



SERVICES PUBLICS LOCAUX
DE L'ÉNERGIE, DE L'EAU,
DE L'ENVIRONNEMENT ET
DES E-COMMUNICATIONS



cycle
de l'eau



Journée technique

Les techniques sans tranchée dans la création ou la réhabilitation de réseaux

6 mai 2025

Journée technique - Les techniques sans tranchée

Jacques RAYNAUD
Secrétaire général FSTT

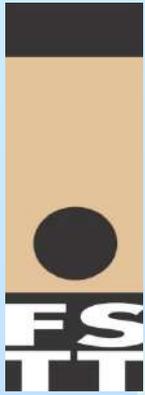
Jean Christophe Behrens
Cabinet MERLIN

06 mai 2025 - JT Travaux Sans Tranchée

**Sans tranchée,
la ville est plus belle !**



TRAVAUX DE RÉHABILITATION DE RÉSEAUX EXISTANTS



Domaine d'application

- **Récupération ou amélioration des caractéristiques mécaniques de la canalisation (chemisage structurant)**
- **Rétablissement de l'étanchéité**
- **Amélioration de l'hydraulicité**
- **Protection anti-corrosion**
- **Protection anti-abrasion**

Domaine d'application

- **Canalisations ou conduites circulaires ou ovoïdales de 25 à 2500 mm de diamètre**
- **Ecoulement libre ou sous pression**
- **Réseaux de natures d'effluents diverses**
 - **eaux pluviales**
 - **eaux usées**
 - **fluides industriels**
 - **Eaux potables**

Avantages

- **Rapidité d'exécution**
- **Emprises de chantier réduites**
- **Gênes minimales sur l'environnement**
- **Coût réduit**
- **Qualités comparables à celles d'un ouvrage neuf**

Limites

- **Stockage ou dérivation des effluents**
- **La réhabilitation épouse la géométrie de la canalisation existante**

Réhabilitation de canalisations

- ***Tubage***
- ***Eclatement***
- ***Chemisage***

le Tubage

Processus de rénovation consistant à introduire une nouvelle conduite à l'intérieur d'une canalisation existante.

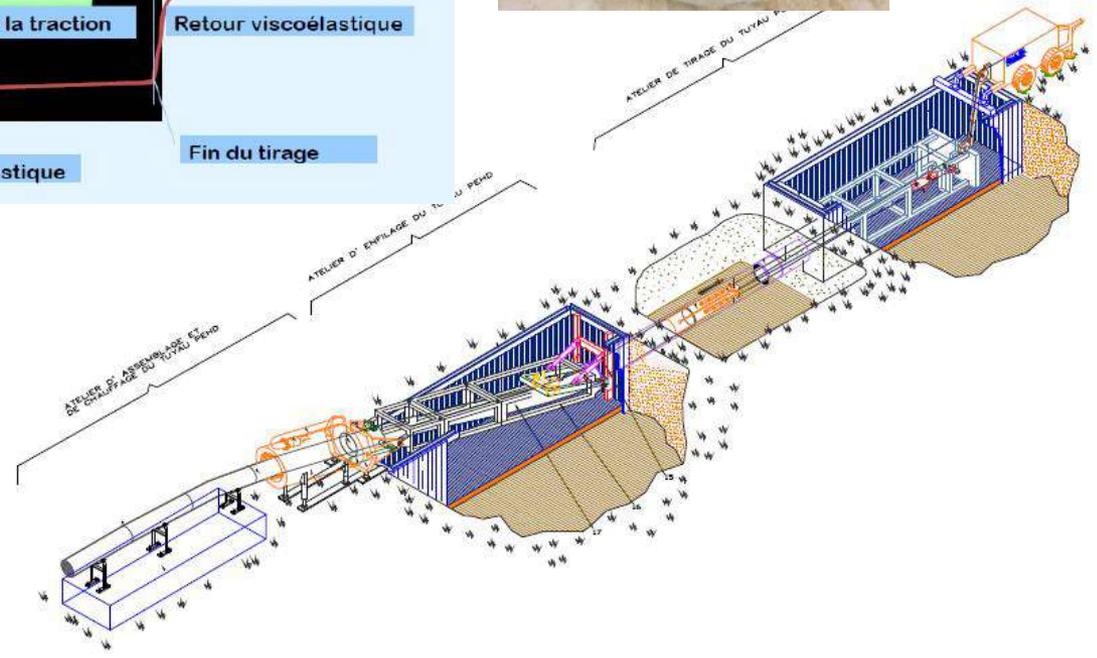
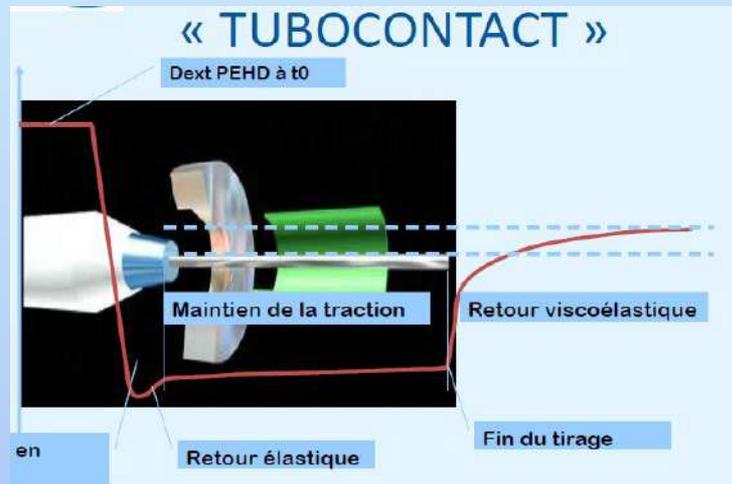
- **Par tuyau continu avec espace annulaire :**
Tubage par introduction d'un tuyau continu d'un diamètre inférieur à celui de la canalisation à réhabiliter.
Cette technique provoque une réduction de diamètre
- **Par tuyau continu sans espace annulaire :**
Tubage réalisé avec un tuyau continu dont la section est réduite pour faciliter son installation et rétablie après installation pour assurer un plaquage sur la paroi du tuyau existant



Techniques de rénovation

■ Rénovation : Tubage par tuyau continu sans espace annulaire :

Principe de pose : Introduction entre deux puits d'un tube en polyéthylène dont le diamètre aura été légèrement réduit ou prédéformée à l'intérieur de la canalisation existante ; la réduction ou la prédéformation peut être réalisée en usine ou sur site



Tubage continu en PEHD



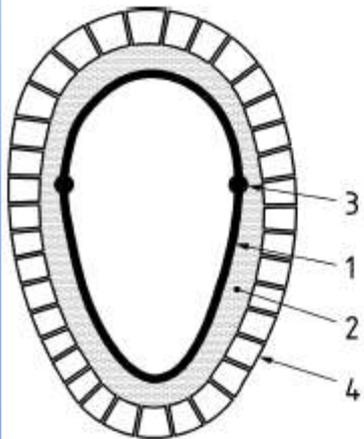
Les techniques de réhabilitation sans tranchée

Tubage (suite) :

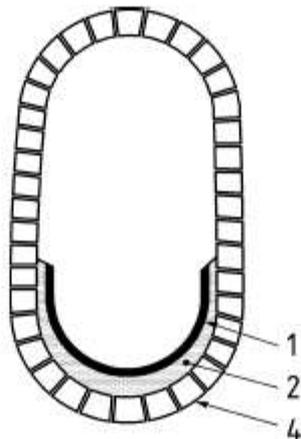
Par éléments préfabriqués :

Tubage réalisé à l'aide d'éléments préfabriqués (coques complètes ou partielles), liaisonnés au tuyau existant et qui :

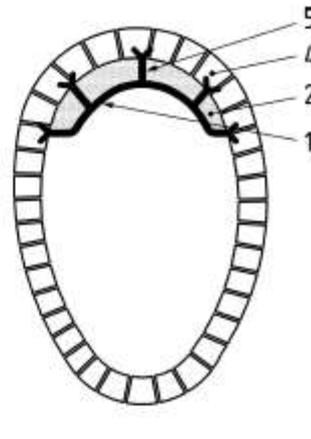
- Ont des raccords longitudinaux et recouvrent la section du tuyau, ou
- Recouvrent uniquement une partie de la section



a) Tubage complet



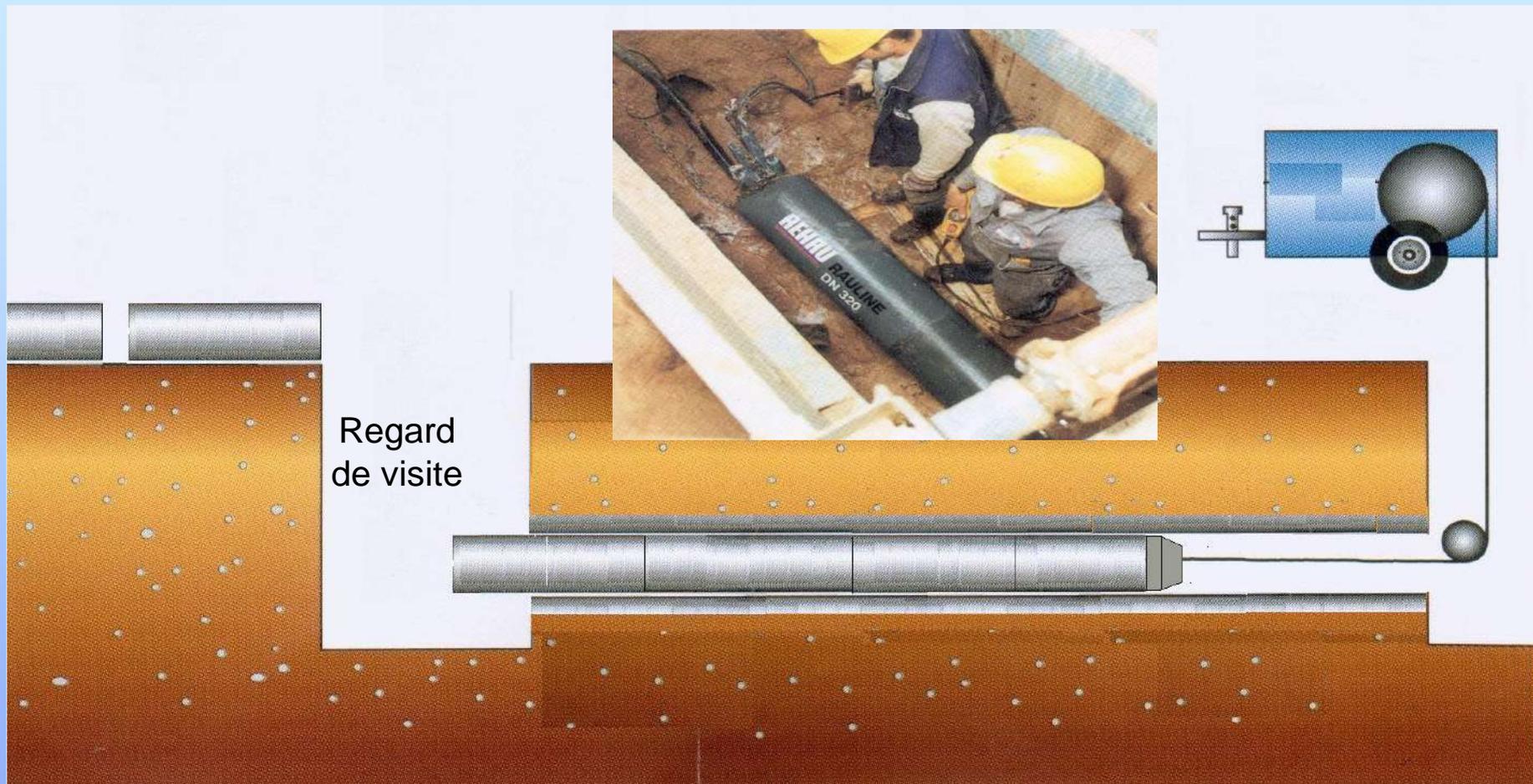
b) Tubage partiel en radier



c) Tubage partiel en clé



Tubage par éléments courts ($L \leq 0,70$ m)



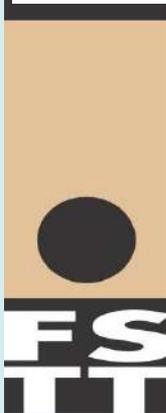
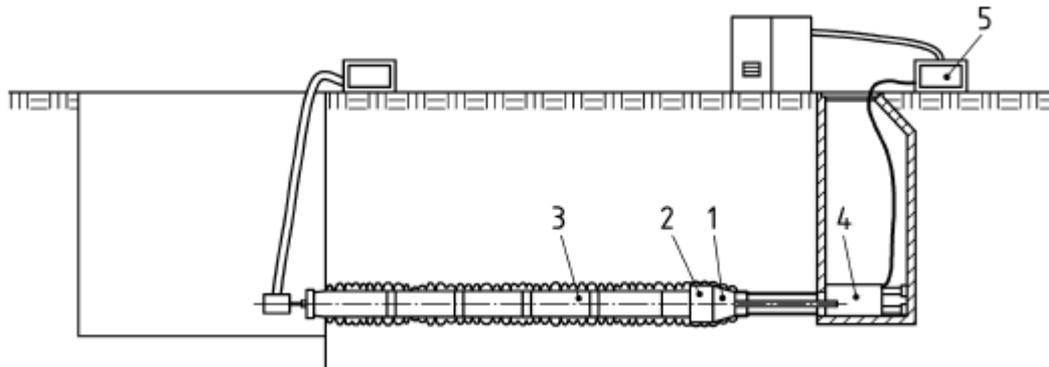
- ***Rauline***
- ***Condor***

PEHD **$125 \leq \varnothing \leq 400$ mm**

PEHD **$160 \leq \varnothing \leq 1000$ mm**

Eclatement dynamique ou statique

Méthode de remplacement place pour place dans laquelle une conduite est détruite par traction d'un cône muni de couteaux ou de molettes. Cet outil découpe ou éclate la canalisation existante et tracte simultanément le nouveau tube de diamètre extérieur identique ou légèrement augmenté ; les fragments de tuyaux restent dans le sol environnant



L'éclatement: *Jusqu'au Ø 350 mm* *Longueurs jusqu'à plus de 150 m*

Ancienne canalisation à remplacer en
amiante, PVC, acier, plomb, fonte grise et
même fonte ductile. Et ceci quelque soit
l'état de la canalisation.

Jusqu'au DN 350 mm et traitement de tronçons allant
jusqu'à 150 mètres de longueurs,



Machine
d'éclatement à
tiges ou à
câble ...

Réhabilitation



... qui est
descendue dans
la fouille de
travail

Réhabilitation



Réhabilitation

Introduction du câble ou des tiges dans l'ancien tuyau

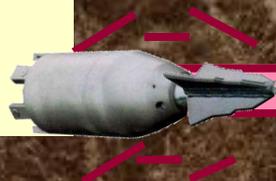
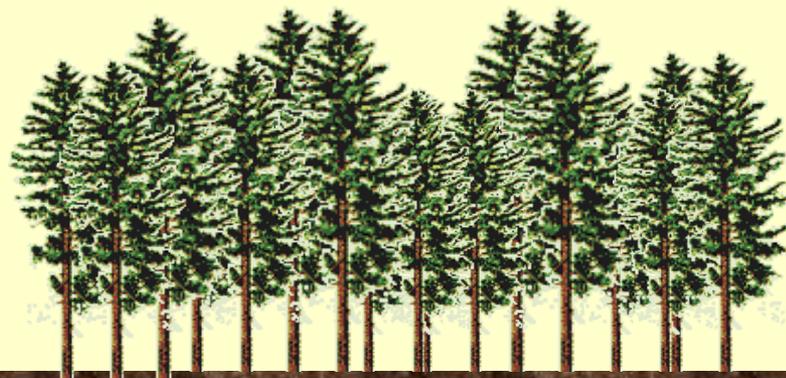
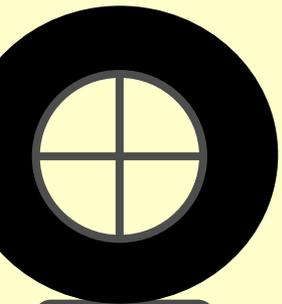
← Jusqu'à 150 mètres
d'un côté →



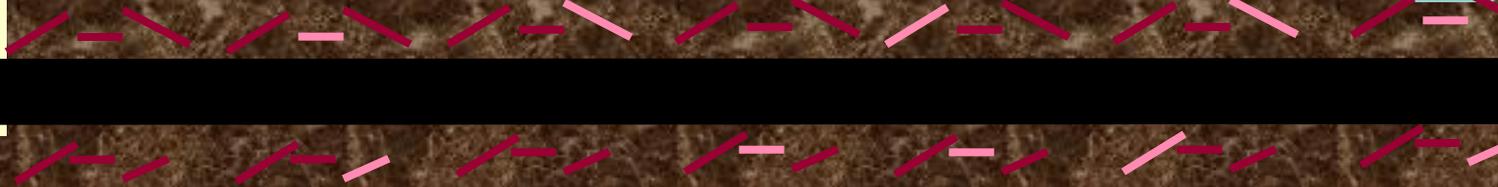
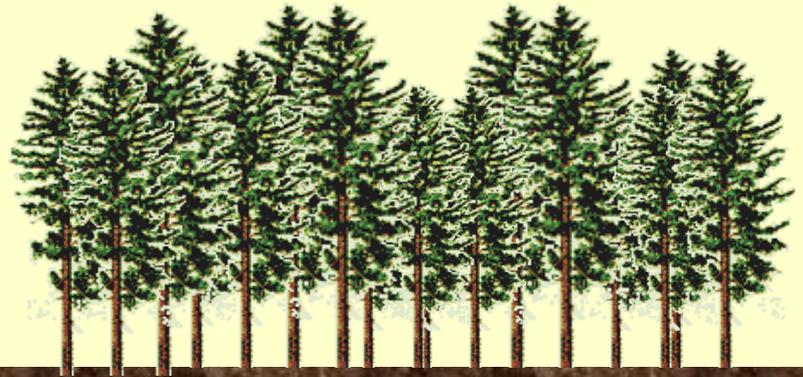
Réhabilitation

Élargisseur

Couteau éclateur







Pendant que la machine d'éclatement ramène les tiges ou le câble vers elle:

- Le couteau éclate l'ancienne canalisation
- Le cône élargit le tunnel afin que la nouvelle canalisation puisse être introduite.
- La nouvelle canalisation est mise en place.



Pendant l'**éclatement** de l'ancienne canalisation, l'**élargissement** pour créer le passage du nouveau tuyau et l'**introduction** de ce dernier, les tiges ou le câble peuvent être installés dans le prochain tronçon

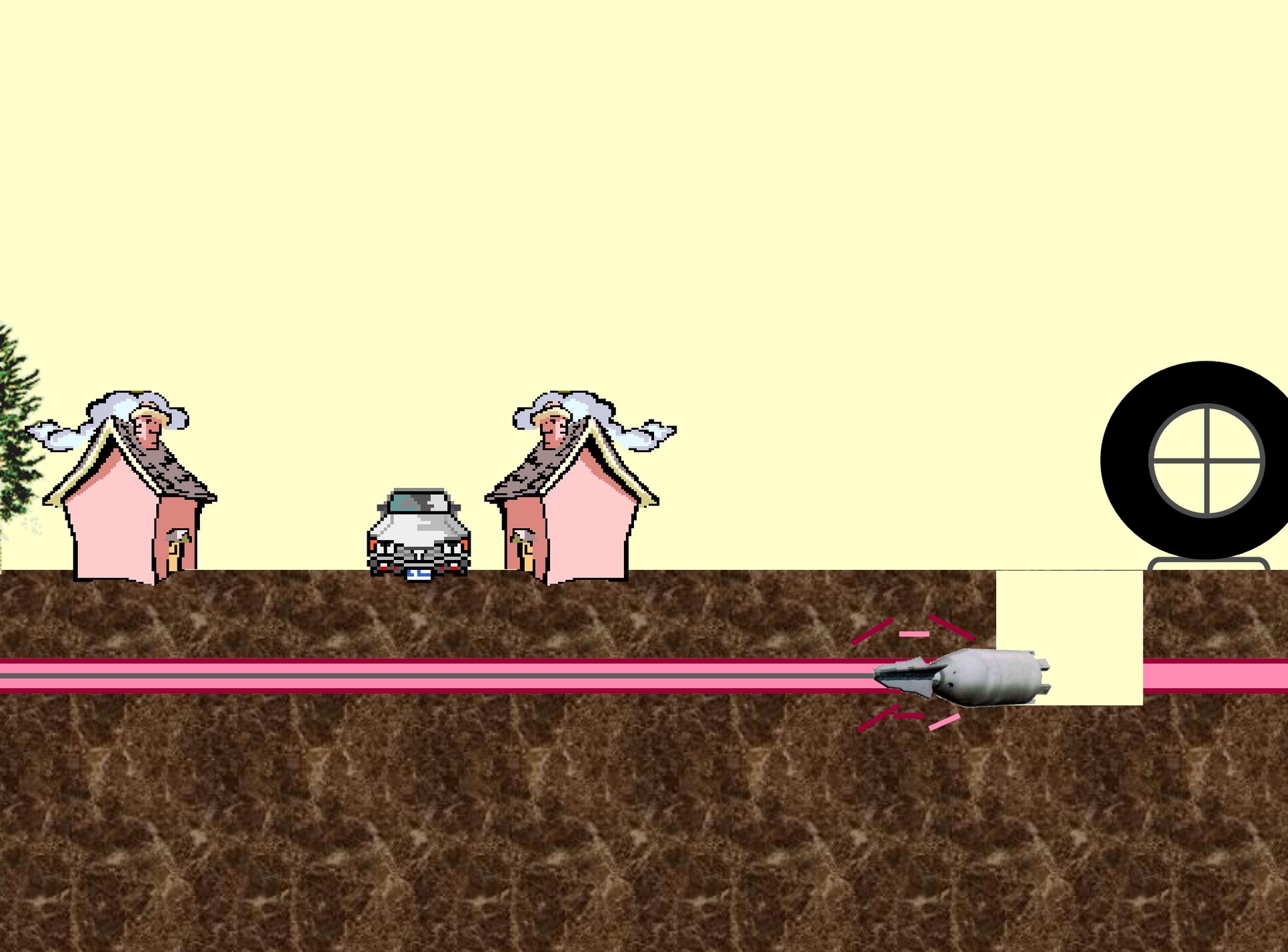


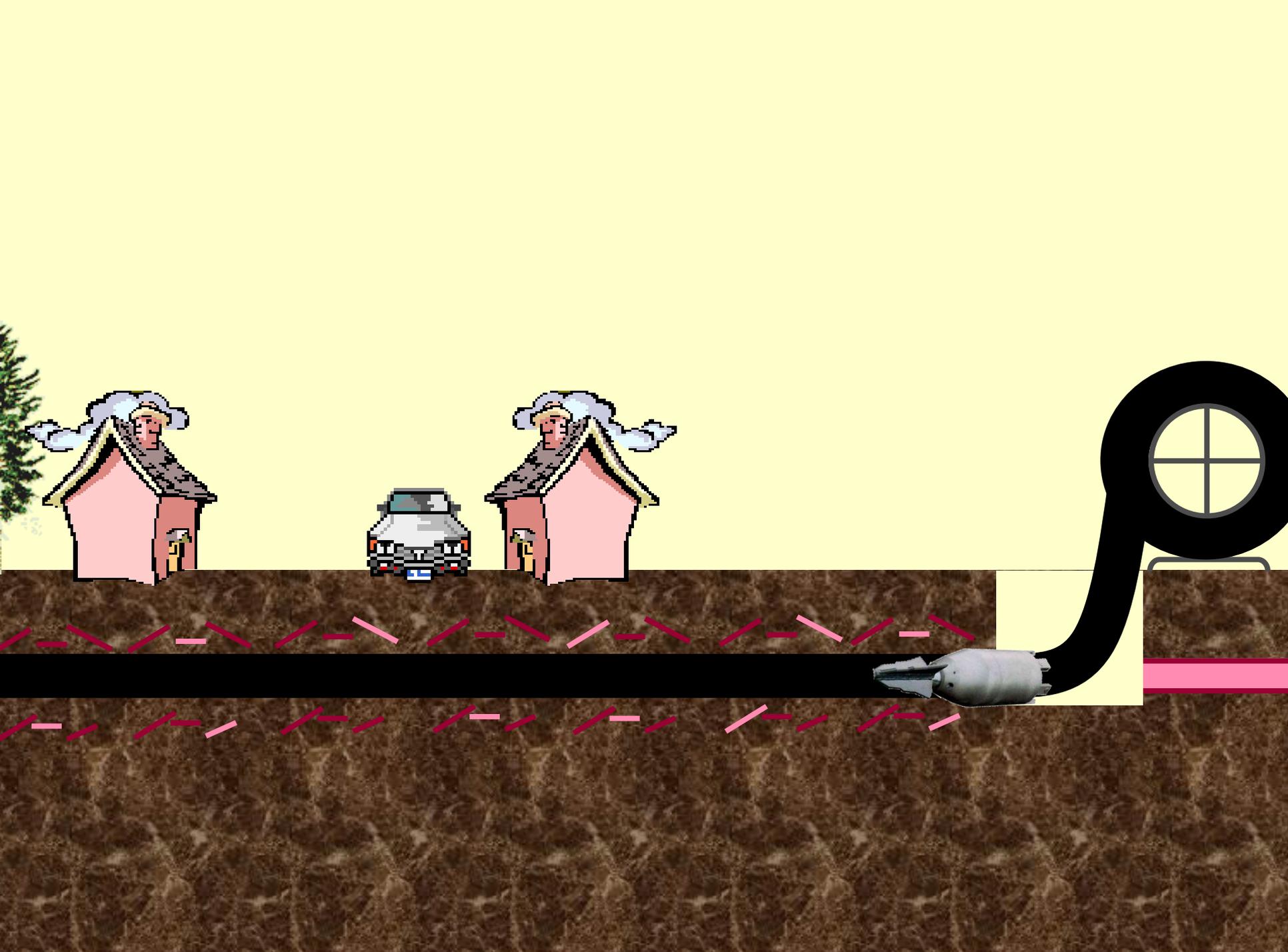


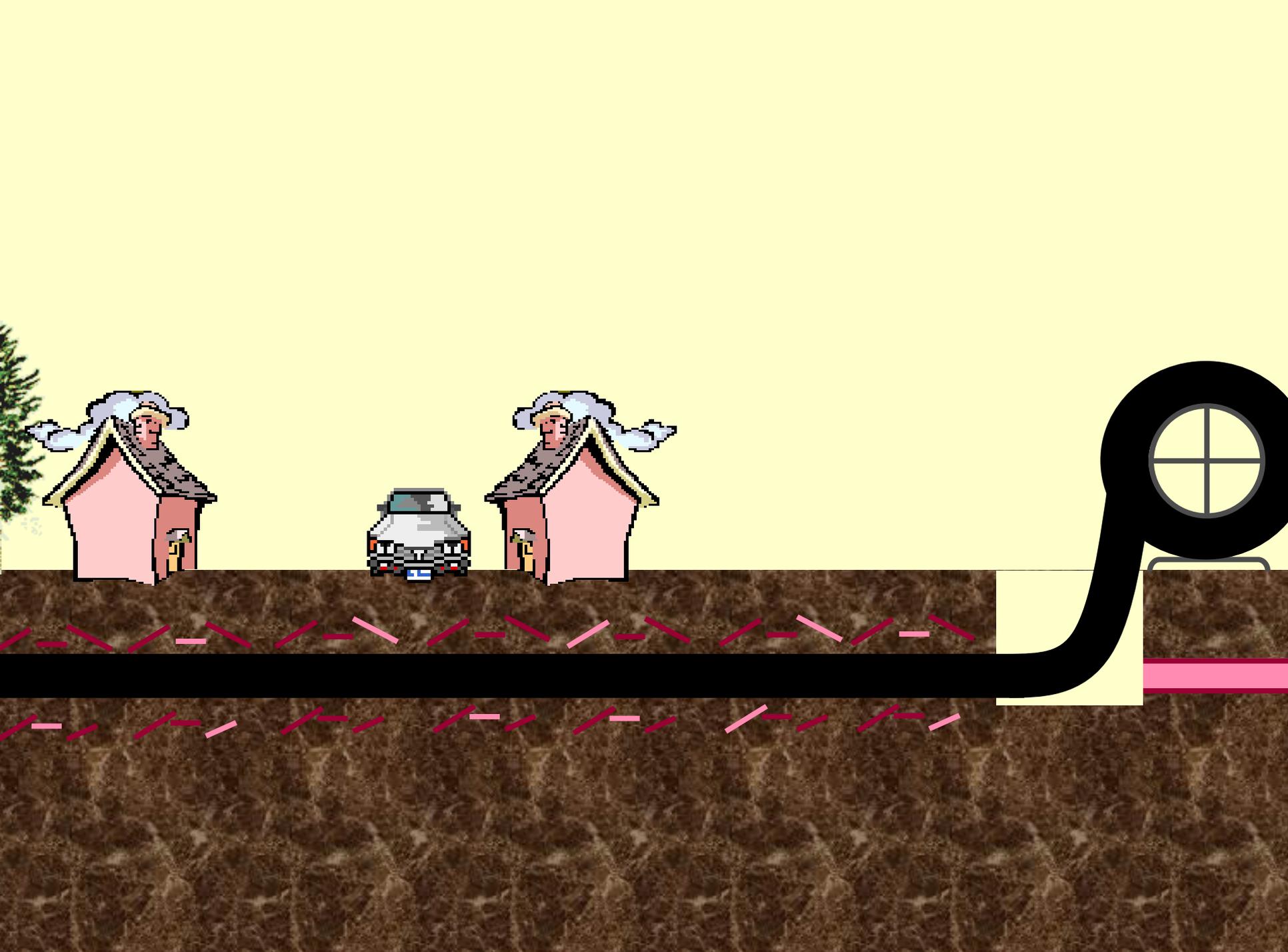
...et encore 150 mètres
depuis la même fouille de
travail

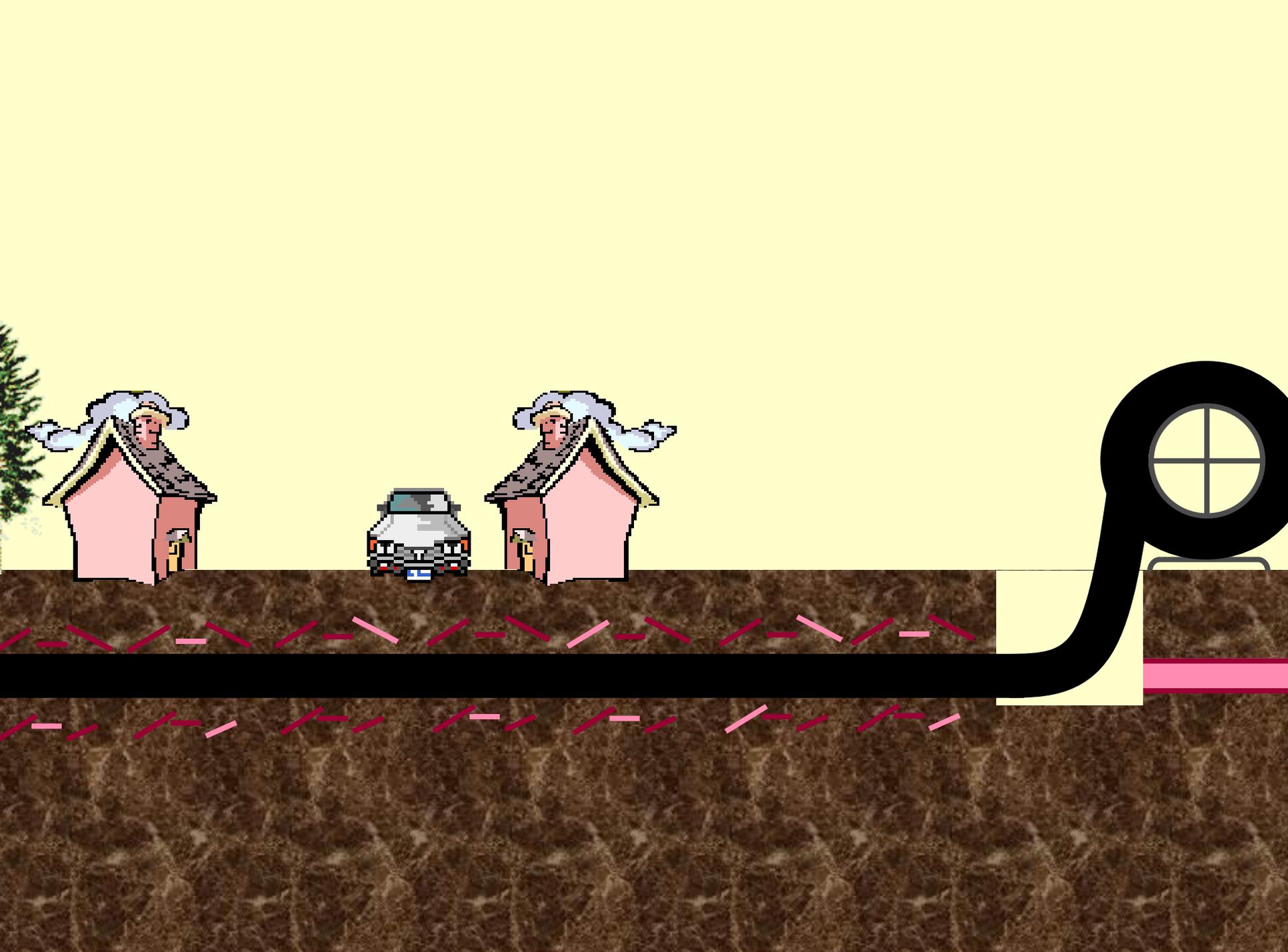


Réhabilitation











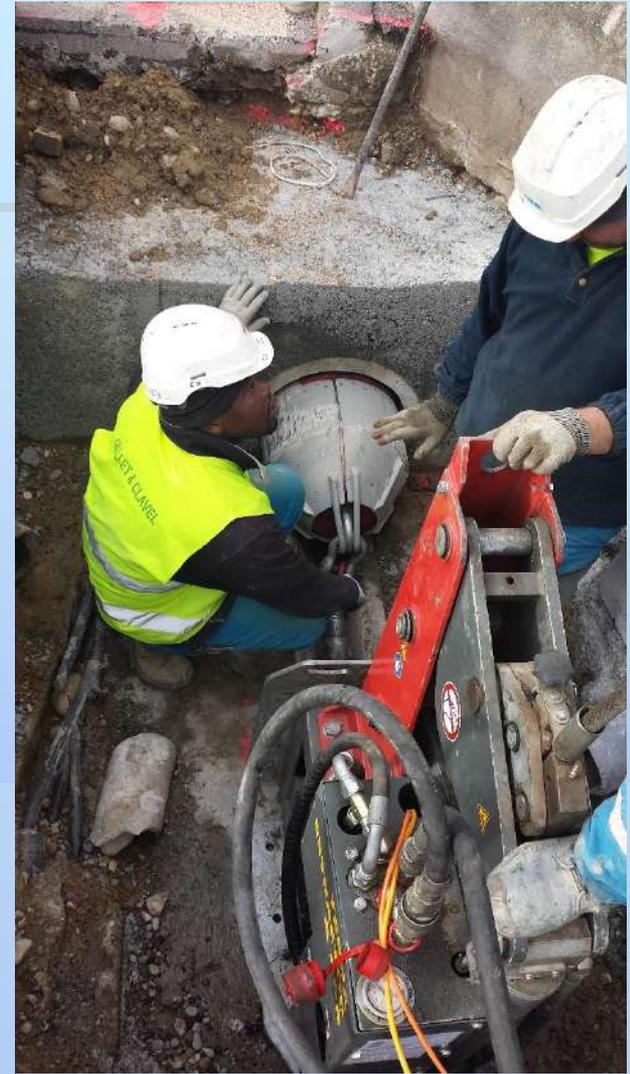
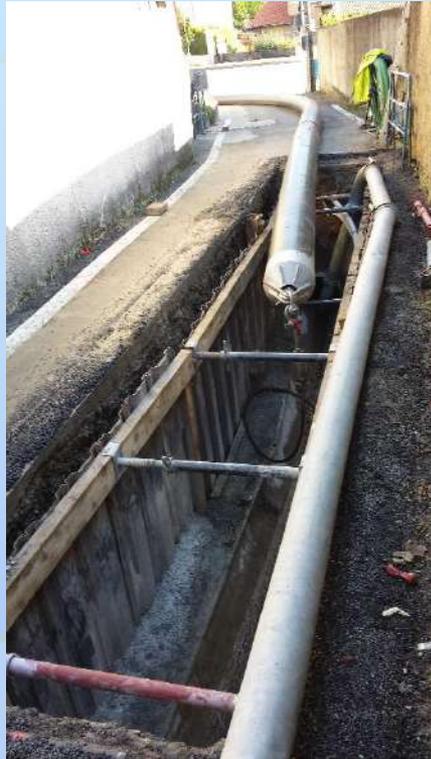
Réhabilitation

Jusqu'à 300 mètres de canalisations renouvelées à partir d'une seule fouille de travail, sans détérioration de surface, en limitant au strict minimum le transport de matériaux et sans gêner les riverains.

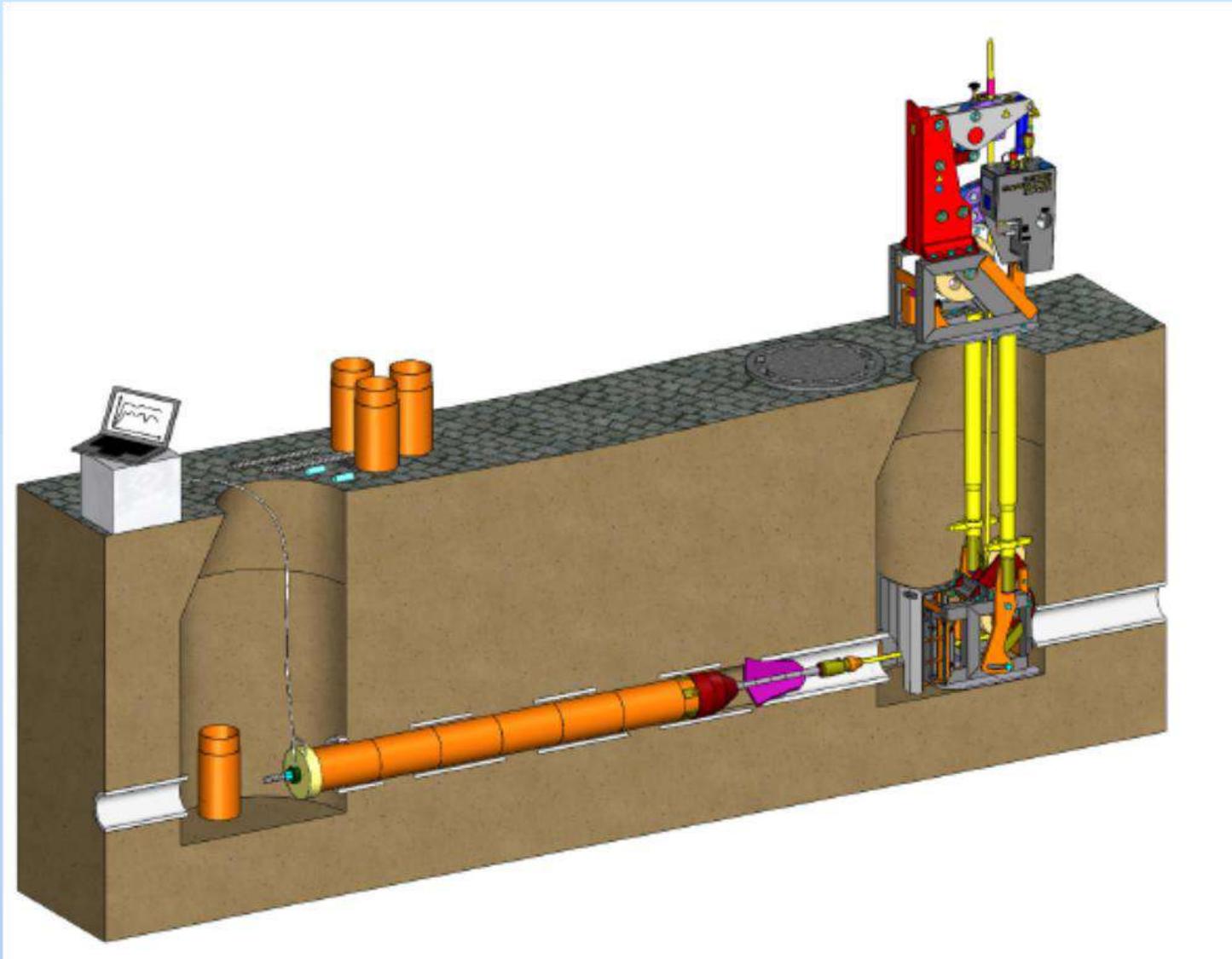


Réhabilitation





DE REGARD A REGARD

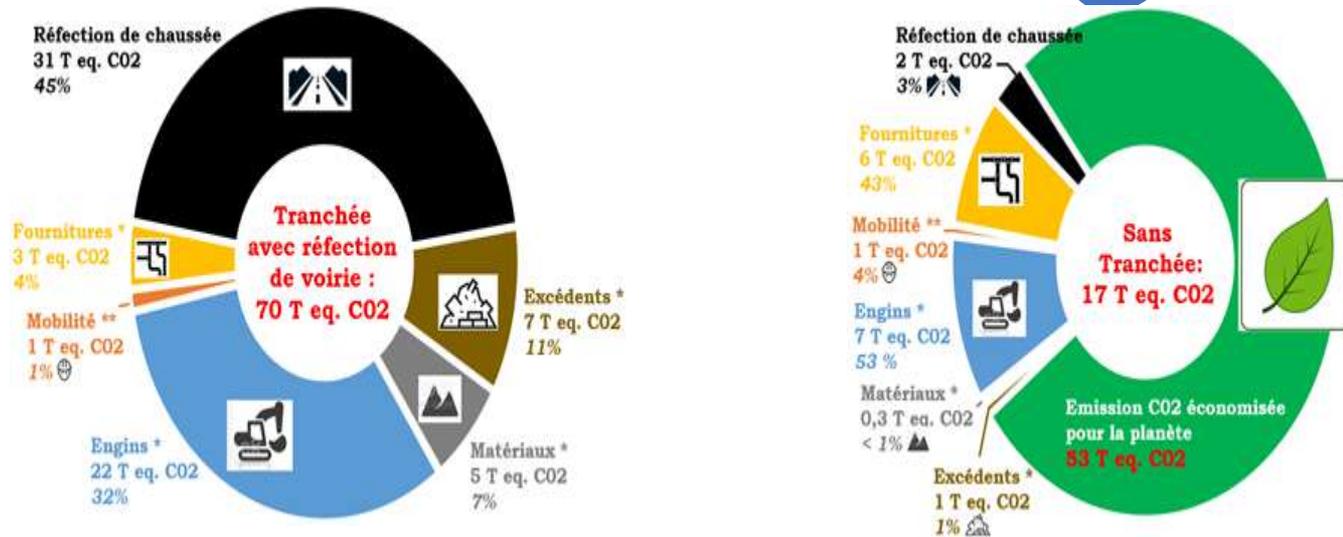


LES BRANCHEMENTS



Décarbonation

Exemple : 220 ml PVC DN150 remplacés par Eclatement



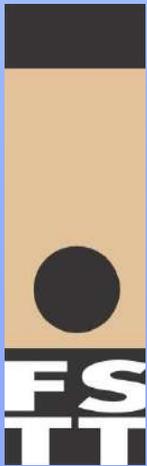
Réduction totale des émissions ~ 80%

Soit l'équivalent d'1 an d'émission de 7 Français

Ou encore 20 000 litres de gazole

Les avantages de la réhabilitation par éclatement

- Il est possible d'installer une nouvelle canalisation plus grosse que l'existante.
- Le nouveau tuyau est installé en lieu et place. Il garde donc le même tracé et la même pente. Les flashes vont aussi être lissés.
- Des tronçons avec des courbes voir même de petits coudes peuvent être traités.
- Technique utilisable quelque soit l'état de l'ancienne canalisation. Il faut juste pouvoir y passer le câble ou les tiges.
- Un changement de diamètre de l'ancien tuyau n'empêche en rien la technique
- Les avantages standards du sans tranchée:
 - Pas de tranchée, juste des fouilles espacées.
 - La surface n'est pas abîmée
 - Gêne de la circulation réduite au minimum.
 - Extrêmement peu de matériaux à transporter.



Journée technique - Les techniques sans tranchée

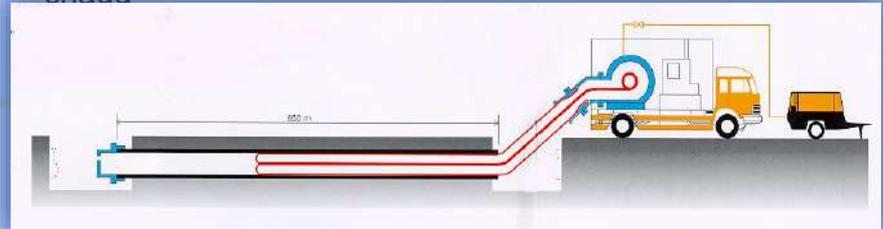
Travaux de rénovation par chemisage de canalisations d'assainissement

Cette technique consiste à introduire, à partir d'un regard de visite, **une gaine flexible imprégnée de résine**. Sous la pression de l'eau ou de l'air, la gaine se plaque à la paroi et la résine est ensuite durcie **par polymérisation à la chaleur ou aux U.V.** Il en résulte un chemisage sans joint et sans espace annulaire.

> **Le chemisage par traction et polymérisation aux UV**
la méthode par tractage : un treuil tire la chemise d'un regard au regard suivant. La mise en pression de l'ensemble est ensuite réalisée à l'air, puis la polymérisation est réalisée sous rayonnement UV



> **Le chemisage par réversion et polymérisation à la vapeur ou à l'eau chaude**
la méthode par inversion consiste à introduire, en la retournant, une chemise souple imprégnée de résine à partir d'un regard de visite, par l'intermédiaire du poids d'une colonne d'eau ou par pression qui plaque la chemise contre la paroi et en assure la polymérisation à chaud



06 mai 2025 - JT Travaux Sans Tranchée

Journée technique - Les techniques sans tranchée

Travaux de rénovation par chemisage de canalisations d'assainissement

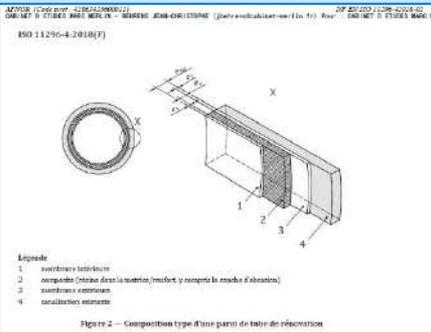
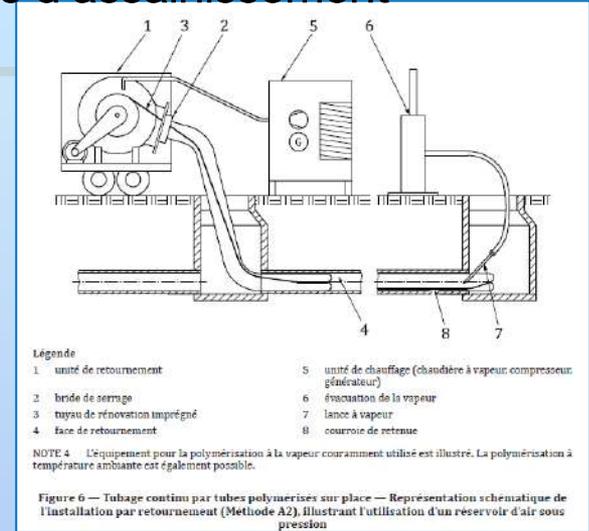


Tableau 1 — Matériaux des composants d'un tube de rénovation

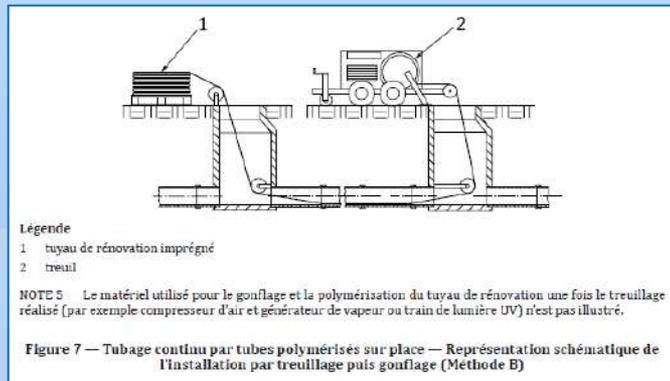
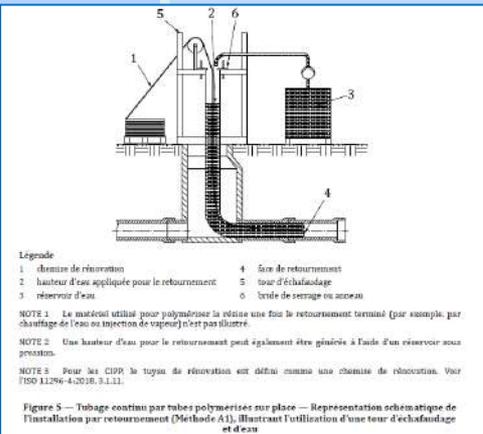
Composant du tube de rénovation	Matériaux
Système de résine:	
— type de résine	UR, VE ou EP ^a
— type de matériau de charge	Aucun, minéral ou organique
— type d'agent de polymérisation	Initié à chaud, initié par la lumière ou polymérisation à température ambiante
Matrice/renfort	Fibres polymères: PA, PAN, PEN, PET, PP ou PPTA; Fibres de verre de type «E», «C», «R» et/ou «E-CR» conformément à l'ISO 10467 ;—; Fibres de carbone d'une référence déclarée conformément à l'ISO 13002; Combinaisons des fibres ci-dessus ^b
Membranes	Sans restriction ^c

8

© ISO 2018 - Tous droits réservés.



Extrait norme NF EN ISO 11295 de février 2022



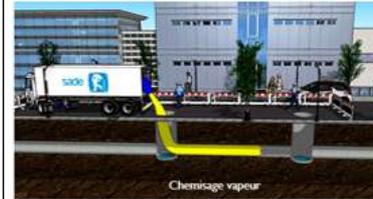
Toutes formes convexes et de dimensions courantes (150 à 1600 mm).
06 mai 2025 - JT Travaux Sans Tranchée

Journée technique - Les techniques sans tranchée

Travaux de rénovation par chemisage de canalisations d'assainissement

TECHNIQUE CHEMISAGE PAR REVERSION

- 1. Préparation de la canalisation à réhabiliter** avec hydrocurage, nettoyage et, éventuellement, fraisage ainsi qu'une inspection vidéo pour évaluer l'état de la canalisation.
- 2. Préparation des installations:** mise en place du camion "chaudière" contenant le tambour de réversion ou est enroulée la gaine imprégnée, au droit du 1er regard par ou va être insérée la gaine. Le 2ème regard doit être ouvert pour permettre l'évacuation de la vapeur d'eau.
- 3. Insertion de la gaine:** la gaine est introduite dans le 1er regard puis elle est déployée par réversion à l'air lors de la mise en pression du sas de réversion. Elle se déploie donc dans la canalisation et va se plaquer contre la paroi de la canalisation. La vitesse de réversion varie selon le type de gaine et le diamètre.
- 4. Le durcissement de la gaine:** une fois en place, la gaine est maintenue sous pression, une circulation d'air comprimé et de vapeur d'eau permet d'accélérer la polymérisation sur toute la longueur du tronçon à réhabiliter. Cela se fait par une mise en température puis refroidissement suivant des courbes de chauffe précises.
- 5. Contrôle d'étanchéité** et prélèvement d'un échantillon de chantier pour le contrôle-qualité. Un échantillon par gaine.
- 6. Phase finale :** Raccordement des extrémités de la gaine au regard et ouverture par fraisage des branchements à l'aide d'un robot de fraisage. Le raccordement de la gaine aux branchements s'effectue au moyen d'un profil en chapeau (top hat) ou par la technique d'injection. Effectuer un test d'étanchéité avant réouverture des branchements puis après.



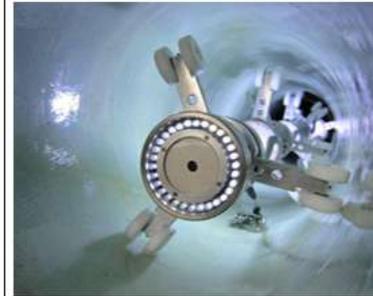
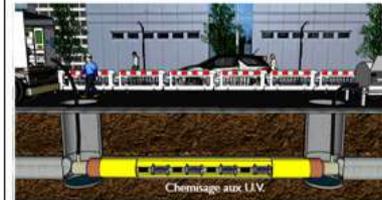
06 mai 2025 - JT Travaux Sans Tranchée

Journée technique - Les techniques sans tranchée

Travaux de rénovation par chemisage de canalisations d'assainissement

TECHNIQUE CHEMISAGE AUX UV

- 1. Préparation de la canalisation** à réhabiliter avec hydrocurage, nettoyage et, éventuellement, fraisage ainsi qu'une inspection vidéo pour évaluer l'état de la canalisation.
- 2. Préparation des installations:** mise en place du treuil dans un des 2 regards, puis amenée de la gaine au droit du 2ème regard. Il est nécessaire d'avoir de la place au droit des regards d'accès et si possible de pouvoir positionner les véhicules équipé du treuil et delui contenant la gaine dans l'axe du réseau (évite les frottement et pertes au niveau de la traction),
- 3. Insertion de la gaine :** la gaine est introduite dans le regard et dans le tronçon de canalisation à réhabiliter à l'aide d'un treuil et, éventuellement, d'un convoyeur. Un film de protection est introduit au préalable si la gaine ne possède pas de surface antidérapante intégrée ou de pré-gaine intégrée. La mise en place de la gaine est contrôlée lors de l'inspection vidéo avec source de lumière UV.
- 4. Durcissement de la gaine:** cette dernière est ensuite gonflée par le regard ou elle a été insérée puis ensuite le train de lampe UV est inséré par le regard opposé. Le robot équipé d'une source de lumière UV et une lampe UV spéciale remonte ensuite toute la longueur de la canalisation. Le processus de durcissement est contrôlé et documenté en ligne sur la base des paramètres de durcissement.
- 5. Contrôle** d'étanchéité et prélèvement d'un échantillon de chantier pour le contrôle-qualité. Un échantillon par gaine,
- 5. Phase finale :** Raccordement des extrémités de la gaine au regard et ouverture par fraisage des branchements à l'aide d'un robot de fraisage. Le raccordement de la gaine aux branchements s'effectue au moyen d'un profil en chapeau (top hat) ou par la technique d'injection.
Effectuer un test d'étanchéité avant réouverture des branchements puis après.



06 mai 2025 - JT Travaux Sans Tranchée

Journée technique - Les techniques sans tranchée

Travaux de rénovation par chemisage de canalisations d'assainissement

Il s'agit donc d'une même technique de « chemisage », mais qui diffère dans les deux cas notamment par :

> **Le dimensionnement**, les gaines en feutre polyester ayant des modules de flexion plus faibles que les gaines en fibre de verre, et donc nécessitant des épaisseurs plus importantes pour une même résistance ;

> **L'adaptabilité** aux variations de diamètres et d'angulation à la faveur des gaines en feutre polyester ;

> **L'imprégnation de la résine**, notamment dans le cas de résine époxy du fait d'une durée d'utilisation pratique (DPU) plus faible, imposant une imprégnation au plus près du chantier, voire sur site ;

> **Le processus de polymérisation**, plus complexe dans le cas de résines polyesters ;

> **L'impact environnemental et l'environnement du chantier**, notamment dans le cas d'inversion à la vapeur ou à l'eau chaude, ainsi que dégagement de styrène pour les résines polyester et présence de bisphénol pour celles en époxy.

06 mai 2025 - JT Travaux Sans Tranchée



Journée technique - Les techniques sans tranchée

Travaux de rénovation par chemisage de canalisations d'assainissement

La méthode de calcul 3 R2014 : **Logiciel qui a été développé en 2014 pour mettre en œuvre la nouvelle note de calculs 3R2014 pour le dimensionnement de la réhabilitation par chemisage et par tubage des réseaux d'assainissement gravitaires**, établie au sein du groupe de travail de l'ASTEE.

Parution prochaine d'un module pression

Saisie des données de la canalisation et de son environnement à prendre en compte
calcul du dimensionnement :

- **Etat** (trois états I, II et III)
- **Ovalisation**
- **Autres imperfections**
- **Charges permanentes et routières**
et autres surcharges éventuelles
- **Nature de sols** (pour les états II et III)
- **Hauteur de remplissage**
- **Niveau de nappes**

astee

— NOTE DE CALCUL —

DIMENSIONNEMENT MECANIQUE DES CANALISATIONS D'ASSAINISSEMENT
CHEMISAGE CIRCULAIRE

— Référence du projet —

- Société : AAA
- Nom de l'étude : DDD
- Référence de l'étude : CCC
- Date : 16/10/2019

— Conduite existante —

- Etat d'accueil : Etat I
- Diamètre intérieur (mm) : 400
- Diamètre extérieur (mm) : 480
- Ovalisation (%): 3
- Intrusion (mm) : 0
- Déformation angulaire (deg) : 0
- Ouvrages voisins : Non

— Caractéristiques de sol —

- Groupe de sol : sans objet
- Module du sol (MPa) : sans objet
- Coefficient de poussée des terres : sans objet
- Poids volumique (kN/m³) : sans objet
- Sol dégage : sans objet
- Hauteur de couverture (m) : 2

— Caractéristiques du chemisage —

- Désignation commerciale : Fibré ct polyester
- Type de joint : FEUTRE
- Coefficient de Poisson : 0,33
- Module de flexion CT (MPa) : 2400
- Module de flexion LT (MPa) : 1200

- Contrainte de flexion CT (MPa) : 30
- Contrainte de flexion LT (MPa) : 15
- Allongement limite à LT (%) : sans objet
- Epaisseur nominale (mm) : 9,81
- Epaisseur structurelle (mm) : 6,3
- Vite annulaire (mm) : 2,0

— Coefficients de sécurité —

γ_{fil} : 1,3 γ_{ME} : 1,67 γ_{élops} : 1,2 γ₀ : 1,35 γ_{0ure} : 1,2 γ_Q : 1,35

— Charges d'exploitation —

- Hauteur de nappe (m) : 3,8
- Pression hydrostatique (kN/m²) : 34,00
- Réalité autorisée secondaire : non
- Charges de remplissage (kN/m²) : sans objet
- Charges permanentes (kN/m²) : sans objet
- Traction TS - Classe 1 (kN/m²) : sans objet
- Traction TS - Classe 2 (kN/m²) : sans objet
- Traction TS - Classe 3 (kN/m²) : sans objet

- LMI - Classe 1 (kN/m²) : sans objet
- LMI - Classe 2 (kN/m²) : sans objet
- LMI (kN/m²) : sans objet
- Charges militaires M120 (kN/m²) : sans objet
- Charges aéronaviales (kN/m²) : sans objet
- Charges de sautoy mare (kN/m²) : sans objet
- Autres charges variables (kN/m²) : sans objet

— Vérifications de la sécurité d'emploi (Etat I Limites) —

Justifications sans factios de la nappe

ELU : - Contrainte : 0,96
- Stabilité à long terme : 0,93
- Allongement à long terme : sans objet

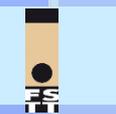
Conclusion : Le produit convient

3 états d'accueil considérés :

	Etat I	Etat II	Etat III
Description	Non déformé Dégradations superficielles	Fissuré (Conduite BA avec 4 fissures) Ovalisation < 10%	Dégradations profondes Buses métalliques corrodées Maçonnerie très dégradée
Etat	Capable d'équilibrer l'ensemble des charges sans déformation limite.	Capable d'équilibrer l'ensemble des charges avec déformation limite.	Incapable, à terme, d'équilibrer l'ensemble des charges.
Exigences	Résister à la pression de la nappe ou aux infiltrations.	Résister à la pression de la nappe ou aux infiltrations. Résister aux éventuelles déformations de la conduite fissurée.	Résister à la pression de la nappe ou aux infiltrations. Résister aux pressions du sol actuellement appliquées sur la conduite.



06 mai 2025 - JT Travaux Sans Tranchée



Journée technique - Les techniques sans tranchée

Travaux de rénovation par chemisage de canalisations d'assainissement

Reprise des branchements :

- soit par l'ouverture d'une fouille au droit du raccordement avec la pose d'une selle, d'une culotte ou d'un raccord de piquage sur la canalisation rénovée
- soit par l'intérieur de la canalisation rénovée, avec la pose d'une manchette, manchette chapeau (Top-Hat) ou éventuellement avec une



Manchette de branchement.

** Chapeau Hat.



Distance: 614.46m

Fraisage pour la réouverture du branchement



Distance: 682.284m

Manchette d'étanchéité



Pièce de raccord pour liner

06 mai 2025 - JT Travaux Sans Tranchée

Journée technique - Les techniques sans tranchée

Travaux de rénovation par chemisage de canalisations d'assainissement

Rénovation des canalisations de branchements :

- Chemisage par inversion depuis le collecteur visitable ;
- Chemisage par traction avec tirage de la gaine depuis la boîte de



INSTALLATION DE LA GAINE SUR LA TABLE D'IMPREGNATION PAR LES OPERATEURS.



OBTURATION DE LA GAINE DE FEUTRE IMPREGNEE - MISE EN PLACE DE L'ENSEMBLE DANS LA GAINE DE PRESSION ET MAINTIEN SOUS UNE PRESSION D'AIR



06 mai 2025 - JT Travaux Sans Tranchée

Journée technique - Les techniques sans tranchée

Et l'eau potable ?

Principe

- Consiste en la mise en place d'une chemise souple imprégnée d'une résine thermodurcissable ou photodurcissable (imprégnation en usine ou sur site), constituant une nouvelle canalisation après polymérisation de la résine
- La nouvelle canalisation se substitue à la canalisation existante
- Actuellement en France, deux solutions sur le marché pour des feeders (pas de branchement) :
 - **AQUA.UV® CIPP de RELINE** Chemise **fibres de verre (FV)**, avec **résine vinylester sans styrène**, mise en œuvre **par tractage** et **polymérisée aux UV**, imprégnation en usine
 - **NORDIFLOW® W PE de NORDITUBE** Chemise **feutre renforcée fibres de verre (F)**, avec **résine époxy**, mise en œuvre **par inversion** et **polymérisée à la vapeur ou à l'eau chaude (F)**, imprégnation sur site

Caractéristiques

- Technique **auto-structurante**
- Diamètres : de 200 mm à 800 mm (FV) – de 150 mm à 1200 mm (F)
- Pressions : 12 bars (FV) - 16 bars (F)
- Longueurs possibles (tirs) : 100 à 200 mètres et plus, suivant technique

Contraintes de mise en œuvre et points sensibles

- Tronçons rectilignes en plan et en altimétrie et pas de coude pour FV, avec passage possible de coudes >30° pour F – attention à la tenue à la pression, sans singularité (antenne, vanne, ventouse, vidange, branchement, ... - pour FV et F)
- Puits nécessaires aux extrémités des tronçons à rénover, et à chaque singularité
- Réduction limitée de diamètre du fait de la faible épaisseur de la chemise
- Préparation **très soignée** de la canalisation à chemiser (nettoyage, tringlage, élimination défauts (excroissances, soudures débordantes, ...) susceptibles de blesser la chemise, ...)
- DPU limitée (Epoxy) – Maîtrise de la polymérisation
- Traitement des extrémités des tronçons chemisés (manchettes d'extrémité)
- Intervention ultérieure limitée (pas de prise en charge possible)
- Mise en œuvre exclusive en 2024 :
 - **AQUA.UV® CIPP** : Mise en œuvre en France exclusivement par AXEO TP
 - **NORDIFLOW® W PE** : Mise en œuvre en France exclusivement par TELEREP

06 mai 2025 - JT Travaux Sans Tranchée



Alors que...

Sans tranchée, la ville est plus belle !





SERVICES PUBLICS LOCAUX
DE L'ÉNERGIE, DE L'EAU,
DE L'ENVIRONNEMENT ET
DES E-COMMUNICATIONS



Journée technique

Les techniques sans tranchée dans la création ou la réhabilitation de réseaux

6 mai 2025