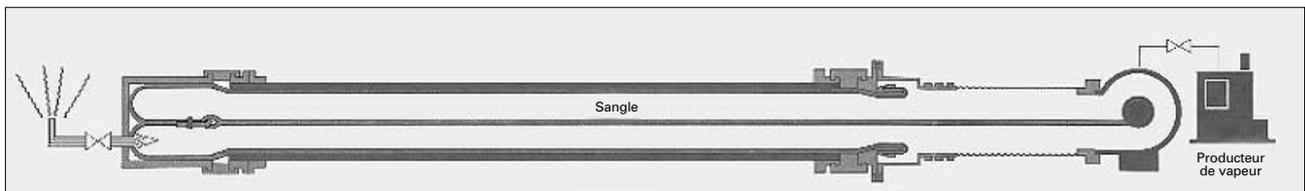
- Réduction de la section en fonction de l'épaisseur de la couche de 8 à 48 mm
- Formation de plis dans les coudes dépendants du diamètre, du rayon et de l'angle du tuyau
- En général pas d'adhérence entre la gaine et le tuyau
- Point faible: liaison avec les raccordements des immeubles
- Expérience de longue durée depuis 1985. Sur le plan mondial en D, NL, GB, J et USA: plus de 110 km, en Suisse: plus de 8 km exécutés.

Etat

1995

Procédé	PHOENIX-Relining
Groupe de procédés	Rénovation – Procédé par chemisage – Chemisage par gainage
Référence	Les informations générales sur les procédés de chemisage figurent au chapitre 4.3.2.
Licence	Phoenix Treatment SA, CH/NL
Représentant	Line SA/AG, 1303 Penthaz et 8902 Urdorf
Brève description	Une gaine flexible en tissu de polyester, enduit de résine époxy, est introduite dans les tronçons de la canalisation à assainir par les regards de visite existants et au moyen d'un procédé par inversion à l'air comprimé. Le durcissement de la résine est exécuté sous pression, par injection de vapeur. Il en résulte un revêtement sans joint, étroitement appuyé sur le tuyau existant.

Schéma de principe



Matériaux	<p>Matériaux supports: Gaine sans couture en tissu de polyester, revêtue de polyuréthane sur une face. Renforcement possible, en fonction des exigences, avec une couche de feutre tissé.</p> <p>Résines: Résine époxy</p> <p>Epaisseur de la couche: 1,5 à 12 mm selon le diamètre du tuyau et la charge</p>				
Normes	<p>N'est pas normalisé en Suisse D: ATV-Merkblatt M 143, Teil 3: Relining ATV-Arbeitsblatt A 127 (Statik)</p>				
Première application	<table border="0"> <tr> <td>Mondiale</td> <td>1965 Japon (conduites de gaz)</td> </tr> <tr> <td>Suisse</td> <td>1982 conduites de gaz 1987 canalisations</td> </tr> </table>	Mondiale	1965 Japon (conduites de gaz)	Suisse	1982 conduites de gaz 1987 canalisations
Mondiale	1965 Japon (conduites de gaz)				
Suisse	1982 conduites de gaz 1987 canalisations				

Domaines d'utilisation

Dégâts réparables	<ul style="list-style-type: none"> – Raccords ouverts ou endommagés – Fissures, effritement et légère formation d'écailles sur les parois de la canalisation – Parois des canalisations corrodées
Restrictions	<p>Le procédé n'est applicable que de manière restreinte pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Les écaillements importants – Les ruptures ou effondrements de tuyaux – Les tracés déformés – Les tuyaux flexibles très déformés

Matériaux du tuyau	Tous les matériaux
Formes de la section	Profils circulaires, ovoïdes et spéciaux
Dimensions	Profils circulaires de diamètres nominaux de 80 à 900 mm
Rayon d'action maximum	En fonction des dimensions jusqu'à 650 m maximum
Courbes/Angles	Applicables avec restrictions (formation de plis) jusqu'à 90° (R > 3D)

Travaux préliminaires

Excavation	En général pas nécessaire Accès par les regards de visite
Section de la canalisation	Nettoyage à haute pression Rétablissement de la section d'origine de la canalisation par forage ou fraisage.
Raccordements latéraux	Fraisage des raccordements saillants
Nappe phréatique	Etanchement préalable des infiltrations d'eaux souterraines
Retenue des eaux	Pompage des eaux d'écoulement nécessaire

Travaux de finition

Chambres de contrôle	Assurer l'étanchéité entre le tuyau et le chemisage dans les zones de raccordements
Raccordements latéraux	Rétablissement du raccord depuis l'extérieur ou fraisage du chemisage à partir de l'intérieur avec un robot de canalisations. Etanchéité entre le raccordement et le chemisage à assurer au moyen de mesures appropriées (injection, masticage, pièces spéciales).
Traitement complémentaire	Nettoyage à haute pression
Réception des travaux	Contrôle avec la caméra TV. Essais d'étanchéité selon SIA V 190

Remarques

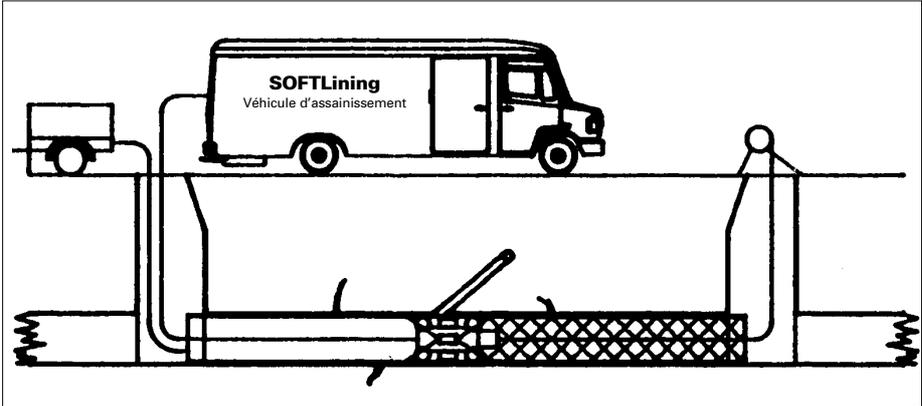
- Réduction de la section de 3 à 24 mm en fonction de l'épaisseur de la couche
- Formation de plis dans les coudes variable en fonction du diamètre du tuyau, du rayon et de l'angle
- Pour les tuyaux en béton et en grès, adhérence critique entre le chemisage et le tuyau
- Point faible: liaison avec les raccordements des immeubles

Expériences

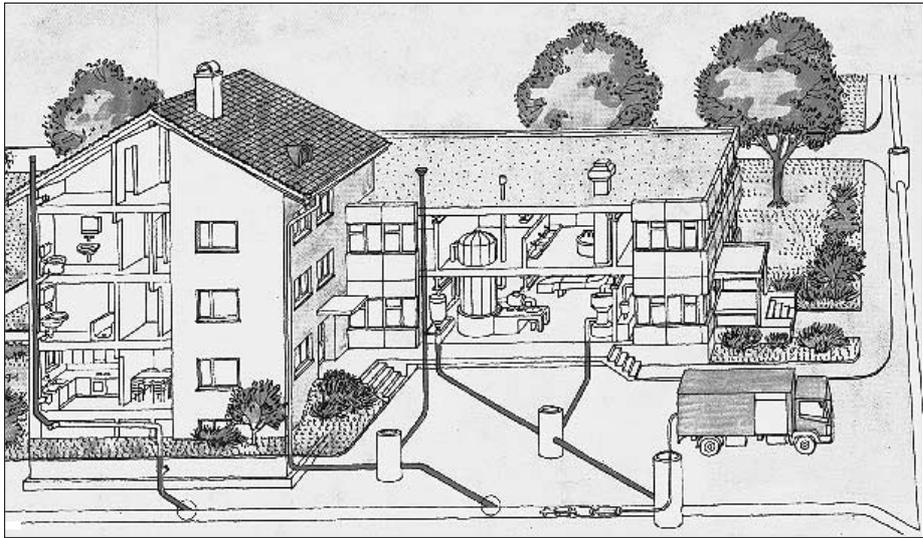
- Initialement le procédé a été développé pour le domaine des conduites sous pression. Une expérience de longue durée existe dans le domaine des réseaux de distribution (gaz, eau).
- Utilisé de manière limitée dans le domaine des canalisations.

Etat

Février 1995

Procédé	SOFTLINING
Groupe de procédés	Rénovation – Procédé par chemisage – Chemisage par gainage
Référence	Les informations générales sur les procédés de chemisage figurent au chapitre 4.3.2.
Fournisseur du système	Rothenberger Rohrsanierung GmbH, Gutlentstr. 175, D-60327 Frankfurt a.M.
Applicateur	Sur demande
Brève description	<p>Une gaine flexible multicouches (construction de type sandwich à base de feuilles de fibres de verre et feutre), imprégnée de résine polyester, est introduite dans un regard de visite existant et tirée à l'aide d'un treuil dans le tronçon de canalisation à assainir. Dans cette gaine support, un tuyau de calibrage est introduit par inversion et gonflé à l'air comprimé. Par cette mise en pression, la gaine est gonflée et pressée contre la paroi de la canalisation. Le durcissement de la résine est exécuté par rayonnement UV. Il en résulte un revêtement sans joint, qui s'appuie étroitement au tuyau existant.</p>
Schéma de principe	
Matériaux	<p>Matériaux supports: Gaine préfabriquée multicouches de type sandwich (feuille – fibres de verre – feutre – fibres de verre – feuille) avec feuille extérieure résistante Gaine de calibrage spéciale de type multicouches</p> <p>Résines: Résine de polyester durcissant à la lumière, à base d'acide isophtalique, avec néopentylglykol ou, en cas d'eaux extrêmement agressives, résine à base d'ester de vinyl</p> <p>Epaisseur de la couche: 3 mm à 13 mm selon le diamètre du tuyau et la charge</p>
Normes	<p>N'est pas normalisé en Suisse et en Allemagne D: ATV-Merkblatt M 143, Teil 3: Relining ATV-Arbeitsblatt A 127 (Statik)</p>
Première application	Mondiale/Suisse 1985
Domaines d'utilisation	
Dégâts réparables	<ul style="list-style-type: none"> – Raccords ouverts ou endommagés – Fissures, effritement et légère formation d'écailles sur les parois de la canalisation – Parois des canalisations corrodées

Restrictions	Le procédé n'est applicable que de manière restreinte pour : <ul style="list-style-type: none"> - Les écailllements importants - Les ruptures ou effondrements de tuyaux - Les tracés fortement déformés - Les tuyaux flexibles très déformés
Matériaux du tuyau	Tous les matériaux
Formes de la section	Profils circulaires, ovoïdes et spéciaux
Dimensions	Profils circulaires de diamètres nominaux de 150 à 1000 mm
Rayon d'action maximum	En fonction des dimensions jusqu'à 180 m maximum
Courbes/Angles	Applicables avec restrictions (formation de plis)
Travaux préliminaires	
Excavation	En général pas nécessaire Accès par les chambres de contrôle
Section de la canalisation	Nettoyage à haute pression. Rétablissement de la section d'origine de la canalisation par forage ou fraisage.
Raccordements latéraux	Fraisage des raccordements saillants
Nappe phréatique	Etanchement préalable des infiltrations d'eaux souterraines
Retenue des eaux	Pompage des eaux d'écoulement et des raccordements latéraux nécessaire
Travaux de finition	
Chambres de contrôle	Raccordement du tuyau avec la chambre de contrôle à exécuter avec un mortier spécial. Assurer l'étanchéité entre le tuyau et le chemisage dans les zones de raccordements.
Raccordements latéraux	Rétablissement du raccord depuis l'extérieur ou fraisage du chemisage à partir de l'intérieur avec un robot pour canalisations. Etanchéité entre le raccordement et le chemisage à assurer au moyen de mesures appropriées (injection, masticage).
Traitement complémentaire	Nettoyage haute pression
Réception des travaux	Contrôle avec la caméra TV. Essais d'étanchéité selon SIA V 190
Remarques	<ul style="list-style-type: none"> - Réduction de la section de 6 à 26 mm en fonction de l'épaisseur de la couche - Formation variable de plis dans les coudes en fonction du diamètre, du rayon et de l'angle du tuyau - En général pas d'adhérence entre le chemisage et le tuyau - Point faible: liaison avec les raccordements des immeubles - 6 installations en service. Sans redevance de licence. Au total 60 000 m exécutés (fin 1994)
Etat	Décembre 1994

Procédé	Sika RoboLiner 10	
Groupe de procédés	Rénovation – Procédé par chemisage – Chemisage par gainage	
Référence	Les informations générales sur les procédés de chemisage figurent au chapitre 4.3.2.	
Fabricant	Sika Robotics AG, 8967 Widen	
Représentants	<ul style="list-style-type: none"> – Sika Robotics AG, 8967 Widen – Rohrrenova AG, 9100 Herisau – Hächler Kanalsanierungen, 5430 Wettingen – Rohr-Reinigungs-Service RRS AG 3110 Münsingen/8004 Zürich 	
Brève description	<p>Une gaine flexible en feutre tissé de polyester est saturée sur place de résine époxy et tirée à l'aide d'un treuil dans le tronçon de canalisation à assainir. La gaine est ensuite mise en forme avec de l'air comprimé qui la presse contre les parois de la canalisation. Le durcissement de la résine se fait à la température normale. Il en résulte un revêtement sans joint qui s'appuie étroitement au tuyau existant.</p>	
Schéma de principe		
Matériaux	<p>Matériaux supports: Gaine préfabriquée en feutre tissé de polyester avec un tissu d'armature. Eventuellement PE-Preliner.</p> <p>Résines: Résine époxy à deux composants durcissant à froid SikaRoboTec 8/11 en fonction de la température extérieure</p> <p>Epaisseur de la couche: 3 mm à 9 mm selon le diamètre du tuyau et la charge</p>	
Normes	<p>N'est pas normalisé en Suisse D: ATV-Merkblatt M 143, Teil 3: Relining ATV-Arbeitsblatt A 127 (Statik)</p>	
Première application	Mondiale	1988 Suède
	Suisse	1991

Domaines d'utilisation	Evacuation des eaux des biens-fonds et des immeubles
Dégâts réparables	<ul style="list-style-type: none"> – Raccords ouverts ou endommagés – Fissures, effritement et légère formation d'écailles sur les parois de la canalisation – Parois des canalisations corrodées
Restrictions	<p>Le procédé n'est applicable que de manière restreinte pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Les écailllements importants – Les ruptures ou effondrements de tuyaux – Les tracés déformés – Les tuyaux flexibles très déformés
Matériaux du tuyau	Tous les matériaux
Formes de la section	Profils circulaires, ovoïdes et spéciaux
Dimensions	Profils circulaires de diamètres nominaux de 50 mm à 400 mm
Rayon d'action maximum	En fonction des dimensions et du nombre de courbes jusqu'à 60 m maximum
Courbes/Angles	Une courbe à 45° ou deux courbes dans le même sens à 30° possibles
Travaux préliminaires	
Excavation	En général pas nécessaire. Accès par les chambres de contrôle
Section de la canalisation	Nettoyage à haute pression. Rétablissement de la section d'origine de la canalisation par forage ou fraisage.
Raccordements latéraux	Fraisage des raccordements existants
Nappe phréatique	Etanchement préalable des infiltrations d'eaux souterraines
Retenue des eaux	Pompage des eaux d'écoulement nécessaire
Travaux de finition	
Chambres de contrôle	Raccordement du tuyau avec la chambre de contrôle à exécuter avec un mortier spécial. Assurer l'étanchéité entre le tuyau et le chemisage dans les zones de raccordements.
Raccordements latéraux	Fraisage du chemisage avec SikaRoboCut ou système SikaRobot à partir de l'intérieur. Exécution étanche du raccordement à assurer au moyen de mesures appropriées (injection, masticage, manchon d'introduction).
Traitement complémentaire	Nettoyage haute pression
Réception	Contrôle avec la caméra TV. Essais d'étanchéité selon SIA V 190
Remarques	<ul style="list-style-type: none"> – Mise en œuvre dans les canalisations non visitables possible grâce au robot pour canalisations – Réduction de la section en fonction de l'épaisseur de la couche de 6 à 18 mm – Lors de l'utilisation d'un Preliners pas d'adhérence entre le chemisage et le tuyau – Pour les diamètres nominaux de 400 mm à 800 mm le SikaRoboLiner 20 peut être mis en œuvre – Pour toute l'Europe, 11 systèmes en exploitation
Etat	1995

Procédé

Sika RoboLiner 20

Groupe de procédés

Rénovation – Procédé par chemisage – Chemisage par gainage

Fabricant

Sika Robotics AG, 8967 Widen

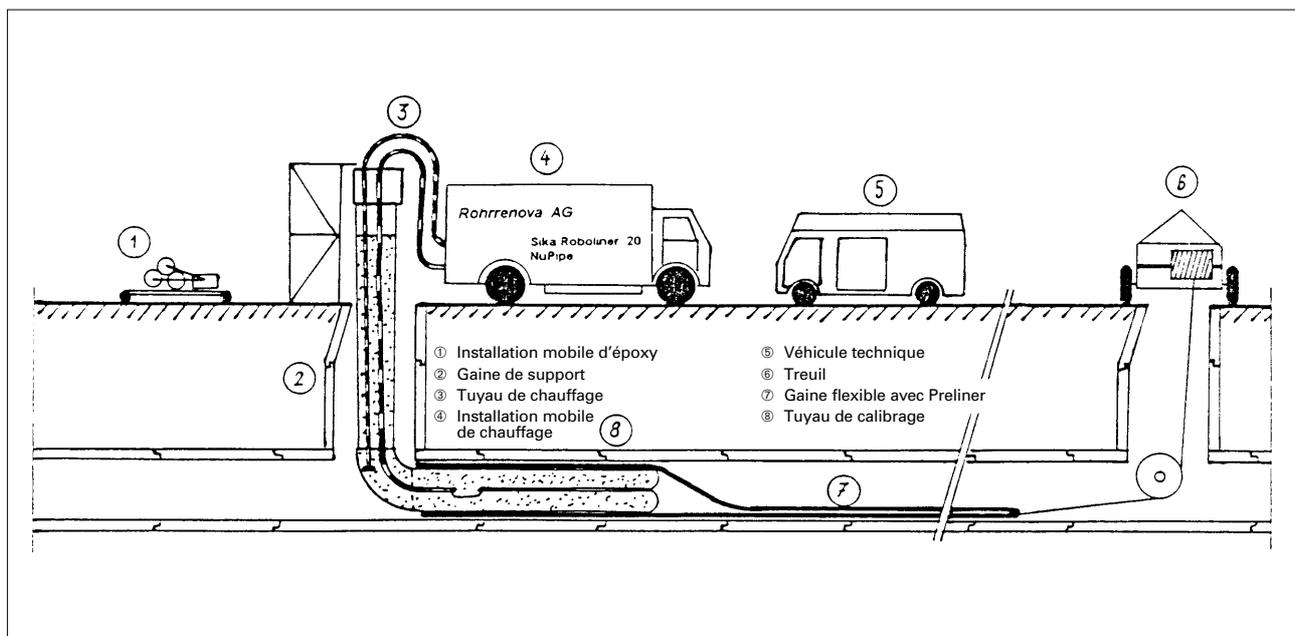
Représentant

Rohrrenova AG, 9100 Herisau

Brève description

Une gaine flexible en feutre tissé de polyester avec un Preliner extérieur est saturée de résine époxy sur place ou en atelier, puis tirée à l'aide d'un treuil dans le tronçon de canalisation à assainir. Un tuyau de calibrage est introduit dans la gaine support par un procédé d'inversion sous pression d'eau. La gaine support est ainsi élargie et pressée contre le tuyau existant. Le durcissement de la résine est exécuté sous pression par chauffage de l'eau. Après le durcissement, le tuyau de calibrage est extrait et les eaux d'écoulement sont ainsi directement en contact avec la résine époxy résistante. Il en résulte un revêtement sans joint qui s'appuie étroitement au tuyau existant.

Schéma de principe



Matériaux

Matériaux supports:

Gaine préfabriquée en feutre tissé de polyester avec tissu de renforcement et Preliner PE.

Résines:

Résine époxy à deux composants durcissant à froid.

SikoRobo Tec 10 à 11 en fonction des températures extérieures

Epaisseur de la couche:

7 mm à 14 mm selon le diamètre du tuyau et la charge

Normes

N'est pas normalisé en Suisse

D: ATV-Merkblatt M 143, Teil 3: Relining

ATV-Arbeitsblatt A 127 (Statik)

Première application

Suisse 1992

Domaines d'utilisation

Dégâts réparables	<ul style="list-style-type: none"> – Raccords ouverts ou endommagés – Fissures, effritement et légère formation d'écaillles sur les parois de la canalisation – Parois des canalisations corrodées
Restrictions	<p>Le procédé n'est applicable que de manière restreinte pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> – Les écailllements importants – Les ruptures ou effondrements de tuyaux – Les tracés déformés – Les tuyaux flexibles très déformés
Matériaux du tuyau	Tous les matériaux
Formes de la section	Profils circulaires, ovoïdes et spéciaux
Dimensions	Profils circulaires de diamètres nominaux de 250 mm à 1000 mm
Rayon d'action maximum	En fonction des dimensions jusqu'à 200 m maximum
Courbes/Angles	Applicables avec restriction (formation de plis)

Travaux préliminaires

Excavation	En général pas nécessaire. Accès par les chambres de contrôle.
Section de la canalisation	Nettoyage à haute pression. Rétablissement de la section d'origine de la canalisation par forage ou fraisage.
Raccordements latéraux	Fraisage des raccordements existants
Nappe phréatique	Etanchement préalable des infiltrations d'eaux souterraines
Retenue des eaux	Pompage des eaux d'écoulement et des raccordements latéraux nécessaire

Travaux de finition

Chambres de contrôle	Raccordement du tuyau avec la chambre de contrôle à exécuter avec un mortier spécial. Assurer l'étanchéité entre le tuyau et le chemisage dans les zones de raccordements.
Raccordements latéraux	Rétablissement des raccordements depuis l'extérieur ou fraisage du chemisage avec un robot de canalisations à partir de l'intérieur. Exécution étanche du raccordement à assurer au moyen de mesures appropriées (injection, masticage, manchon d'introduction).
Traitement complémentaire	Nettoyage haute pression
Réception	Contrôle avec la caméra TV. Essais d'étanchéité selon SIA V 190

Remarques

- Réduction de la section en fonction de l'épaisseur de la couche de 14 mm à 28 mm
- Formation de plis dans les coudes en fonction du diamètre du tuyau, du rayon et de l'angle
- En général pas d'adhérence entre le chemisage et le tuyau
- Avec un manchon d'introduction, il est possible d'exécuter la liaison de l'Inliner avec le raccordement d'un immeuble de manière propre et étanche
- Expérience de longue durée depuis 1991
- Système RoboLiner 10: 25 km exécutés (fin 1994)
- Système RoboLiner 20: 4 km exécutés (fin 1994)

Etat 1995

Procédé	COMPACT PIPE
Groupe de procédés	Rénovation – Procédé de chemisage – Chemisage par ligne de tuyau
Référence	Les informations générales sur les procédés de chemisage figurent au chapitre 4.3.2.
Licence	Wavin GmbH, Twist D
Représentant	Heinr. Hatt-Haller AG, 8022 Zürich
Brève description	La ligne de tuyaux, en PE-HD (polyéthylène haute densité), a son profil façonné en usine en forme de C lors de la production. Le diamètre du tuyau est ainsi réduit d'environ 30 %, ce qui permet de l'introduire facilement dans le tronçon de canalisation existant. Mis sous pression de vapeur, le Compact Pipe Profil reprend sa forme cylindrique circulaire initiale. Le chemisage s'appuie complètement et de manière durable sur l'ancienne paroi de la canalisation. L'assainissement avec Compact Pipe, du point de vue de l'amortissement, peut être considéré comme une construction neuve, ce qui le rend également intéressant économiquement pour l'exploitation.
Schéma de principe	
Matériaux	<p>Polyéthylène à haute densité PE-HD</p> <ul style="list-style-type: none"> – polyéthylène 100 (PE MRS 100) distribution de gaz et d'eau – polyéthylène 80 (PE MRS 80) canalisations d'évacuation des eaux <p>Livrable du DN 100 mm jusqu'au DN 400 mm pour pressions de service jusqu'à PN 10</p> <p>Longueurs livrables jusqu'à 500 m (variable en fonction du diamètre choisi)</p>
Normes	<p>N'est pas normalisé en Suisse</p> <p>D: ATV-Merkblatt M 143, Teil 3: Relining ATV-Arbeitsblatt A 127 (Statik)</p> <p>EU: Exécution conforme à:</p> <ul style="list-style-type: none"> ISO 4427 pour l'eau potable ISO 4437 pour le gaz ISO DES 8772 pour l'évacuation des eaux à écoulement libre
Première application	<p>Mondiale 1993 Allemagne</p> <p>Suisse 1994</p>

Domaines d'utilisation	<ul style="list-style-type: none"> - Conduites à écoulement libre/Evacuation des eaux - Conduites industrielles - Conduites de distribution d'eau - Conduites de distribution de gaz
Dégâts réparables	<ul style="list-style-type: none"> - Raccords ouverts ou endommagés - Fissures, effritement, légère formation d'écailles sur la paroi des canalisations - Parois des tuyaux corrodées - Puits ou raccords latéraux désaffectés - Pénétration de racines
Restrictions	<p>Le procédé n'est applicable que de manière restreinte pour :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Les ruptures ou effondrements des tuyaux - Les tracés déformés - Les tuyaux flexibles très déformés, avec réduction de la section
Matériaux du tuyau	Tous les matériaux
Formes de la section	Profils circulaires
Dimensions	DN 100 à 400 mm
Rayon d'action maximum	En fonction des dimensions jusqu'à 500 m au maximum
Courbes/Angles	Applicables avec restrictions
Travaux préliminaires	
Excavation	En général pas nécessaire. Accès par les regards de visite existants.
Section de la canalisation	Nettoyage à haute pression. Rétablissement de la section d'origine de la canalisation par forage ou fraisage.
Raccordements latéraux	Repérage exact et fraisage des raccords saillants
Nappe phréatique	En général pas de mesures nécessaires. Etanchement préalable des fortes pénétrations d'eaux souterraines.
Retenue des eaux	Pompage des eaux d'écoulement nécessaire pendant la phase d'expansion
Travaux de finition	
Chambres de contrôle	<ul style="list-style-type: none"> - Selon les possibilités, traverser le regard de visite avec le tuyau PE et exécuter une ouverture correspondante sur la partie supérieure du tuyau. Adapter ou exécuter à neuf le lit de pose existant. - A l'extrémité des étapes de travail, exécution du raccord du tuyau avec le regard de visite au moyen de mortiers spéciaux. S'assurer de l'étanchéité entre le tuyau et le chemisage dans la zone de traversée.
Raccordements latéraux	<ul style="list-style-type: none"> - A ciel ouvert, rétablissement du raccordement avec des pièces spéciales en PE - Fraisage du chemisage depuis l'intérieur, ainsi que revêtement et étanchement à de l'un des robots pour canalisations actuellement disponibles
Traitement complémentaire	Nettoyage à haute pression
Réception des travaux	<p>Contrôles par caméra TV</p> <p>Essais d'étanchéité selon SIA V 190</p>
Remarques	<ul style="list-style-type: none"> - Le polyéthylène PE-HD, matériau aux caractéristiques bien connues, est utilisé pour l'application. - L'assainissement avec Compact Pipe, du point de vue de l'amortissement, peut être considéré comme une construction neuve. - Des entreprises locales peuvent compléter les raccords latéraux avec des méthodes de travail traditionnelles et à n'importe quel moment. - Réduction de la section de 18 à 40 mm en fonction de l'épaisseur de la couche. - Pas d'adhérence entre le chemisage et la canalisation existante. - Points faibles: exécution sans fouille des raccords des immeubles et étanchéité dans les regards de départ et d'arrivée.
Etat	Mars 1995

7. Enquête

7.1	Généralités	139
7.2	Résumé des résultats	141
7.3	Commentaire	149

7. Enquête

7.1 Généralités

Remarque préliminaire

Lors de l'élaboration de la publication, le groupe de travail a constaté combien il était difficile de réunir des données fiables sur l'étude et la mise en œuvre de mesures de réfection des dégâts. En particulier, on a constaté que les avis divergeaient fortement entre les maîtres d'ouvrages et les entreprises sur la bonne adéquation entre les procédés de réfection et de rénovation proposés en Suisse et les buts recherchés. En conséquence, la publication a été complétée par une enquête auprès de villes et de communes qui ont remis en état des canalisations non praticables, sans travaux de fouille et à partir de l'intérieur, dès le début des années 70. Par la même occasion, des indications complémentaires ont pu être obtenues, par exemple sur la forme de l'organisation, la structure du réseau de canalisations, la manière de procéder et le financement.

Forme de l'enquête

Des sondages traditionnels avec des questionnaires tels ceux de l'ATV en Allemagne (1988) ou de la Chaire d'Economie d'entreprises de l'EPF Zurich (1991) nous informent peu sur la qualité des expériences réalisées au cours des années avec les différents procédés techniques. Ils ont bien sûr permis de produire une riche documentation chiffrée dont l'exploitation statistique peut également être significative; la plupart du temps cependant, les réponses concernant la qualité des divers systèmes particuliers n'ont pas été satisfaisantes. En conséquence, le groupe de travail a interrogé au cours d'entretiens un nombre limité de responsables de villes et de communes alémaniques à propos de leurs expériences dans l'entretien des canalisations non praticables. Toutes ces discussions ont été conduites selon un schéma uniforme des thèmes à traiter (figure 7.1).

Partenaires de l'enquête

Le choix des villes et des communes interrogées a été exécuté à partir des critères suivants:

- expérience dans le domaine de l'entretien des canalisations;
- nombre d'habitants;
- structure de l'organisation de l'administration;
- situation géographique.

Les instances compétentes des villes et communes suivantes ont été interrogées:

- | | |
|-----------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| - Ville de Bâle | Service de la protection des eaux de Bâle-Ville; |
| - Ville de Berne | Service de l'évacuation des eaux usées; |
| - Ville de St Gall | Administration des services industriels, service d'épuration; |
| - Ville de Coire | Service du génie civil et du cadastre; |
| - Ville d'Aarau | Service des Travaux, section génie civil; |
| - Commune d'Obergerlafingen | Bureau du président et bureau d'ingénieurs Emch+Berger Soleure S.A. |



IP BAU PI BAT

Impulsprogramm
BAU-ERHALTUNG
UND ERNEUERUNG

Programme d'impulsions
ENTRETIEN ET RENOVATION
DES CONSTRUCTIONS

Programma d'impulso
RINNOVO DELLE COSTRUZIONI

Mesures à prendre pour la conservation des canalisations non praticables

STRUCTURE DE L'ENQUÊTE ET THÈMES TRAITÉS

1. Données générales sur la structure de la commune

- Habitants, industries, autres données caractéristiques.
- Organisation de la conservation des canalisations (bureau des canalisations, service des constructions, ingénieur communal, spécialiste).
- Réseau des canalisations (longueur, matériau, dimension, système, âge, spécialités).

2. Mesures de conservation

- Mesures exécutées (développement historique, longueur, procédés).
- Stratégie de maintien de la valeur (réfection – rénovation – remplacement, priorités, évaluation des mesures, prescriptions, autres points de vue).
- Dégâts (types, causes).
- Financement (données légales, modèles, difficultés).

3. Procédés techniques

Critères de choix, mise en œuvre, expérience, avantages et désavantages, rentabilité des différents groupes de procédés:

- | | |
|----------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| - Réfection | procédé avec robots
procédé Partlining
injection avec packer (gel acrylique)
injection avec packer (mousse de polyuréthane ou résine) |
| - Rénovation | revêtement avec mortier de ciment
revêtement avec des matières synthétiques
chemisage avec ligne de tube PE
chemisage avec tuyau court
chemisage avec tuyau spirale
chemisage par gainage |
| - Remplacement | microtunnels
Berst-Lining
Pipe-Eating
autres procédés |

Figure 7.1: Extrait du questionnaire « Structure de l'enquête et thèmes traités ».

7.2 Résumé des résultats

Données générales

Villes/Communes	Habitants	Canalisations	Dimensions
Bâle	environ 200'000	environ 360 km	environ 65% inférieur à 900 mm
Berne	environ 135'000	environ 300 km	environ 50% inférieur à 600 mm
St-Gall	environ 70'000	environ 290 km	environ 70% inférieur à 800 mm
Coire	environ 33'000	environ 100 km	environ 80% inférieur à 800 mm
Aarau	environ 16'000	environ 75 km	environ 65% inférieur à 800 mm
Obergerlafingen	environ 1'000	environ 7 km	plus de 95% non praticables

Figure 7.2: Caractéristiques des villes et communes interrogées.

Organisation

Dans chaque agglomération, la structure de l'organisation dans le domaine de la conservation des canalisations est conçue de manière très variable en fonction du nombre d'habitants.

Alors que les grandes villes comme Bâle disposent d'une organisation complètement indépendante avec le personnel nécessaire et les équipements en machines, dans les communes moyennes ou plus petites ces mêmes tâches sont déléguées par les autorités communales à des bureaux d'ingénieurs ou à d'autres sociétés (par exemple Obergerlafingen).

Exemple de Bâle

Toutes les tâches de conservation des canalisations sont l'affaire du Service de la Protection des Eaux de Bâle-Ville. Elles comprennent :

- relevé de l'état avec leur propre caméra vidéo, appréciation et relevé du cadastre des canalisations ;
- travaux de maintenance en collaboration avec des sociétés externes (par exemple pour le nettoyage à haute pression) ;
- projet et direction des travaux de réfection et de rénovation avec la collaboration de bureaux d'ingénieurs privés.

Pour toutes les mesures, le suivi des travaux est exécuté par le Service de la Protection des Eaux de Bâle-Ville.

Réseaux de canalisations

L'étendue des réseaux de canalisations publiques dans les villes et communes ayant participé à l'enquête est présentée à la figure 7.2.

Une part prépondérante des canalisations est exécutée avec des tuyaux en béton. Cette information se recoupe avec celle d'une étude de l'EPF Zurich menée auprès de 70 communes et qui donne une proportion de tuyaux en béton d'environ 75%.

Bâle, où le réseau est constitué principalement de tuyaux de grès enrobés de béton, est une exception à cette règle. De même, on retrouve des tuyaux en grès pour les réseaux les plus anciens notamment dans les vieilles villes (St-Gall, Coire).

Les variations des dimensions des canalisations que l'on peut constater dans la figure 7.2 s'expliquent entre autres par les raisons suivantes :

- développement historique du réseau des canalisations ;
- dimension et nombre d'habitants de la commune ;
- position au sein des associations d'épuration.

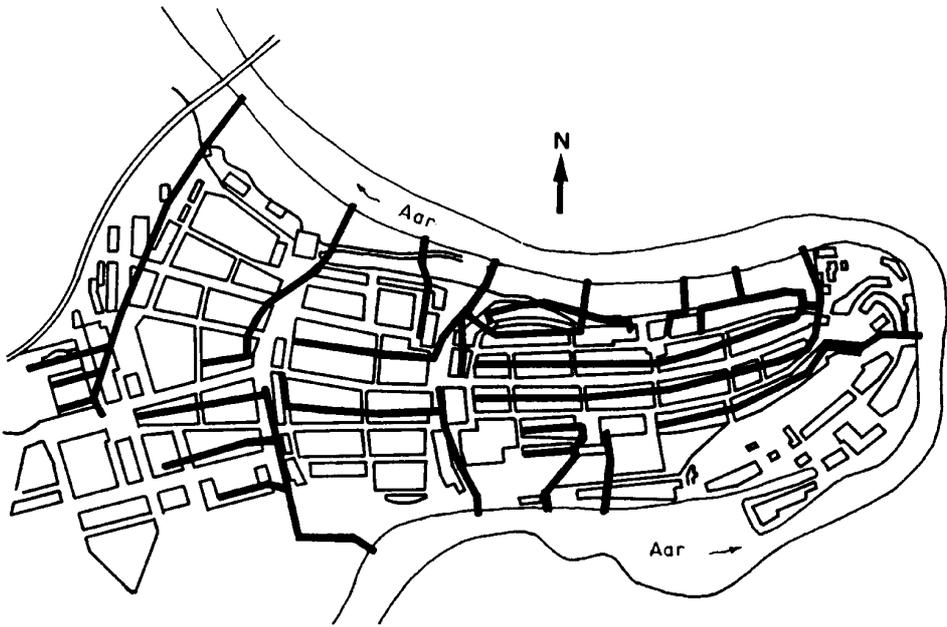
La recherche de l'EPF Zurich déjà mentionnée donne un pourcentage d'environ 90% pour la part des canalisations non praticables en Suisse.

A Berne, l'importance du réseau d'évacuation privé dépasse largement la part habituelle de l'évacuation des eaux des biens-fonds. Leur état est une cause sérieuse de soucis.

Mesures de conservation

Exemple de Berne

Réseau de canalisations de la vieille ville



A black and white line drawing showing the layout of the sewerage network in the old town of Bern. The drawing depicts a grid of streets and buildings, with a network of thick black lines representing the sewerage system. The Aar river is shown flowing through the town, with arrows indicating the direction of flow. A north arrow is located in the upper right quadrant of the drawing.

Au Moyen-Age déjà, il existait à Berne un système de canalisations raccordé à un ruisseau urbain, ces canalisations étaient appelées « Ehgräben » (fossés d'évacuation). Pour les nettoyer des saletés en suspension, ils étaient rincés chaque jour au moyen de l'eau du ruisseau urbain qui était amenée grâce à un système d'écluses sophistiqué (ce système existe encore actuellement).

1415	Premier fonctionnaire pour la surveillance (Bachmeister)
1870	Construction du premier réseau d'eau sous pression
1875	Règlement des égouts de la ville de Berne

Développement	<p>Dans les plus grandes villes, des concepts pour l'entretien et l'exploitation systématiques des canalisations ont été élaborés dès le début des années 70. On observe une relation très nette avec l'introduction des inspections par caméra vidéo en Suisse dès 1965. Dans les communes moyennes ou plus petites, l'entretien systématique des canalisations n'est souvent pas encore entré dans les mœurs.</p>
Relevé de l'état	<p>Toutes les villes et communes interrogées surveillent leur réseau à l'aide d'une caméra vidéo (Coire depuis 1971). La plus grande partie des réseaux de canalisations est complètement saisie. La fréquence des contrôles varie entre cinq et quinze ans.</p> <p>Un contrôle systématique de l'étanchéité des canalisations existantes selon SIA V190 n'est généralement pas exécuté.</p>
Défauts	<p>La part de 20% de canalisations non étanches ou endommagées mentionnée au chapitre 1.1 de la publication est en général considérée comme trop faible. On devrait plutôt considérer qu'au moins un tiers des canalisations sont pas étanches ou autrement endommagées. Pour l'évacuation des eaux des biens-fonds, le pourcentage est estimé à 50% et plus.</p> <p>Des dégâts plus fréquents ont été observés sur des canalisations à emboîtement simple et non enrobées de béton. La ville d'Aarau signale que les tuyaux spéciaux des années 40 à 50 présentent des radiers défectueux (déversoirs des fosses septiques) et des bétons de moindre qualité pour les tuyaux des années de guerre.</p>
Stratégie	<p>La rénovation des canalisations est en général envisagée dans les cas où une prolongation sensible de la durée de vie peut être escomptée ou lorsque les circonstances (trafic, constructions existantes entre autres) laissent présumer qu'une nouvelle pose ne serait pas économique. D'un autre côté, la coordination avec d'autres ouvrages (gaz, eau, constructions routières) peut conduire à des mesures de reconstruction à neuf en fonction de considérations économiques.</p>
Soumissions	<p>Toutes les méthodes possibles sont signalées, de l'invitation à quelques soumissionnaires à présenter des offres sans leur donner de texte descriptif, jusqu'à la soumission publique avec catalogue des prestations uniformes.</p> <p>En général, la préférence est donnée à l'uniformisation des descriptifs de prestations pour les différents groupes de procédés particuliers.</p>
Finances	<p>Des programmes d'investissements pluriannuels (5 à 10 ans) sont aujourd'hui la règle pour les villes. Pour les années 1993 à 1997, la ville d'Aarau, par exemple, a admis un budget annuel de rénovation des canalisations d'environ 2 millions de francs.</p> <p>Les méthodes pour répartir ces travaux entre le budget de fonctionnement et d'investissement sont tellement variables qu'une énumération des possibilités sortirait du cadre de cette publication. Il en est de même pour les différents modèles de financement (contributions en fonction des surfaces, contributions par bâtiments, taxes sur la consommation d'eau potable, etc.).</p>

Procédés techniques

- Procédé avec robots** Le procédé est en général accepté. Deux domaines d'application sont cités :
1. Procédé pouvant être engagé de manière indépendante pour la réparation d'emboîtements, de fissures, de raccords latéraux entres autres (par exemple Bâle, Aarau) ;
 2. Réfection des raccords latéraux après des travaux de chemisage (par exemple Berne, Coire).
- Bâle considère que la mise en œuvre de robots de canalisations pour la réfection des dégâts des emboîtements des tuyaux en grès constitue une opération de rénovation au sens de ATV M143. La qualité du travail est fonction de l'expérience de l'opérateur.
- Manchons intérieurs** Seules quelques exécutions sont connues. L'expérience manque pour permettre une appréciation.
- Injections avec packer** Pour l'injection de gels acryliques avec des systèmes packer, les données fournies par les villes et communes interrogées sont très variables. Obergerlafingen a réparé son réseau pratiquement exclusivement avec des injections par packer. Les expériences sont bonnes. Aarau et Coire mentionnent de bonnes expériences, mais n'appliquent plus le procédé depuis quelques années. Suite à des expériences négatives avec des gels acryliques, St-Gall les a remplacés par des injections de polyuréthane. Les opinions contradictoires reflètent la situation relative à l'ensemble de la Suisse (voir paragraphe 4.2.2).
- Revêtements avec mortier de ciment** Jusqu'en 1983, Coire a exécuté régulièrement des revêtements à base de mortier de ciment. Le procédé n'est plus utilisé ; il a été remplacé par le chemisage par gainage.
- Revêtements PUR** Aucune exécution n'est connue.
- Chemisages par lignes de tube et par tuyaux courts** Les deux procédés ne sont que rarement utilisés du fait des problèmes qu'ils posent pour l'exécution des raccords latéraux. St-Gall mentionne de très bonnes expériences avec le chemisage par tuyau court. Les raccords des immeubles sont excavés et exécutés et soudés à neuf depuis l'extérieur.
- Chemisages par tubes spirales** Exécution uniquement à St-Gall. Le remplissage intégral du bourrage, l'étanchéité et l'exécution des raccords latéraux sont les points faibles cités. A Bâle, les chemisages par tuyau spirale en PVC ne sont pas autorisés.
- Chemisages par gainages** On dispose de beaucoup d'expériences. En général, la préférence est donnée aux procédés dont l'épaisseur de la couche est importante et avec un ensemble de matériaux homogènes. Des réserves sont formulées contre l'application de matériaux à haute résistance (fibres de verre) et avec des couches de faibles épaisseurs (Bâle, Coire).

Procédés techniques utilisés	Réfection			Rénovation					
	Robot de canalisation	Manchons intérieurs	Injections par packer	Revêtement en mortier de ciment	Revêtement PUR	Chemisage par ligne de tube	Chemisage par tuyaux courts	Chemisage par tube spirale	Chemisage par gainage
Villes/Communes									
Bâle	●	▲	●	■	▲	▲	▲	3)	●
Berne	●	▲	■	▲	▲	■	■	▲	●
St. Gall	■	■	●	▲	▲	▲	●	■	●
Coire	●	▲	1)	1)	▲	■	▲	▲	●
Aarau	●	▲	2)	▲	▲	■	▲	▲	●
Obergerlafingen	▲	▲	●	▲	▲	▲	▲	▲	■

● Utilisation régulière

■ Utilisation isolée

▲ Non utilisé

1) Utilisé jusqu'en 1983, remplacé ensuite par le chemisage par gainage

2) Utilisé jusqu'en 1989

3) Utilisation du PVC non autorisée

Figure 7.3: Utilisation des différents procédés dans les villes et communes interrogées.

Exemple de Coire

De 1983 à 1991, le chemisage par gainage a été appliqué au total sur environ 20 km.

Système:	– INSITUFORM-Relining	depuis	1983
	– KM-Inliner	depuis	1985
	– Copeflex	depuis	1985
	– Phoenix-Relining	depuis	1987

Les expériences avec les procédés de chemisage sont globalement considérées comme favorables.

Coût par mètre courant depuis 1986:

1986	Fr. 500.– par m'
1987	Fr. 615.– par m'
1988	Fr. 785.– par m'
1989	Fr. 578.– par m'
1990	Fr. 736.– par m'

Les prix par mètre courant cités ci-dessus comprennent tous les travaux préparatoires, le chemisage et tous les travaux de raccordement. Les prix moyens par mètre courant varient en fonction du diamètre du tronçon de conduite à rénover.

Points faibles et développement

Evacuation des eaux des biens-fonds

En raison du fort pourcentage de défauts, la rénovation de l'évacuation des eaux des biens-fonds est partout considérée comme une tâche prioritaire. En général, la limite entre les communes et les propriétaires d'immeubles est définie à l'entrée de l'évacuation des eaux des biens-fonds dans la canalisation de la commune (raccordement latéral). Bâle, où la frontière est constituée par la limite de la parcelle, est une exception dans ce domaine.

Lors de transformations, il incombe au propriétaire de l'immeuble de prouver l'étanchéité de l'évacuation des eaux du bien-fonds.

Bâle dispose d'expériences pour la réfection et la rénovation de l'évacuation des eaux des biens-fonds par injection et procédé de chemisage par gainage.

Raccordements latéraux

L'exécution étanche des raccordements latéraux après des travaux de chemisage est difficile à garantir, ce qui est problématique, en particulier dans les secteurs des nappes phréatiques. Les expériences conduisent à donner à nouveau plus d'importance aux raccordements des évacuations des biens-fonds depuis l'extérieur. Bâle ne considère pas le problème comme très grave, car la majorité des conduites est raccordée avec un angle de 90° et elles ne présentent généralement pas de défauts (tuyaux en grès).

Développement

Dans le domaine de la conservation des canalisations non praticables, les vœux et exigences suivants sont formulés pour le développement futur :

- Les dégâts devraient pouvoir être mieux évités par des travaux de développement sur les matériaux des tuyaux.
- Une importance plus grande de la conservation des canalisations non praticables doit pouvoir être accordée lors de l'établissement de normes et de directives. Une uniformisation des catalogues de prestations (Catalogues d'Articles Normalisés) pour les différents procédés de réfection et de rénovation est souhaitable.
- La possibilité de procéder à des relevés et à la rénovation des évacuations des eaux des biens-fonds défectueuses devrait être mieux et plus clairement réglée (règlements communaux).
- L'entretien et la rénovation devraient être mieux soutenus par des modèles de financement appropriés. Le financement de l'évacuation des eaux météoriques doit être pris en compte dans ces modèles.

7.3 Commentaire

Le sondage a confirmé l'impression que l'on dispose bien d'un très grand nombre de procédés différents pour la réparation des dégâts mais que, dans la pratique, les canalisations défectueuses ne sont réparées et renouvelées qu'avec un nombre restreint de techniques de construction. A l'heure actuelle, plus de trente procédés de réfection, de rénovation et de remplacement des canalisations non praticables sont proposés sur le marché suisse. Mais, depuis 1968, plus du 90 % de tous les travaux n'a été exécuté qu'avec quatre types de procédés :

- revêtements avec mortier à base de ciment (de 1968 à 1983) ;
- injections de gels acryliques avec des packer (depuis 1972) ;
- chemisages par gainage (depuis 1978) ;
- procédés avec des robots (depuis 1980).

Pour beaucoup de procédés proposés, il est ainsi difficile de donner des indications précises quant à leur durée d'utilisation et, de ce fait, à leur rentabilité.

Les discussions avec les participants au sondage, mais également avec les professionnels et avec les sociétés proposant des procédés techniques ont permis de faire le constat suivant :

Avec une grande probabilité, les dégâts aux canalisations non praticables sont plus étendus que ce que l'on a admis jusqu'ici. Une situation encore plus grave est attendue dans le domaine de l'évacuation des eaux des biens-fonds.

Il en résulte très clairement qu'une des tâches nous attend pour les prochaines années. En priorité, il faut établir les bases juridiques, financières et techniques dans ce domaine.

8. Annexe

8.1	Liste de sociétés actives sur le marché de la conservation des canalisations non praticables	153
8.2	Bibliographie et documentation	155

8. Annexe

8.1 Liste de sociétés actives sur le marché de la conservation des canalisations non praticables

La liste ci-après comporte les noms des sociétés qui ont obligamment participé à l'élaboration du chapitre 6 « Descriptif des procédés des diverses sociétés », en remerciement pour les documents et les renseignements qu'elles ont mis à disposition.

La liste est limitée à la situation connue à fin 1994. En raison de l'évolution rapide de ce secteur du marché, elle ne doit pas être considérée comme exhaustive.

Société	Procédé	Références
Arpe AG Ebenrainweg 10 4450 Sissach	<ul style="list-style-type: none"> - INSITUFORM-Relining - Système KA-TE 	<ul style="list-style-type: none"> VB VB
Walo Bertschinger AG Case postale 7534 8023 Zurich	<ul style="list-style-type: none"> - Microtunnel 	<ul style="list-style-type: none"> BT
Max Eisenhut AG Churerstrasse 16 9400 Rorschach	<ul style="list-style-type: none"> - Packer d'injection - Chemisage par ligne de tuyau - Chemisage par tuyaux courts - Procédés avec robots 	<ul style="list-style-type: none"> BT BT BT BT
Ersag System AG Pfungstweidstrasse 30 8005 Zurich	<ul style="list-style-type: none"> - Système ERSAG SR 	<ul style="list-style-type: none"> VB
Hächler Bauunternehmung Tägerhardstrasse 118 5430 Wettingen	<ul style="list-style-type: none"> - Système Sika Robot - Sika RoboLiner 10 - Kanaltec EL 300/EL 600 	<ul style="list-style-type: none"> VB VB VB
E. Hänni AG Industriestrasse 30 8117 Fällanden	<ul style="list-style-type: none"> - Système Janssen 	<ul style="list-style-type: none"> VB
Heinr. Hatt-Haller AG Bühlstrasse 43 8055 Zurich	<ul style="list-style-type: none"> - RIB-LOC - COMPACT PIPE 	<ul style="list-style-type: none"> VB VB
Kanal- und Rohrsanierungs- technik KRT AG Länggasse 9 2504 Bienne	<ul style="list-style-type: none"> - KRT-Flex, procédé Part-Lining - Revêtement par mortier de ciment - Chemisage par ligne de tuyau - Système Flex-KRT - PEKA-Tech Système d'injection - PEKA-Tech Robot-Système 	<ul style="list-style-type: none"> VB BT BT VB VB VB
Käppeli Bautenschutz und Umwelttechnik AG Bahnhofstrasse 48 6430 Schwyz	<ul style="list-style-type: none"> - TelegROUT - ELIT-OR 	<ul style="list-style-type: none"> VB VB
KA-TE System SA Rue Champ-Fleuri 2 1022 Chavannes-près-Renens	<ul style="list-style-type: none"> - Système KA-TE - INSITUFORM-Relining 	<ul style="list-style-type: none"> VB VB

Société	Procédé	Références
KFS Service de Canalisation SA Route de Morens 1530 Payerne	- Procédé PIN	VB
	- POSATRYN	VB
	- Revêtement par mortier de ciment	BT
	- Chemisage par ligne de tuyau	BT
	- Chemisage par tuyaux courts KFS/W & H	BT
	- Système ERSAG SR	VB
	- KM-Inliner	VB
Line SA Zone industrielle 1303 Penthaz	- PHOENIX-Relining	VB
Gebr. Meier AG Paradiesstrasse 5 5200 Brügg	- Microtunnel	BT
Neue Kasapro AG Moosburgstrasse 12 9202 Gossau	- PENETRYN	VB
	- PENETRYN SNAKE	VB
	- INSITU-Lining	VB
Hans Notter AG Alte Muristrasse 2 5623 Boswil	- Système Janssen	VB
Rohr-Reinigungs-Service RRS AG Südstrasse 8 3110 Münsingen	- Système Sika Robot	VB
	- Sika RoboLiner 10	VB
Rohrrenova AG Lindenwiese 6 9100 Herisau	- Système Sika Robot	VB
	- NuPipe	VB
	- Sika RoboLiner 10/20	VB
Rothenberger Rohrsanierung GmbH Gutlenstrasse 175 D-60327 Frankfurt a.M. (BRD)	- SOFTLINING	VB
Sika Robotics AG Industriestrasse 8967 Widen	- Système Sika Robot	VB
	- Sika RoboLiner 10	VB
Trenchag AG Riedenerstrasse 13 8305 Dietlikon	- Microtunnel	BT

Société	En général seul le siège principal de la société est indiqué. Les succursales ne sont pas mentionnées.
Procédés	Seuls sont indiqués des procédés qui entrent en considération pour le secteur des canalisations. Les secteurs du gaz et de l'eau potable ne sont pas mentionnés.
Référence	VB Descriptif complet du procédé au chapitre 6 « Descriptif des procédés de réfection et d'amélioration proposés ».
	BT Informations générales sur le procédé au chapitre 4 « Procédés techniques ».

8.2 Bibliographie et documentation

Bibliographie

- [1] Abwassertechnische Vereinigung e.V., W. Niederehe u.a.: Dokumentation von Verfahren zur Schadensbehebung an Entwässerungskanälen und -leitungen. GFA St. Augustin D, 1990.
- [2] Baudepartement des Kantons Aargau, Abteilung Umweltschutz: Ordner Siedlungsentwässerung, Aarau 1989 (Erstausgabe).
- [3] U. Ryffel, J. Fisch: Die Kanalisationen der Schweiz-Vorgehensplan zur Beurteilung von Kanalisationsanlagen, unveröffentlichte Semesterarbeit am Lehrstuhl für Betriebswirtschaft der ETH Zürich, 1991.
- [4] B. Schmuck: Gezielter Unterhalt von Kanalisationen, Kommunalmagazin, April 1993.
- [5] R. Sprenger: Kanalisationen erhalten – aber wie? Zeitschrift für Impuls, 8/1993.
- [6] Stadtbauamt Aarau, Sektion Tiefbau: Mehrjahresprogramm Kanalisationen 1993-1997, Aarau, 1992.
- [7] Stadt Bern, Planungs- und Baudirektion (Abwasserentsorgung): Abwasserreinigungsanlage ARA Bern-Neubrücke, Bern 1988.
- [8] Stein, Niederehe: Instandhaltung von Kanalisationen, 2. überarbeitete und erweiterte Auflage, Ernst & Sohn Berlin, 1992.
- [9] VSA-Verbandsbericht Nr. 228, J. Santeler, R. Sprenger: Kanalsanierung durch Auskleidung und Relining, Zürich 1982.
- [10] VSA-Verbandsbericht Nr. 306, M. Graf: Kanalisationskataster – Wichtige Grundlage bei der Kanalnetzsanierung, Zürich 1986.
- [11] VSA-Verbandsnachricht Nr. 321, W. Grigo u.a.: Sanierungsmethoden für Grundstücksanschlussleitungen und Kanalisationen, Zürich 1986.
- [12] Water Research Centre, Sewerage Rehabilitation Manual, Swindon GB, 1983.

- Informations des sociétés** Les sociétés mentionnées à l'annexe 8.1 ont généreusement mis à disposition une importante documentation. Par ailleurs, dans la version allemande, les prospectus des sociétés suivantes ont été utilisés :
- Hans Brochier GmbH & Co, D-8500 Nürnberg
 - IBAK, D-2300 Kiel
 - Insituform-Brochier, D-8501 Schwaig bei Nürnberg
 - Kanal-Müller-Gruppe, D-4938 Schieder-Schwalenberg 2
 - WAVIN AG, Departement Rollmaplast, CH-4553 Subingen
 - WAYSS & FREYTAG AG, D-6000 Frankfurt a.M. 11
- Normes et directives** Les normes et directives en vigueur pour la maintenance des canalisations figurent au chapitre 2, paragraphe 2.2.
- Cartoons** Sylvia Vananderoye, Berne
- Illustrations** Les photos sont tirées d'une part des collections des auteurs et d'autre part des publications et des informations des sociétés citées ci-dessus.

Associations de soutien

SIA

Société suisse
des ingénieurs et des architectes

UTS

Union technique suisse

VSA

Association suisse des professionnels
de l'épuration des eaux

VSS

Union des professionnels suisses
de la route
