

# PATHOLOGIES

## I) Généralités :

Le classement des causes principales de désordres pour les ouvrages en béton armé correspond au classement type basé sur la division des responsabilités entre les concepteurs (y compris les calculs) et les réalisateurs (exécution sur chantier).

Une étude des pathologies d'un ouvrage se décompose en plusieurs phases. Celle-ci commence par une visite de l'ouvrage accompagné d'un relevé détaillé des différentes pathologies présentes sur les ouvrages. Ensuite, on procède à un diagnostic afin de connaître l'origine des pathologies pour préconiser d'une part le classement de l'état de l'ouvrage et d'autre part les travaux à réaliser.

## II) Les Pathologies :

Les pathologies peuvent être classées en plusieurs familles :

- les dégradations superficielles;
- les déformations;
- les fissurations;
- les dégradations d'ordre structurel.

Cependant, il est nécessaire de distinguer les pathologies existantes à l'origine, tels que le bullage et les nids de cailloux, et celles apparaissant dans le temps comme les fissures.

On distingue plusieurs pathologies. Voici quelques définitions :

### **Faïençage (n.m):**

Craquelure superficielle des peintures, vernis, enduits et bétons, sous forme de fins réseaux de microfissures de largeur inférieure à 0.2mm, disposées en mailles régulières fermées, de quelques cm de côté.

Le faïençage traduit un retrait superficiel trop important ou trop rapide (remontée de liant en surface, couche trop épaisse).

Contrairement aux fissures, qui affectent les matériaux dans toute leur épaisseur, les faïençages n'ont qu'un inconvénient esthétique.

(NB: Sur un béton ou un enduit de ciment, un faïençage est mis en évidence en mouillant la surface).

### **Fissure (n.f)**

Fente visible affectant la surface d'une maçonnerie, d'un dallage, d'un appareil sanitaire, etc.

Par convention, la fissure a entre 0.2 et 2mm de largeur; au dessous il s'agit d'un faïençage ou d'un simple fil; au dessus, la fissure est une lézarde.

Dans leur majorité, les fissures n'ont qu'un inconvénient esthétique: fissure de retrait, ou de mouvement différentiel à la jonction de deux matériaux.

Les fissures sont graves si elles portent atteinte à l'imperméabilité des parois (fissures pénétrantes laissant passer l'eau de pluie à travers un mur exposé); plus graves encore sont les fissures traduisant un affaissement des fondations, ou des mouvements du sol.

**Fissuration (n.f)**

Ensemble des fissures affectant une paroi, un revêtement ou un enduit.

Nature des fissures observées : fissuration en maille, en étoile, en en panneaux, en coup de sabre, etc.

**Fil (n.m)**

Dans la pierre ou le marbre, fente à peine perceptible qui coupe une masse et qui a une forme et une direction quelconques.

**Microfissures (n.f)**

Fissure très étroite, à peine visible à l'oeil nu (inférieur à 0.2mm).

Le faïencage est composé de microfissures en maille. Des microfissures, plus ou moins parallèles, apparaissent localement sur le béton, avant sa rupture sous une charge excessive.

**Microfissuration (n.f)**

Formation de microfissures dans un enduit ou dans un béton.

**Lézarde (n.f)**

Longue fente qui, dans la maçonnerie d'une construction, suit en zig-zag une direction générale franche; elle traduit soit un mouvement ou un tassement du terrain, soit une insuffisance ou une rupture de chaînage.

La lézarde intéresse toute l'épaisseur de la paroi concernée: elle est donc infiltrante.

**Infiltrant (adj.)**

Une fissure infiltrante est une fissure qui, présente dans toute l'épaisseur d'une paroi, permet à l'eau de pluie ou de ruissellement de la traverser.

**Retrait (n.m)**

Contraction d'un matériau provoquée par l'élimination de l'eau de gâchage excédentaire (bétons, enduits). les tensions internes provoquées par les retraites ont pour effet soit de réduire les dimensions extérieures des matériaux, soit de les déformer, soit de provoquer leur rupture: faïencage des enduits, microfissuration du béton.

Le retrait des bétons et mortiers de ciment commence par un retrait plastique (légère contraction par évaporation , dès la mise en place); puis intervient le retrait hydraulique, élimination d'eau de gâchage excédentaire, qui se poursuit de façon décroissante pendant longtemps.

De façon générale, un béton ou un mortier a d'autant plus de retrait que sa concentration en ciment est importante.

La mesure du retrait s'effectue sur des éprouvettes (4x4x16cm), d'une part sur lapâte pure, d'autre part sur le mélange constitué.

**Désordre (n.m)**

Anomalie de fonctionnement, d'aspect , de solidité , etc. d'un équipement ou d'un ouvrage, du fait d'un défaut de conception, du fait d'une erreur de mise en oeuvre, ou du fait d'un composant inadapté.

**Pathologie (n.f)**

Etude des désordres affectant un bâtiment ou un matériau en oeuvre; une étude pathologique comprend:

- L'observation et l'analyse des symptômes et de leur processus de formation, ainsi que des conditions de mise en oeuvre.
- L'établissement d'un diagnostic sur les causes probables et sur les risques d'évolution du désordre.
- La recherche de remèdes ou traitements curatifs à envisager.

**Epaufrure (n.f) [ou épaufrement (n.m), en Suisse]**

Eclat dans un parement, ou dans une arête: l'arête est alors dite épaufrée.

**Mousse (n.f)**

Développement de lichens et de micro-végétaux à spores sur des surfaces en général exposées à l'humidité : toitures, murs de soubassement. Le traitement préventif ou curatif se fait avec des agents biocides dits antimousses, fongicides ou anticryptogamiques.

**Lichen (n.m)**

Très fine mousse végétale, parasite des maçonneries humides et des couvertures ; on l'élimine, comme les mousses, par traitement fongicide.

**Cryptogamique (adj.)**

Familles de végétaux qui comprennent les champignons, les moisissures, les mousses et les lichens. Dans le bâtiment, les végétaux cryptogamiques qui attaquent les bois, ou qui prolifèrent sur les toitures et les murs humides sont détruits par les produits anticryptogamiques du commerce (souvent des solutions à base d'oxydes de cuivre) ; après application, à la brosse ou par pulvérisation, il faut attendre quelques semaines pour constater leur effet.

**Fongicide (ou anticryptogamique) (adj.)**

Désigne ou qualifie tout produit qui empêche le développement des micro-organismes végétaux (champignons, lichens, moisissures, mousses) et détruit ceux qui sont déjà formés.

Suite à ces définitions, nous allons développer les fissures.

### **III) Les Fissures :**

La plupart des fissurations sont dues à des phénomènes physiques (retrait, dilatation) concernant les matériaux soumis à différents types de sollicitations. Il faut distinguer les fissures superficielles ou faïençage et les fissures actives (évolutives).

**Types de fissures**

On distingue plusieurs types de fissures:

- 1- Les fissures de décollement entre différentes natures de matériaux (par exemple entre une ossature béton armé et les remplissages en maçonnerie d'éléments).
- 2- Les fissures de rupture qui peuvent être traversantes (ou partielles) et qui correspondent à une sollicitation excessive (contrainte de traction ou de cisaillement supérieure aux "possibilités" du matériau).

Dans certains cas (enduit, revêtements), la fissure est transmise par le support (mur) au revêtement qui se fissure à son tour. Dans d'autres cas les fissures (généralement plus fines) ne concernent que les enduits ou revêtements.

Le traitement ou la réparation possible seront différents, les conséquences sur l'isolation thermique ou acoustique ou sur le degré de résistance au feu (cas de fissures traversantes) pourront être plus ou moins graves.

D'autre part, dans l'évolution des fissures, une fissure peut, dans un premier temps, ne pas être traversante et en stade final affecter la totalité de l'épaisseur de la paroi.

### ***Caractères des fissures***

1- Toute fissure constitue le signe d'une première manifestation de désordres possibles, c'est ce qui explique, dans une certaine mesure, les préoccupations des constructeurs.

2- Mais toutes les fissures ne sont pas dangereuses et ne présentent pas toutes la même gravité vis-à-vis de la destination des ouvrages.

3- Les fissures ne sont pas dangereuses si elles ne compromettent pas la stabilité et la durabilité des ouvrages.  
Elles peuvent être inesthétiques.

4- Certaines fissures peuvent compromettre la durée de vie des ouvrages:

- fissures parallèles aux aciers, conduisant à une corrosion rapide de ceux-ci, et à la destruction progressive des structure;
- fissures permettant des infiltrations d'eau dans des ouvrages qui sont destinés à être étanches ou à contenir des fluides (liquides ou gaz);
- fissures d'ouvrages maritimes;
- fissures mettant en cause la stabilité des ouvrages en affaiblissant progressivement la résistance mécanique des éléments structuraux, et conduisant à l'effondrement final;

### ***Caractères morphologiques d'une fissure***

Afin de permettre le classement et l'analyse du phénomène général de la fissuration, on peut établir les caractères de la morphologie correspondante.

a) *Orientation:*

- verticale;
- horizontale;
- inclinée (préciser l'angle par rapport à l'horizontal);
- mixte (plusieurs directions);
- quelconque.

b) *Tracé ou forme:*

- rectiligne;
- courbé;
- quelconque;
- simple, multiple et composé.



*c) Emplacement*

Il faut effectuer un repérage dans l'élément considéré (mur, cloison, etc.)

La situation de la fissure correspond alors :

- pour fissures horizontales inclinées:
  - partie (ou zone) basse,
  - partie moyenne,
  - partie supérieure.
  
- Pour fissures verticales:
  - rives – parties latérales,
  - zone médiane,
  - emplacement divers.

*d) Importance*

- en nombre (répétition, répartition irrégulière ou régulière);
- en longueur ou développé
- en largeur (mesurable, non mesurable ou variable, constante);
- en épaisseur (par rapport à celle de l'élément): superficielle (non traversante), traversante partielle, traversante totale)
- fissures visibles à l'oeil nu;
- faïençage (réseau de microfissures) se présentant sous la forme d'un dessin géométrique à mailles régulières;
- microfissures d'ouverture  $\leq 0.2\text{mm}$ ;
- fissures proprement dites, d'ouvertures linéaires au tracé régulier dont la largeur est comprise entre 0.2 et 2mm;
- par rapport au plan de l'élément: dans le plan, sans décalage ou avec décalage des parties adjacentes.

*e) Particularités:*

- date de la première apparition; certaines fissures apparaissent après quelques heures ou quelques jours, d'autres après plusieurs années;
- effets secondaires, par exemple éclatement ou arrachement des parties adjacentes (par arrachement, il y a cisaillement ou traction, et par écatement, il y a compression)
- pénétration d'air, d'eau, etc.;
- tâches (humidité);
- destination des ouvrages.

***Evolution morphologique dans le temps*****a) Fissures "stables" ou stabilisées (fissures mortes)**

Préciser au bout d'une certaine période (à partir de leur apparition) si ce sont des fissures "stables ou stabilisées".

La stabilisation peut être immédiate (rapide) ou plus lente (après une période déterminée ou une variation climatique saisonnières).

## b) Fissures "vivantes" ou évolutives (non stabilisées)

Une fissure est dangereuse selon la façon dont elle évolue. C'est à dire:

- en variations diurnes (effets de l'ensoleillement);
- en variations périodiques (saisonniers, déterminées par le chauffage ou l'occupation);
- en variations indéterminées (sans cause apparente ou relation de cause à effet).

Ces fissures actives peuvent être dues :

- à la corrosion des armatures (carbonatation des armatures à cause d'un enrobage insuffisant) ;
- à des origines mécaniques (erreurs de conception ou d'exploitation) ;
- à des origines thermiques ;
- à l'alcali-réaction ou autres attaques sulfatiques ;
- aux cycles gel/dégel.

### **IL EST IMPORTANT DE CONNAITRE L'EVOLUTION DES FISSURES AVANT DE PROCEDER A DES REPARATIONS.**

Certaines fissures peuvent "s'autocolmater":

- si les sollicitations à l'origine de la cause de fissuration cessent;
- si certains cristaux se développent au droit de la fissure, sous l'effet d'une humidification qui provoque le gonflement du béton ou du mortier, le passage lent d'eaux chargées de chaux ( $\text{Ca(OH)}_2$ ) puis  $\text{CO}_3$  par carbonatation.

#### **IV) Elaboration d'une réhabilitation – Phase Etude :**

Le choix de la méthode de réhabilitation dépend de plusieurs facteurs tels que :

- le type et l'âge de l'ouvrage ;
- les conditions locales et environnementales;
- la nature et le degré des dégradations,
- les délais mis à disposition pour l'achèvement des travaux de réhabilitation;
- le niveau de sécurité demandé ;
- le coût de revient de la méthode.

Pour choisir les techniques de réhabilitation des collecteurs d'assainissement, une bonne connaissance des dégradations ainsi que leur origine s'avère nécessaire. Afin d'établir un bon diagnostic de l'état physique de l'ouvrage et aboutir au choix d'une méthode de réhabilitation, les observations et mesures d'auscultation sont réalisées à l'aide de différentes techniques et méthodes adaptées aux besoins.

Normalement un ouvrage doit être visité au moins tous les cinq ans, sans dépasser le délai de dix ans. S'il n'y a pas de constatations au niveau de l'état de l'ouvrage et de son fonctionnement, il sera classé « sans suite » et reste inscrit dans le cycle régulier des visites. Dans le cas contraire, l'établissement d'un prédiagnostic sera nécessaire. Ce prédiagnostic conclut, soit à la mise sous surveillance de l'ouvrage et l'évaluation périodique de l'évolution des dégradations observées, soit à la nécessité d'effectuer des investigations complémentaires (essais in situ), afin d'évaluer des paramètres bien définis, dans des zones déterminées.

Le programme d'auscultation doit être établi soit par les techniciens spécialisés du gestionnaire, soit par un bureau d'études extérieur spécialisé. Il comprend généralement des mesures simples caractérisant l'ouvrage dans son ensemble (mesures géométriques, sondages et essais au laboratoire) et des mesures complémentaires dans les zones critiques.

#### 4-1 Investigations In-situ

##### **a) Inspection Visuelle**

Les inspections visuelles permettent de vérifier l'état et le fonctionnement de l'ouvrage en service. L'observation et le relevé de l'état intérieur de l'ouvrage sont réalisés directement par un personnel spécialisé. Les dégradations sont repérées et localisées, moyennant des outils de mesure de distance. L'ensemble des désordres est reporté sur un document graphique et dans un tableau.

Les anomalies doivent être qualifiées en terme de nature du défaut et quantifiées en terme de forme et d'orientation. Les résultats des visites sont exploités en analysant les dégradations relevées sur l'ouvrage et la recherche sur site des éventuelles corrélations avec l'environnement proche de celui-ci.

L'exploitation des visites antérieures permet de juger l'évolution des dégradations et l'importance du paramètre temps comme facteur aggravant.

##### **b) Auscultation Géométrique**

Il s'agit d'enregistrer les déformations éventuelles affectant la géométrie du réseau d'assainissement suite au comportement mécanique du sol environnant. Ces auscultations permettent de comparer la mesure du profil en long et du tracé en plan par rapport à une référence (issues du projet ou des auscultations effectuées précédemment) et cela permet donc, l'évaluation dimensionnelle des désordres.

Les principales techniques utilisées sont [5] :

- la profilométrie optique et laser, qui permet l'enregistrement des profils en temps réel ;
- la topographie, qui permet d'effectuer des mesures et représenter sur un plan ou une carte les détails visibles sur le terrain ;
- la mesure de convergence, qui consiste à effectuer des mesures de distance entre différents points de mesures ;
- la fissurométrie, qui permet le suivi et mesures de l'évolution de la fissuration ;
- l'inclinométrie, qui permet de contrôler la stabilité des sols et des ouvrages.

##### **c) Auscultation Géophysique**

Le radar est un appareil d'auscultation actuellement utilisé. Il peut apporter des informations essentielles pour connaître les paramètres de l'état physique des ouvrages et de leur environnement proche. Il repose sur le principe de la réflectométrie d'impulsion, et permet de caractériser la structure de l'ouvrage, la nature du sol encaissant, ainsi que la détection de :

- Sols décomprimés et zones d'entraînement de fines ;
- Cavités et poches d'eau ;

- L'évaluation des épaisseurs des différents matériaux (sol en place, remblais, structure...);
- Points durs, zones humides, fissurations ;
- Présence de réseaux et masses métalliques...



*Auscultation radar.*

D'autres méthodes sont utilisées, il s'agit des méthodes électriques, qui consistent à la mesure de la résistivité des sols encaissants les ouvrages d'assainissement. Des informations sont obtenues à partir d'un dispositif de mesure multi-électrodes en courant continu ou alternatif et l'enregistrement des différences de potentiels.

Ces mesures permettent de :

- Détecter la présence de cavités de grandes dimensions ;
- Détecter les différentes anomalies que peuvent présenter les terrains encaissants ;
- Détecter les désordres affectant l'ouvrage (fissures, vides...).

Sauf que la présence de masses métalliques et lignes électriques influençant le signal, rendent l'utilisation des méthodes électriques limitée en milieu urbain.

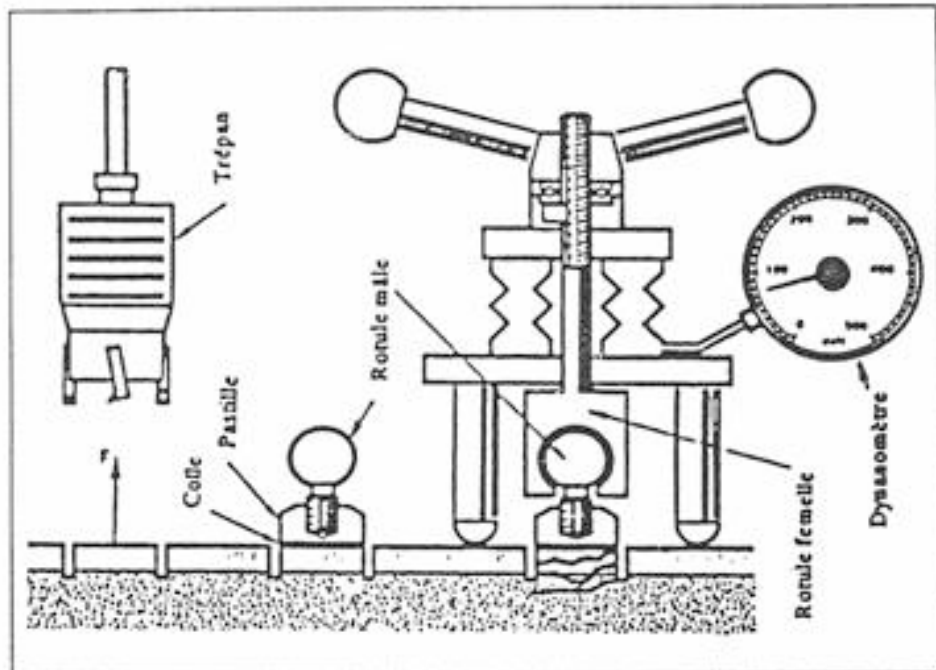
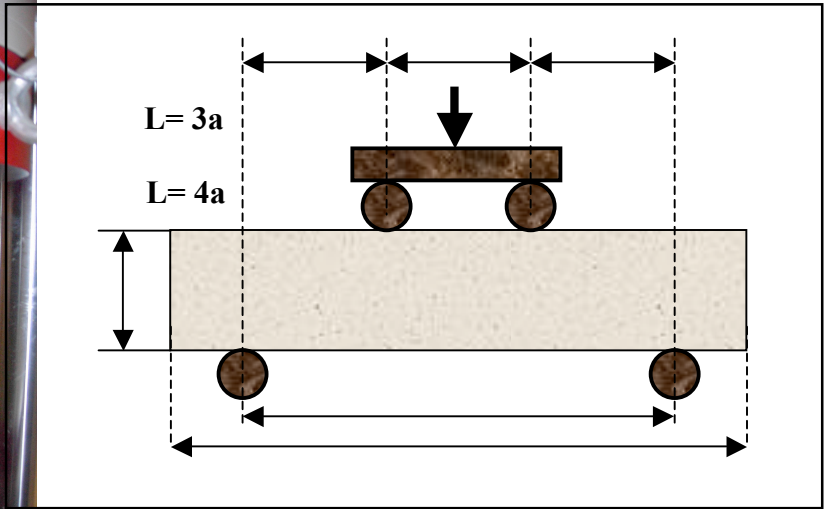
Dans le même genre, il existe l'utilisation de caméra infra-rouge.

#### ***d) Sondages carottés***

Les sondages carottés sont des reconnaissances destructives. Cela consiste à percer le revêtement à l'aide d'un matériel spécialement adapté aux ouvrages souterrains. Ces sondages sont fortement recommandés pour l'étalonnage des reconnaissances non destructives, notamment le radar.

Les sondages carottés permettent d'examiner visuellement des échantillons de matériaux constitutifs des ouvrages, ainsi que l'utilisation de ces échantillons en vue d'essais au laboratoire (déterminations chimiques ou minéralogiques, essai de résistance...). Ces essais permettent alors de classer l'état structurel de la structure.

4-2 Investigations en laboratoire : Essais



► **REPARER** : redonner à une structure ou à un élément de cette structure son état de service initial

#### 4-3 Causes des Pathologies

► **RENFORCER** : accroître la capacité portante de la structure

- Le cas principal est :
- les erreurs de conception;
  - les erreurs de calcul;
  - les dispositions défectueuses (liaisons, ferrailage, transmission des efforts);
  - les déformations excessives;
  - l'effet des variations dimensionnelles;
  - les fautes d'exécution;
  - les causes extérieures (gel, attaques chimiques).

#### 4-4 Classement des ouvrages

Il existe trois classes caractérisant l'état de l'ouvrage selon la gravité des désordres:

- **Mise sous surveillance** : Elle consiste à disposer des appareils de mesure pour "surveiller" la structure ;
- **Action préventive** : La structure est placée en préventif lorsque des travaux de maintenance sont nécessaires ;
- **Action curative** : Lors de désordres structurels importants, des travaux de restructuration sont à réaliser, l'ouvrage est classé en curatif. Un traitement curatif remédie à un désordre, à une dégradation, par opposition à un traitement préventif.

Pour réaliser un bon diagnostic, nous avons deux types d'essais à notre disposition :

- Essais destructifs ;
- Essais non-destructifs.

Les diagnostics résultent des résultats des essais et ils doivent être interprétés par des experts. La solution de réhabilitation dépend directement des pathologies relevées et des caractéristiques mécaniques de l'existant.

#### 4-5 Méthodes de réhabilitation

Il est nécessaire de distinguer la réparation et le renforcement.

### **4-5-1 La réparation**

La réparation par reprise du béton dégradé suit généralement l'ordre chronologique suivant :

- préparation de la surface de béton à réparer ;
- traitement des armatures éventuellement exposées ;
- mise en œuvre d'un ou de plusieurs matériaux d'apport ;
- protection du parement ainsi réparé.

#### ***Préparation de la surface de béton***

L'objectif d'une bonne préparation de surface est de créer un support sain, propre et rugueux afin d'assurer une bonne adhérence au niveau de la surface reprise.

#### ***Protection des aciers***

La tendance actuelle est d'utiliser :

- des composés de ciment, de résine et d'inhibiteur de corrosion dans le cas de ragréage à base de produits hydrauliques ;
- des résines organiques (époxydiques) contenant des inhibiteurs de corrosion à base de sel de zinc dans le cas de ragréage à base de produits synthétiques.

Si un pourcentage important de la section des aciers a disparu en raison de la corrosion, il faudra alors plutôt envisager de les remplacer ou d'ajouter des aciers passifs.

#### ***Réparation du béton dégradé par apport de matériaux***

*Le ragréage :*

Les produits de ragréage peuvent être classés en trois catégories :

- produits à base de liants hydrauliques, qui est la catégorie la plus utilisée. On dispose alors de produits à base de liants hydrauliques traditionnels où le ciment est le seul liant (LHA) ou de produits à base de liants hydrauliques modifiés (LHM) dans lesquels sont incorporés des résines miscibles dans l'eau.
- produits à base de synthèse, composés à partir de sable, de polymères organiques réactifs et éventuellement de charges minérales. Les plus couramment utilisés sont ceux à base de résine époxyde ou polyuréthane.
- Produits mixtes à base de ciment et polymère organique réactif.

Le choix du produit dépend de l'objectif de la réparation et de nombreux paramètres comme les caractéristiques mécaniques et physico-chimiques des produits, des conditions de mise en œuvre ou encore de la durabilité.

#### ***Traitement des fissures***

Il a plusieurs fonctions :

- une fonction d'étanchéité, en obstruant la fissure de façon à empêcher la pénétration de tout corps étranger et en particulier l'eau ;
- une fonction de remplissage, l'espace vide est alors rempli par un matériau adhérent ou non, déformable ou non ;
- une fonction mécanique, le matériau injecté rétablit alors le monolithisme de la structure, ses caractéristiques sont élevées et il adhère aux surfaces

#### ***Protection de la réparation***

Il faut protéger le béton existant ou le mortier qui vient d'être appliqué vis-à-vis des agressions atmosphériques, des chlorures, des attaques chimiques ou tout simplement de l'eau



afin d'assurer une plus grande durabilité de la réparation. On obtient donc un gain structural par la reconstitution du monolithisme de la structure.

#### ***4-5-2 Le renforcement***

Les techniques de réhabilitation sont nombreuses, elles ont pour but de rendre à l'ouvrage son état de service et permettre de remplir sa fonction primaire.

Ces techniques peuvent être structurantes ou non structurantes, selon leur aptitude à reprendre ou non les charges statiques et dynamiques appliquées sur l'ouvrage. Certaines techniques peuvent satisfaire à plusieurs objectifs.

Le choix des techniques de réhabilitation est fonction des caractéristiques de l'ouvrage, de son environnement et de l'importance des désordres constatés, mais également du coût de la méthode à utiliser. On peut citer :

- les injections de collage avec effets de régénération;
- la projection de mortiers et bétons ;
- l'utilisation d'éléments préfabriqués ;

##### ***a) Injections de collage avec effets de régénération***

Le principe des injections consiste à envoyer sous pression un coulis depuis l'intérieur des ouvrages à travers le matériau, par l'intermédiaire d'un forage. L'objectif principal des injections de collage avec effets de régénération est double. Il s'agit de rétablir la liaison de l'ouvrage avec le terrain encaissant par le comblement des vides et décompressions identifiées à l'extrados, et selon la porosité du matériau, améliorer la fonction structurelle de l'ouvrage par l'effet de consolidation et l'homogénéisation des éléments de la maçonnerie.

Les constituants du coulis sont choisis en tenant compte de l'agressivité du milieu et du terrain environnant. Le coulis qui peut être composé de ciment, bentonite, adjuvants, charges, eau, produits chimiques..., est mélangé en surface et transporté sous pression dans des conduites jusqu'aux forages.





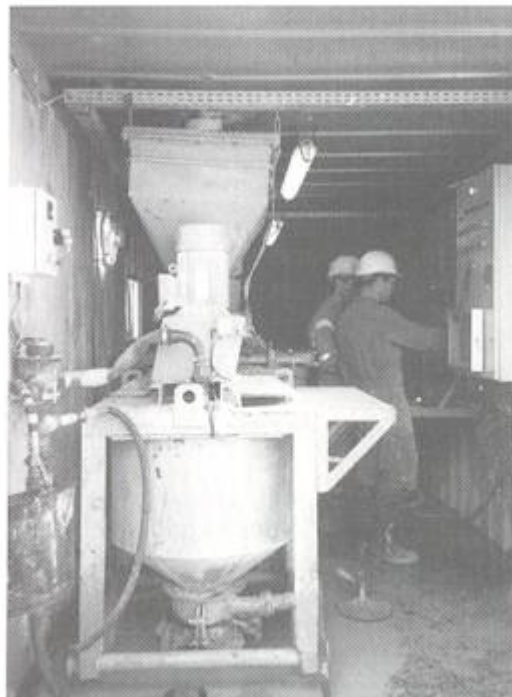
Les travaux d'injection permettent :

- l'amélioration des caractéristiques mécaniques et physiques du matériau constitutif de l'ouvrage et du sol à proximité immédiate de l'extrados ;
- le rétablissement de la liaison de l'ouvrage avec le terrain ;
- l'amélioration de l'étanchéité.

### **b) Projection de mortiers et bétons**

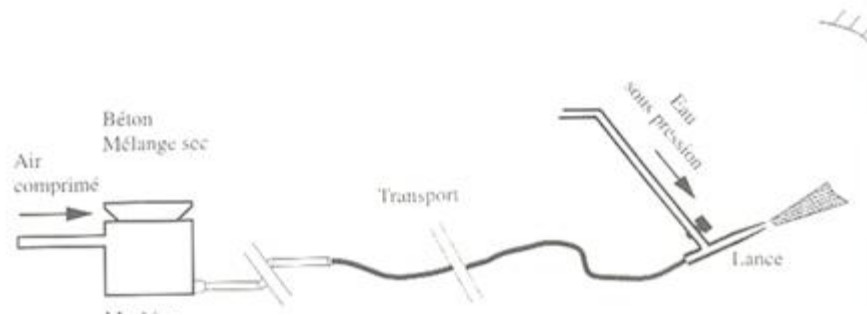
La réhabilitation des ouvrages d'assainissement en maçonnerie par la technique de projection de mortiers et bétons, consiste à la mise en place d'un revêtement de 6 à 8 cm mis en place par couches de béton ou mortier sur la paroi de l'ouvrage. Cette méthode a pour objectif essentiel d'améliorer la résistance mécanique de l'ouvrage, c'est donc une technique structurante, mais elle assure aussi l'étanchéité de l'ouvrage et la protection de la maçonnerie contre l'érosion du mortier de liaison et l'abrasion des pierres.

Avant la projection, et afin d'assurer un bon niveau d'adhérence du matériau mis en place, des travaux de préparation du support sont nécessaires. Ces travaux consistent à rendre le parement sain et propre. Dans le cas de maçonnerie enduite, on procède au piquage des enduits de façon à éliminer ceux qui sont en mauvais état et insuffisamment adhérents. Puis les maçonneries brutes ou débarrassées de l'enduit sont brossées ou lavées sous pression à l'eau.



Il existe deux méthodes d'exécution, la projection est réalisée soit par voie sèche, soit par voie mouillée.

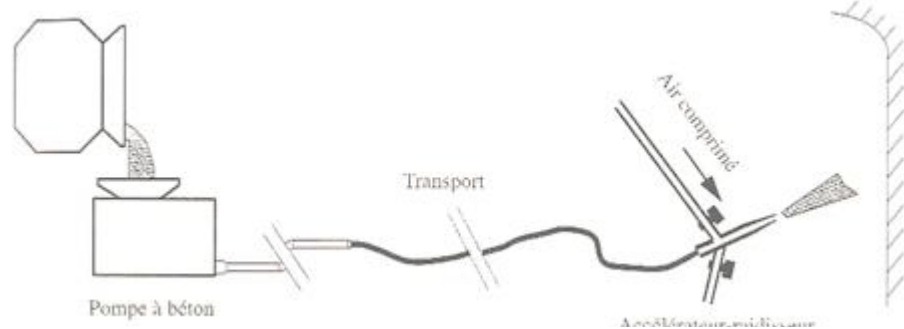
- **La voie sèche** : les constituants du matériau sont mélangés et malaxés à l'état sec, puis transportés dans un tuyau par pression d'air comprimé jusqu'à une lance de projection, et juste avant l'éjection du matériau on introduit l'eau, puis le mélange est projeté sur la paroi de l'ouvrage.



Cette méthode assure une résistance élevée et une bonne adhérence au support. La grande vitesse de projection (de l'ordre de 100m/s) permet la pénétration à l'intérieur des fissures, joints ou cavités à grande profondeur.

Parmi les inconvénients de la voie sèche, les pertes importantes par rebondissement et la production de poussières rendant les conditions de travail plus difficiles.

- **La voie mouillée** : les constituants du matériau sont malaxés avec de l'eau et propulsés vers la lance où un jet d'air comprimé est introduit, le matériau est ensuite projeté.



Cette méthode assure une composition uniforme de la couche projetée, avec des pertes limitées par la faible vitesse du jet. La voie mouillée permet une amélioration des conditions de travail (pas de production de poussières), et des rendements importants avec des performances (résistance, retrait, adhérence) généralement suffisantes, grâce à l'emploi des adjuvants.

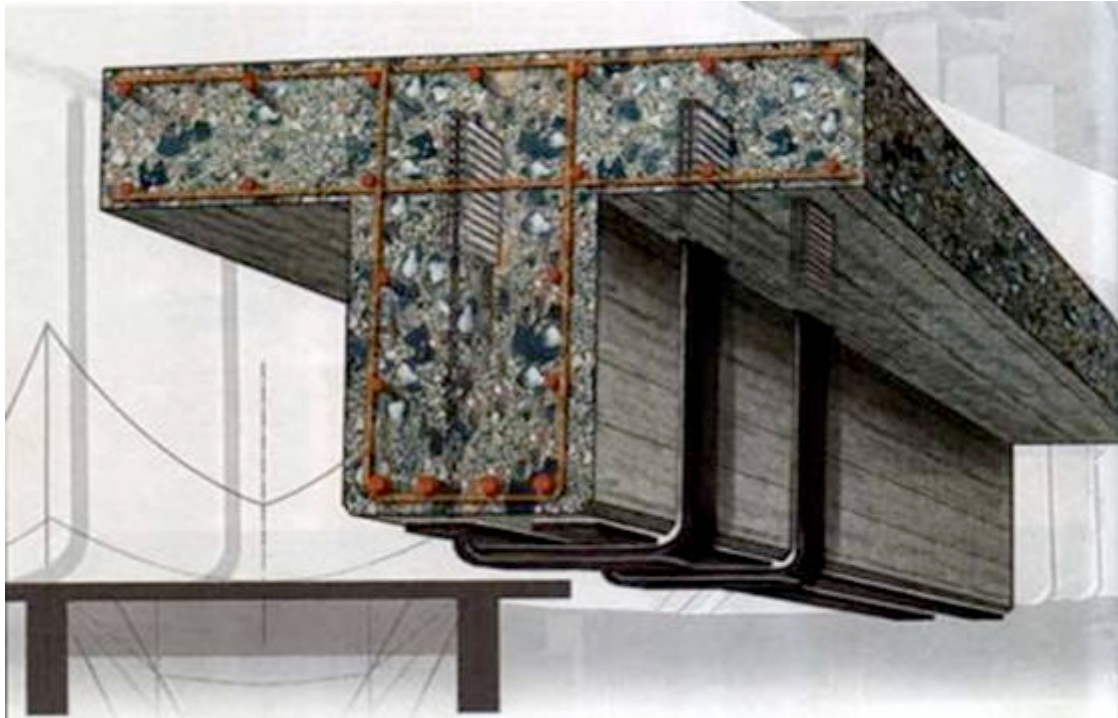
Parmi les inconvénients que peut présenter cette méthode, les distances de transport moins importantes, la difficulté à maintenir la maniabilité dans le temps et la nécessité du nettoyage des conduites suite aux interruptions de projection.



*Projection de mortiers ou bétons.*

La réhabilitation par projection de mortiers et béton s'effectue généralement sur la section totale de l'ouvrage même si une partie de cette dernière ne présente pas d'importantes dégradations nécessitant des réparations. Cela induit donc, en plus d'une réduction de la section hydraulique, des surcoûts de la réhabilitation.

**c) Collages de plats**



**V) Elaboration d'une réhabilitation – Phase Suivi:**