

Du point de vue technique, il faut répondre aux questions suivantes :

- . est-il indispensable de réparer ?
- . si oui, dans quel délai ?
- . peut-on se contenter d'une intervention localisée ou doit-on envisager une réparation plus générale, voire systématique ?
- . va-t-on combiner le renforcement d'étanchéité avec d'autres travaux ?

Pour y répondre, on examinera :

a/ l'évolution du phénomène de dégradation. Trois cas peuvent se présenter :

- . le phénomène est stable et n'évolue plus. Généralement parce que la cause ne s'exerce plus : fissures de retrait, chute d'enduit suite à un choc accidentel, etc... Ce cas est en fait très rare car dès qu'il y a défaut d'étanchéité, il y a circulation d'eau et donc risque d'évolution à plus ou moins long terme,
- . le phénomène tend vers un état stable : c'est le cas de fissures en cours de colmatage par la calcite. C'est également un cas peu fréquent,
- . le phénomène continue d'évoluer avec menace de dégradation continue. C'est le cas le plus fréquent, compte tenu des processus physico-chimiques de dégradation des maçonneries et bétons.

b/ l'étendue de l'intervention. On peut encore distinguer plusieurs cas types avec toutes les situations intermédiaires :

- . l'intervention ponctuelle. Réalisée à l'intérieur ou à l'extérieur, elle peut être envisagée quand les deux conditions suivantes sont remplies :
  - détériorations ponctuelles et peu nombreuses,
  - phénomènes stabilisés,
 Citons par exemple l'étanchement d'un nid de cailloux ou d'un mauvais scellement de conduite, le calfeutrement de fissures peu nombreuses, etc...
- . l'intervention localisée. C'est le cas le plus fréquent. On traite une série de points de façon plus ou moins étendue. Par exemple, réseau de fissures en radier ; reprises de béton défectueuses, etc...
- . l'intervention généralisée. C'est le cas lorsque les défauts sont trop nombreux ou trop mal localisés pour pouvoir être réparés séparément. Par exemple, réfection d'enduit dans une cuve poreuse, revêtement étanche sur des parois très fissurées,
- . enfin, la réparation de l'étanchéité peut être combinée avec des travaux de renforcement de structure, dans le cas d'un ouvrage vétuste très dégradé ou de modification de fonctionnement : reprises d'épaufrures en couverture, renforcement de piliers de château d'eau, etc...

A ce stade interviennent bien entendu des considérations économiques qui sortent du cadre du présent manuel : les crédits nécessaires à une éventuelle intervention peuvent-ils être débloqués sur les crédits courant (entretien) ou doivent-ils faire l'objet d'une demande spéciale ?

Quels sont les montants disponibles ? Quand peuvent-ils être disponibles ?

## VII.- SELECTIONNER LES PROCÉDES DE RENFORCEMENT

Une fois retenu le principe d'une intervention, reste alors à en définir les modalités pratiques. C'est une phase qui peut être assez longue car elle fait intervenir de nombreuses notions et nécessite, pour être efficace, une analyse systématique de tous les facteurs.

A- On commencera par recenser les contraintes particulières du réservoir qui constitueront le cadre et les limites pratiques de l'intervention. Ces contraintes sont également très importantes car ce sont elles généralement, plus que le type de réparation ou son étendue, qui définiront le niveau de prix. On distingue les contraintes d'exploitation et les contraintes de chantier (ou d'exécution).

### - Contraintes d'exploitation

- . Possibilités techniques d'isolement du réservoir : vannes d'isolement, by-pass (si la réparation est impérative et que le réseau a été mal conçu, on peut être amené à des travaux préparatoires tels que création de by-pass ou de maillages).
- . Possibilités contractuelles d'isolement du réservoir : périodes de chômage habituelles, exceptionnelles ; possibilité de fonctionnement en débit réduit sur un réservoir en parallèle ou sur une autre partie du réseau ; réserve minimum d'incendie ; durée et époque de la mise hors d'eau.
- . Fonctionnement de la vidange : état des vannes, état de l'exutoire ; débit maximum possible ; durée et fréquence admissibles des vidanges.

### - Contraintes d'exécution

- . Accessibilité : voies d'accès au réservoir, localisation, autorisation, pente, largeur ... , plate-formes éventuelles pour installations de chantier ; accès à l'intérieur du réservoir : trappes d'accès (dimensions), échelles (état, encombrement) ; accès extérieurs : escaliers, échelles, points d'accrochage sur couverture, etc...
- . Energie disponible : présence de ligne électrique : distance, puissance.
- . Aération de la cuve (très importante pour l'application de certains produits) : nombre, dimensions des ouvertures ; possibilité de création d'ouvertures provisoires éventuelles.

- . Evacuation des matériaux : dépôts de gravats, provisoires et définitifs ; possibilité de vidange d'eaux très chargées (nettoyage).
- . Possibilité de visites préalables par les entrepreneurs, y compris avec vidange éventuelle.

B- On analysera ensuite l'adéquation de la technique des procédés existants au cas particulier.

On procède d'abord à l'élimination rapide des procédés non adéquats (se reporter aux fiches de procédés et au tableau récapitulatif) : par exemple, on n'envisagera pas de mastic pour calfeutrer un nid de cailloux...

Après ce premier tri, reste un certain nombre de procédés possibles techniquement. On en reprend l'analyse détaillée et on élimine alors ceux qui sont inapplicables au vu des contraintes particulières recensées en A ; Il est à noter qu'à ce stade, c'est le critère "durée de mise hors d'eau" qui sera généralement déterminant.

Par exemple, on pourra éliminer un calfeutrement de fissures avec mastic ou par pontage suite à l'impossibilité de mettre hors d'eau, conservant seulement le traitement par injections extérieures. Ou bien pour des questions de délai, on renoncera à une réfection de joints avec toutes ses opérations (nettoyage soigné, reconstitution de lèvres, préparation de la gorge, ...) pour ne conserver qu'un étanchement par pontage.

C- L'examen précédent doit conduire logiquement à un très petit nombre de principes de réparation pouvant être retenus dans le cas donné. Deux attitudes peuvent alors être retenues :

- . retenir un seul des procédés possibles et consulter les entreprises sur cette base,
- . retenir tous les procédés applicables et lancer une consultation sur ces variantes.

La première solution permet une comparaison plus facile des offres par définition. Mais elle prive des effets d'une concurrence ouverte.

Si l'étude préalable, à l'aide de la méthodologie proposée, a été bien faite, on aura donc intérêt en général à laisser en concurrence les divers procédés applicables s'il y a lieu. Mais dans le cas contraire, on pourra se trouver confronté à des propositions les plus fantaisistes qui ne répondront pas au véritable problème posé et seront très difficiles à comparer. (Cela se voit hélas couramment dans le cas d'appels d'offres pour des renforcements d'étanchéité lancés sur des études trop sommaires).

D- Enfin, il faut établir le cahier des clauses techniques particulières. Pour le descriptif des procédés de réparation, on s'aidera des fiches et des cahiers des charges-types.

Mais il est très important de ne pas oublier de bien préciser :

- . les contraintes propres au cas à traiter (un bon entrepreneur doit d'ailleurs les demander de lui-même si elles ont été oubliées),
- . les objectifs. Il faut en particulier préciser si l'on recherche l'arrêt des fuites seulement ou si l'on veut aussi une réparation plus importante, touchant à la structure.

#### VIII.- EXECUTER LE RENFORCEMENT

Les phases précédentes concernent la préparation du travail. Reste enfin à l'exécuter dans les meilleures conditions et ne pas s'arrêter à l'analyse des différents paramètres.

Cette phase prend toute son importance quand on considère les résultats d'enquêtes faites auprès d'exploitants de réservoirs qui citent comme principales origines de défauts d'étanchéité dans l'ordre d'importance :

- . des défauts de mise en oeuvre,
- . l'utilisation de matériaux défectueux ou inappropriés,
- . des défauts de conception dans les détails et points particuliers.

On attachera donc une attention particulière à :

- . consulter des entreprises spécialisées qui apporteront un savoir faire et des moyens bien adaptés, des références, une garantie de bonne exécution, ainsi que des conseils techniques non négligeables,
- . surveiller l'exécution, en particulier de tous les points particuliers : raccords d'angles, préparation préalable des surfaces, nettoyage des fonds de joints ou de fissures, travail par temps froid ou humide, etc...  
En particulier, il peut être utile de prévoir des réceptions partielles, par exemple des supports après leur préparation et avant application des étanchéités proprement dites,
- . procéder à des essais préalables en cas de produits nouveaux, aux frais de l'entreprise et par des organismes agréés,
- . exécuter enfin des essais de contrôle de résultat avant mise en service. Il sera utile à ce sujet de garder une marge de sécurité, si possible, en ce qui concerne le délai de remise en service, pour pouvoir intervenir à nouveau en cas de défaut de réparation localisé. Cet essai devra être prévu au marché et exécuté le plus tôt possible : par exemple, avant l'application d'un enduit extérieur s'il en est prévu un, avant remontage des équipements secondaires, etc...

CHAPITRE VII

PRESENTATION DES PROCEDES UTILISES POUR LE RENFORCEMENT  
DE L'ETANCHEITE DES RESERVOIRS

(Fiches)

**ADEQUATION DE LA TECHNIQUE A LA DETERIORATION**  
(pour plus de détail, voir les fiches de procédé)

N° de fiche	PROCEDES	Type de détériorations									
		Fuite ponctuelle	Fissure morte	Fissure vivante isolée	Réseau de fissures	Joint fuyard	Nid de cailloux localisé	Support poreux	Décollement d'enduit	Epaufure	Béton désagrégé
1	Obturation localisée	x	x				x				
2	Calfeutrement de fissures		x	x							
3	Pontage de fissures ou joints			x		x					
4	Injections		x	x	x			x			x
5	Remplissage de joint					x					
6	Enduit de liants hydrauliques						x	x	x		x
7	Revêtement de résines				x		x	x			
8	Revêtement par feuille				x			x			x
9	Ragréage						x			x	x
10	Renforcement par tôle collée				x						
11	Revêtement par matériau bitumineux				x			x	x		x



## 2.- MISE EN OEUVRE

### 2.1.- Nature des opérations

- 1.- Repérer soigneusement les points de fuite. En cas de présence d'un revêtement enduit, peinture) bien enlever celui-ci afin de dégager le point de fuite particulier sur le support.
- 2.- Préparer parfaitement le support, en le débarassant de graisses, clous, laitances et toutes parties non adhérentes.
- 3.- A/ Si la fuite est à forte pression :
  - . élargir le trou ou la fissure sur 3 cm de large et 1 à 2 cm de profondeur environ,
  - . mouiller une poignée de produit sous forme de pâte,
  - . attendre quelques secondes, puis presser fortement la préparation pendant 10 à 20 secondes ou 4 à 5 minutes selon les produits.
- B/ Si la fuite est un écoulement d'eau sans pression :
  - . étendre directement le liant sur la fuite en exerçant une légère pression avec un mouvement circulaire,
  - . répéter éventuellement l'opération jusqu'à l'arrêt complet de la fuite.

Pour certains produits (résines), il n'y a pas d'opération de gâchage, et la mise en place peut utiliser un injecteur.

### 2.2.- Moyens et matériels nécessaires

Ils sont des plus simples :

- . un opérateur,
- . un récipient pour gâcher le liant,
- . une paire de gants.

### 2.3.- Délai de remise en service

S'agissant d'intervention par l'extérieur sur un réservoir en eau, le délai de remise en service n'intervient pas. Dans le cas d'une utilisation intérieure, la remise en service peut être quasi instantanée (après enlèvement des matériaux et nettoyage).

## 3.- DOMAINE D'UTILISATION

### 3.1.- Type et partie d'ouvrage

L'obturation de venue d'eau localisée peut être mise en oeuvre sur tout type de réservoir en béton ou maçonnerie. Elle peut être appliquée à toute partie d'ouvrage : essentiellement la jupe, mais aussi les membrures, le radier, etc...

### 3.2.- Etat de l'ouvrage

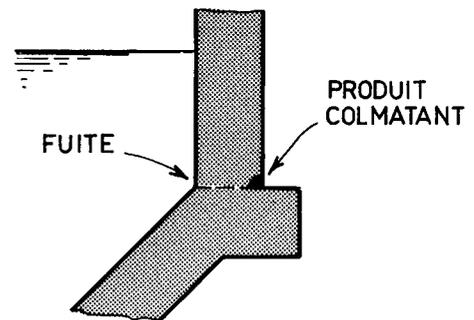
Le procédé s'applique quel que soit l'état de vétusté de l'ouvrage. Il ne doit pas présenter toutefois de détérioration structurelle importante, ni de détérioration d'étanchéité en grand qui seront alors à traiter au préalable.

Le procédé s'applique essentiellement aux réparations extérieures. Il peut être utilisé cependant en réparation intérieure pour les réservoirs enterrés soumis à contre-pression de la nappe.

### 3.3.- Points particuliers

Les fuites ponctuelles situées au voisinage immédiat d'un angle rentrant :

par exemple à la jonction jupe-renfort inférieur où la fuite peut être causée par un défaut de nettoyage avant reprise de bétonnage. Elles sont plus difficiles à traiter et nécessitent généralement la confection d'un arrondi extérieur avec le produit colmatant



Difficulté également pour traiter par ce procédé des fuites localisées au voisinage immédiat de joint de dilatation, délicat à réserver.

### 3.4.- Adéquation du procédé aux dégradations

Le procédé s'applique à toute fuite bien localisée que l'on peut rencontrer dans une paroi de réservoir, telle que celles causées par :

- écarteurs de coffrage,
  - nid de cailloux,
  - tout corps étranger oublié notamment lors de reprises de bétonnage,
  - éventuellement extrémité fuyante d'une fissure,
- et cela quelle que soit la pression exercée.

Toutefois, l'utilisation du procédé à l'étanchement de fissures, même si le point de fuite est bien localisé sur celles-ci, est très limitée en fonction du mode de fissuration :

- si la fissure est active, le manque d'élasticité du produit empêchera sa tenue lors des ouvertures ultérieures de la fissure,
- même dans le cas d'une fissure passive (ou morte), l'étanchement d'un point de fuite peut avoir pour effet de reporter la pression d'eau sur la portion voisine de la fissure qui s'ouvrira alors et fuira à son tour, etc...

### 3.5.- Tenue

Sous réserve d'une bonne mise en oeuvre, la tenue de la réparation peut être considérée comme bonne.

#### 4.- DIFFUSION DU PROCÉDE

##### 4.1.- Cahier des charges

Il ne semble pas exister de cahier des charges particuliers qui ne s'imposerait d'ailleurs pas compte tenu de la simplicité du procédé. Certains fournisseurs de produit publient cependant des recommandations de mise en oeuvre très proches de celles exposées en 2.

##### 4.2.- Agrément

Compte tenu de la simplicité des produits et de facilité de la mise en oeuvre, il n'y a pas d'applicateurs agréés particuliers. Bien mieux, ce procédé peut être mis facilement en oeuvre directement par les équipes du maître d'ouvrage ou de l'exploitant dans le cadre de opérations d'entretien courant et périodique.

##### 4.3.- Références

Ce procédé d'obturation de fuites localisées est utilisé depuis plusieurs décennies dans de nombreux domaines et par de nombreuses entreprises.

#### 5.- AVANTAGES ET INCONVENIENTS

##### 5.1.- Avantages

- . simplicité d'exécution,
- . rapidité d'intervention,
- . intervention extérieure, le réservoir demeurant en eau,
- . insensibilité aux conditions extérieures lors de la mise en oeuvre (sauf gel).

##### 5.2.- Inconvénients

- . intérêt limité en cas de défaut d'étanchéité non ponctuel,
- . couleur des produits (souvent marron) pouvant nuire à l'aspect du réservoir d'où nécessité éventuelle d'une peinture ou enduit.

#### 6.- INFLUENCE DES CONTRAINTES SUR LES COUTS

Il s'agit d'un procédé très peu coûteux quand il est appliqué aux défauts appropriés, sans doute le moins cher pour des fuites ponctuelles.

Il est pratiquement insensible aux conditions extérieures (régimes d'exploitation, intempéries, etc...). Seule l'accessibilité du réservoir pourra avoir une incidence sur le coût, encore que très limitée par les faibles quantités de matériels et matériaux à mettre en oeuvre.

Penser cependant aux conditions éventuelles de remise en état extérieure (peinture, ...) et au conditionnement minimal (généralement en sac de 25 kg) souvent supérieur aux besoins d'une réparation ponctuelle.

## FICHE N° 2

CALFEUTREMENT DE FISSURE	Application : locale
	Interaction : non structurant
	Intervention : intérieure

1.- DESCRIPTION DU PROCÉDE1.1.- Principe

Le procédé consiste à remplir la fissure, éventuellement après élargissement et reconstitution des lèvres selon son état initial, d'un produit de calfeutrement assurant l'étanchéité.

1.2.- Variantes

Les variantes diffèrent selon :

- . la nature de la fissure (vivante ou morte, large ou fine),
- . le mode d'ouverture de l'élargissement (en U, en V, ou rien),
- . la mise en place d'un fond de joint ou non,
- . l'application ou non d'un primaire d'accrochage,
- . le mode d'application (à chaud, à froid),
- . la nature des produits utilisés (élastiques ou non).

Les variantes possibles pour traiter des fissures par calfeutrement sont donc très nombreuses : une multitude d'entreprises propose une ou plusieurs applications de ce type de procédé.

Toutes ces variantes ne conviennent pas à tous les cas de figure et le choix devra bien tenir compte des contraintes de chaque cas (nature de la fissure). Mais on peut dire que pour traiter les fissures d'un réservoir d'eau, il existe pratiquement toujours une possibilité d'employer le calfeutrement.

1.3.- Nature des produits utilisés

D'un point de vue pratique pour les réparations, il faut distinguer essentiellement deux grandes catégories de produits :

- . les produits "raides", utilisables seulement pour les fissures mortes,
- . les produits "élastiques" utilisables pour tous types de fissures et pour les joints de dilatation (ne pas confondre avec les produits simplement "plastiques" qui peuvent ne pas suivre l'ouverture de fissures vivantes).

Parmi les produits raides :

- . mortiers hydrauliques,
- . mortiers de résine époxy,
- . mastic de résine époxy,

Pour être complète, cette liste devrait également comprendre tous les produits vendus comme "souples" ou "élastiques", mais qui perdent leur élasticité dans le temps sous l'effet de diverses contraintes extérieures ! (c'est le cas de certains mastics bitumineux par exemple)

Parmi les produits élastiques :

- . mastics bitumineux (attention au vieillissement),
- . mastics polyuréthane (généralement bons),
- . mastics de polysulfure (Thiokol : généralement bons),
- . mastics aux silicones (généralement bons, très utilisés en façades),
- . résines acryliques (pour mouvement de faible amplitude ; à déconseiller en présence d'eau).

2.- MISE EN OEUVRE

2.1.- Nature des opérations

On distinguera plusieurs cas selon la nature de la fissure et les conditions du support.

A- Fissure morte

- . évider la fissure, en suivant son tracé en surface, avec une meule ou scie à béton, sur une largeur de 5 à 6 mm au moins (en-dessous, il est difficile de traiter l'ouverture) [forme (1)] : voir figures pages et .
- . bien nettoyer la fissure : enlever toutes traces de graisse, poussières et toutes parties non adhérentes,
- . appliquer éventuellement le primaire d'accrochage s'il y a lieu (époxy ...),
- . appliquer le mortier ou le mastic de calfeutrement dans la fissure et lisser la surface en bourrant avec une spatule.

B- Variante

Dans le cas où le calfeutrement de fissure morte est préalable à la réalisation d'un enduit général, éviter les variations brusques d'épaisseur de matériaux différents (fissuration de l'enduit). On ouvrira donc la fissure en forme de trapèze ou triangle [forme (2)] : l'angle avec la surface sera inférieur ou égal à 45°.

Par contre, une telle ouverture est à éviter formellement si l'on ne prévoit pas d'enduit général ensuite (décollement par retrait).

C- Fissure vivante

- . Encadrer la fissure de rainures (meule ou scie à béton) profondes de 6 mm minimum, écartées de 10 à 15 mm. Les traits de scie pourront être perpendiculaires à la face [formes (3) et (5)] ou inclinés [forme (4)].

- . Faire sauter au burin la partie de béton comprise entre les deux traits de scie.
- . Nettoyer soigneusement le fond et les lèvres de la fissure de toutes traces de graisses, poussières et parties non adhérentes.
- . Attention - certains produits de calfeutrement sont incompatibles avec d'autres produits chimiques, tels que bitumes, polyéthylène et latex. Il est donc impératif, si le réservoir a déjà fait l'objet d'application de certains produits, soit en surface soit en fond de fissure, d'ouvrir complètement à la meule et au burin comme indiqué et de ne pas se contenter d'un simple grattage ou brossage, même si l'ouverture de la fissure paraît suffisamment large.
- . Mettre en place un fond de joint antiadhésif soit plat (ouverture peu profonde), soit de section circulaire (ouverture profonde), qui doit n'avoir aucune action chimique sur le mastic et permettre son libre mouvement.
- . Appliquer le produit de calfeutrement, après application éventuelle d'un primaire d'accrochage si nécessaire. La plupart des fournisseurs propose des appareils de mise en oeuvre (pistolets, etc...). Bien suivre leurs directives.
- . Lisser la surface du joint de calfeutrement avec une spatule ou une pomme de terre (pour les produits au polyuréthane notamment).

#### D- Cas de fissures avec venue d'eau

Les méthodes exposées ci-dessus conviennent dans tous les cas de fissures sèches.

Certains produits de calfeutrement ne peuvent être appliqués que sur support sec, d'autre sur support humide, mais non suintant. Or, il est fréquent qu'après vidange du réservoir, l'eau interstitielle des parois ressorte par les fissures. Il faudra alors, avant application du calfeutrement, sécher soigneusement l'ouverture :

- . soit au chalumeau : attention de ne pas brûler les matériaux supports,
- . soit à l'air comprimé : attention aux gouttelettes d'huile parfois mélangées à l'air comprimé.

Dans les cas particuliers de venue d'eau importante (exemple : réservoir enterré dans la nappe) et impossible à colmater, on pourra procéder à un drainage du fond de la fissure [forme (7)] :

- . ouverture d'une section assez large,
- . en fond de fissure, ouvrir une saignée moins large dans laquelle on scellera un demi tube souple avec un mortier à prise rapide (cf. fiche "obturation de venue d'eau localisée"),
- . puis nettoyage de l'évidement après captage et confection du calfeutrement comme en B ci-dessus.

## 2.2.- Moyens et matériels nécessaires

- . un ou deux ouvriers selon l'importance du chantier,
- . meule avec disques à béton,
- . burin, à main ou pneumatique,
- . brosse, couteau,
- . compresseur d'air et buses "soufflettes"
- . riflard, spatules, gants,
- . ruban adhésif, fond de joint,
- . produit de calfeutrement et appareils de pose (pistolet, ...),
- . produits de nettoyage spéciaux éventuellement,
- . agitateur et pot mélangeur éventuellement selon produit,
- . fondeur selon produit.

## 2.3.- Délais de mise en service

Ils dépendent du type de produit utilisé.

Il est donc indispensable de :

- . demander à l'entreprise le délai minimum de remise en eau après application de ses produits,
- . bien respecter ces délais (combien de déboires, techniques ou administratifs, auraient pu être évités si les délais de remise en eau des réservoirs avaient été respectés !).

Pour les produits courants, compter un délai de l'ordre de trois jours.

Pour certains produits avec solvant, le délai devra être rallongé. On évitera ce type de produit si les contraintes d'exploitation sont trop draconiennes.

## 3.- DOMAINE D'UTILISATION

### 3.1.- Type et partie d'ouvrage

La réparation et l'étanchement de fissures par calfeutrement peut s'appliquer à toutes parties d'ouvrage (radier, jupes, nervures, couverture) que le réservoir soit en maçonnerie ou en béton, au sol, enterré ou surélevé.

### 3.2.- Etat de l'ouvrage

Le procédé de calfeutrement de l'ouvrage ne peut s'appliquer avec succès que sur un support sain.

Si le support est très épaufré, désagrégé ou poreux il conviendra d'utiliser un autre procédé (enduit, etc...) ou de reconstituer et régénérer le support avant de traiter les fissures.

### 3.3.- Points particuliers

Le seul point particulier notable concerne les venues d'eau en fond de fissure déjà signalées.

Bien noter également la nécessité de supprimer tout enduit ou peinture éventuel sur le support avant calfeutrement.



a



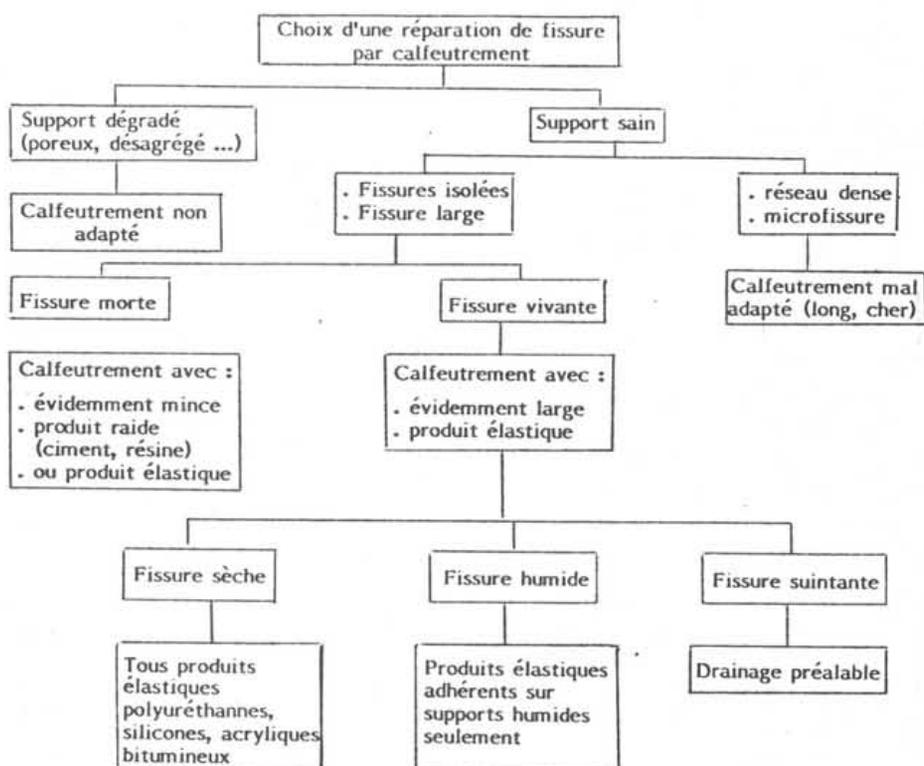
b

Photos SIKA

Calfeutrement de fissure : a - nettoyage de l'évidement  
b - pose du mastic au pistolet  
(noter les bandes adhésives latérales permettant d'obtenir un aspect fini très net).

### 3.4.- Adéquation du procédé aux dégradations

Le calfeutrement peut s'appliquer à de très nombreux cas de traitement de fissures, sous réserve d'employer les matériaux et les modes opératoires appropriés. En résumé, on peut donner les recommandations selon le schéma suivant :



### 3.5.- Tenue

La tenue d'un calfeutrement est affectée par les paramètres suivants :

- . Mauvaise adhérence au support :
  - . mauvais nettoyage
  - . produit incompatible avec un support humide,
- . produit non élastique :
  - . durcissement en vieillissant,
  - . produit souple mais non élastique,
- . présence éventuelle de sous-pression importante derrière le calfeutrement,
- . fluage du produit sur paroi verticale ou en sous-face (couverture).

Si l'on a bien gardé à l'esprit ces quatre critères lors du choix des matériaux, en demandant des références sérieuses et vérifiables (pour le vieillissement surtout), et que l'on a suivi la démarche de choix proposée, la tenue d'un calfeutrement bien exécuté peut durer 10 à 20 ans. Sinon, la sanction arrive généralement dans un délai de 1 à 2 ans.

## 4.- DIFFUSION DU PROCEDE

### 4.1.- Cahier des charges

Il existe des documents établis par le S.N.J.F. (Syndicat National des Joints et Façades) ; ils s'appliquent surtout aux travaux de bâtiment et préfabrication, mais peuvent aussi être utilisés dans le cas des réservoirs.

Certains applicateurs disposent de recommandations techniques fort bien faites.

### 4.2.- Agréments

Certains produits sont agréés par le S.N.J.F. ; bien que son objet ne soit pas propre aux réservoirs, les produits de première catégorie selon la classification S.N.J.F. seront de bonne qualité.

De même, le S.N.J.F. donne agrément à des entreprises qui garantissent ainsi leur savoir faire.

Dans tous les cas, il conviendra de demander une qualité alimentaire.

### 4.3.- Références

Le calfeutrement est une technique immémoriale (calfeutrement des douves de tonneaux ; réparation de fissures au plomb maté ou au bitume, etc ...).

Les produits modernes de l'industrie chimique sont plus récents et tendent à remplacer systématiquement les anciens, notamment les mastics bitumineux.

Mais si l'on trouve sur le marché de très nombreux produits permettant le calfeutrement de fissures dans le bâtiment, ceux présentant une garantie de tenue sous charge d'eau sont relativement moins nombreux.

## 5.- AVANTAGES ET INCONVENIENTS

### 5.1.- Avantages

Procédé bien adapté aux réparations de fissures sous réserve d'un bon choix (voir paragraphe 3).

### 5.2.- Inconvénients

Procédé relativement long si le linéaire de fissure à traiter est important, compte tenu des opérations indispensables pour l'obtention d'un bon résultat.

Le remède peut s'avérer pire que le mal si il est mal appliqué : revenir traiter une fissure déjà calfeutrée antérieurement est toujours long et onéreux.

D'où la nécessité de faire appel à des applicateurs spécialisés.

## 6.- INFLUENCE DES CONTRAINTES SUR LES COÛTS

Le grand nombre des variantes ne permet pas de donner a priori un ordre de grandeur du prix de fissure traitée au mètre linéaire.

Les coûts seront influencés par :

- l'accessibilité des fissures (en radier, en voûte,...),
- la présence d'eau ou d'humidité (séchage, ...),
- la présence d'enduit ou autre produit antérieur.

A titre indicatif, pour un avant-métré, voici les quantités de produit à prévoir telles qu'elles figurent dans un document édité par une entreprise spécialisée :

Profondeur du joint (en mm)	NOMBRE DE METRES DE JOINT PAR POUCHES DE 600 ml										
	LARGEUR DU JOINT (en mm)										
	5	6	7	8	10	12	15	20	25	30	40
5	24	20	17,1	15	12	10	8	6	4,8	4	3
6	20	16	14,2	12,5	10	8,3	6,6	5	4	3,3	2,5
7	17,1	14,2	12,2	12	8,5	7,1	5,7	4,2	3,4	2,8	2,1
8	15	12,5	12	9,3	7,5	6,2	5	3,7	3	2,5	1,8
10	12	10	8,5	7,5	6	5	4	3	2,4	1	1,5
12	10	8,3	7,1	6,2	5	4,1	3,3	2,5	2	1,6	1,2
15	8	6,6	5,7	5	4	3,3	2,6	2	1,6	1,3	1
20	6	5	4,2	3,7	3	2,5	2	1,5	1,2	1	0,75

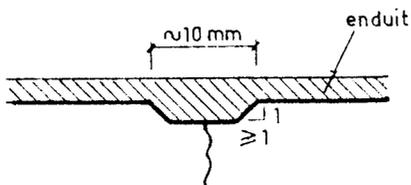
FORMES DES EVIDEMENTS POUR CALFEUTREMENT DE FISSURES

**A. FISSURES MORTES**



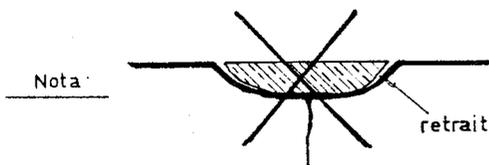
Forme ①

Ouverture à la meule pour calfeutrement simple



Forme ②

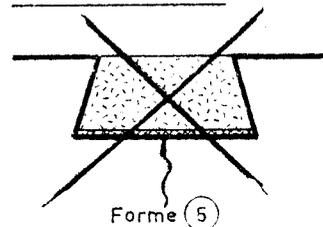
Ouverture large avant enduit général



Nota :

Ouverture large à éviter en l'absence d'enduit si le matériau de calfeutrement n'est pas parfaitement élastique.

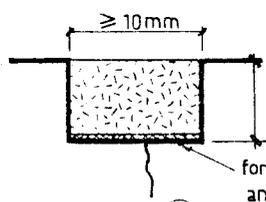
**C. CAS PARTICULIERS**



Forme ⑤

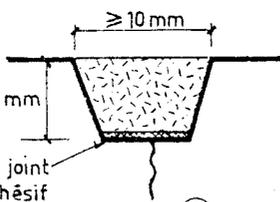
Evidement en queue d'aronde Théoriquement excellent pour l'accrochage du produit de colmatage. A laisser à la littérature, car très difficile à réaliser sur chantier !

**B. FISSURES VIVANTES**



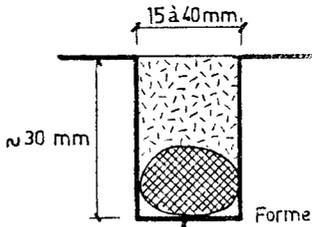
Forme ③

Evidement carré avec fond de joint plat (forme normale)



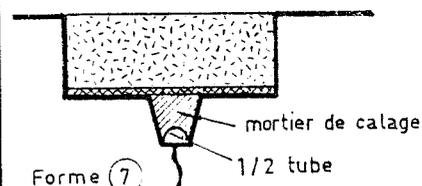
Forme ④

Evidement trapézoïdal avec fond de joint plat. (Variante parfois plus facile à réaliser sur le site)



Forme ⑤

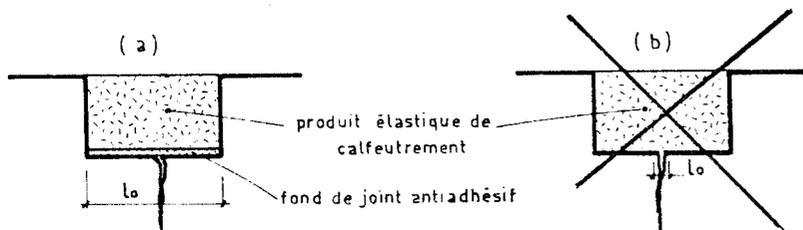
Evidement profond avec fond de joint cylindrique (polyéthylène)



Forme ⑦

Evidement avec drainage en cas de venue d'eau (réservoir enterré dans la nappe)

**D. ROLE DU FOND DE JOINT ANTI ADHESIF : Principe**



① Fissure calfeutrée avec antiadhésif (a), ou sans (b)



② Etat après ouverture de la fissure vivante

(a)  $\frac{\Delta l}{l_0}$  très petit : le produit élastique absorbe l'allongement

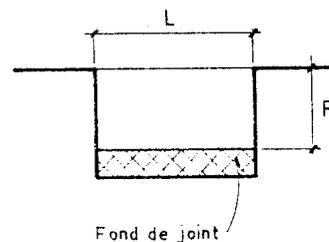
(b)  $\frac{\Delta l}{l_0}$  grand : le produit élastique ne peut suivre, amorce de fissure

Nota : la fissure n'est pas nécessairement dans l'axe de l'évidement ; ceci facilite le traitement de fissures sinueuses



**E. DIMENSIONS DES EVIDEMENTS**

D'après les recommandations du Syndicat National des Joints et Façades



Largeur L	Profondeur P
mini 8 mm	6 mm
8 à 12	P=L
12 < L < 40	0,35 L < P < 0,65 L
maxi 40 mm	26 mm

Pour une profondeur supérieure, mettre un fond de joint.

## FICHE N° 3

OBTURATION PAR PONTAGE DE FISSURES OU JOINTS	Application : locale
	Interaction : non structurant
	Intervention : intérieure

1.- DESCRIPTION DU PROCEDE1.1.- Principe

Le procédé consiste à rétablir l'étanchéité au-dessus d'une fissure ou d'un joint par l'établissement d'un "pont" constitué d'une bande étanche collée au support sain de part et d'autre de la zone dégradée.

1.2.- Variantes

Les variantes diffèrent essentiellement par la nature de la bande d'étanchéité :

- . bande d'élastomère,
- . bande constituée d'une toile (de verre généralement, ou de polyester) imprégnée de produit collant et étanche.

1.3.- Nature des produits utilisés

On distinguera la bande proprement dite et la colle.

Pour la bande, elle devra présenter des qualités de résistance et d'allongement suffisantes. On utilisera :

- soit une bande d'élastomère : PVC, néoprène(R), hypalon(R),...
- soit une bande de toile de verre ou de polyester armant un complexe d'étanchéité à base de résines.

Pour la colle, on utilise essentiellement :

- des mortiers à base de résine époxy,
- des colles époxy (avec ou sans primaire d'accrochage).

Les produits cités doivent tous avoir la qualité alimentaire.

On évitera l'utilisation de bandes à base de feuilles d'aluminium collées avec un produit bitumineux pour plusieurs raisons :

- . ces produits ont été mis au point pour des étanchéités extérieures de terrasses et non pas pour des réservoirs,

- . les produits bitumineux, employés sans précaution, peuvent donner du goût à l'eau et s'avèrent très difficiles à enlever du support béton ou maçonnerie en cas de nécessité pour réparation ultérieure,
- . les produits à base de brai sont à proscrire car ils sont généralement toxiques (présence de chaînes cycliques cancérogènes),
- . plusieurs exploitants ont rencontré des difficultés avec l'utilisation de tels produits (décollements, goût, etc...).

D'autre part, en ce qui concerne les colles, on retiendra de préférence les produits sans solvants. En effet, malgré les précautions d'emploi, la présence de solvant en excès peut entraîner les problèmes de goût et surtout de décollement, ainsi qu'une contrainte de délai de remise en service pour laisser un temps suffisant à l'évaporation du solvant.

## 2.- MISE EN OEUVRE

### 2.1.- Nature des opérations

- 1.- Repérer soigneusement les lignes de fuite à réparer (fissures, joints, lignes de reprise de bétonnage),
- 2.- Préparer parfaitement le support, en le débarrassant des graisses, limons, laitance, peintures et toutes parties non adhérentes sur une largeur supérieure à celle de la bande à coller,
- 3.- Selon la nature de la colle utilisée, le support pourra être sec ou légèrement humide, mais sans présence d'eau ruisselante,

#### 4.- A- Pour les bandes plastiques :

- . préparer la colle dans le cas de multicomposants et appliquer sur les bords de la zone de support à protéger avec une spatule en recherchant l'épaisseur la plus fine possible compatible avec les irrégularités de surface éventuelles
- . appliquer la bande (soigneusement nettoyée et dégraissée le cas échéant) tant que la colle est encore poisseuse et la presser fortement sur la colle. Toujours laisser un léger soufflet au droit de la fissure du joint,
- . appliquer une deuxième couche de colle sur les bords de la bande en débordant légèrement (2 cm minimum).

#### B- Pour les toiles :

- . appliquer sur la fissure ou le joint un film collant, afin d'empêcher l'adhérence de la bande sur les lèvres de la fissure,

- . préparer la colle et l'appliquer sur les bords de la zone de support à protéger avec une spatule en recherchant l'épaisseur la plus fine possible compatible avec les irrégularités de surface éventuelles,
- . appliquer la toile tant que la colle est encore poisseuse en pressant fortement,
- . appliquer une autre couche de colle en débordant légèrement de la bande et en insistant pour saturer soigneusement la toile.

## 2.2.- Moyens et matériels nécessaires

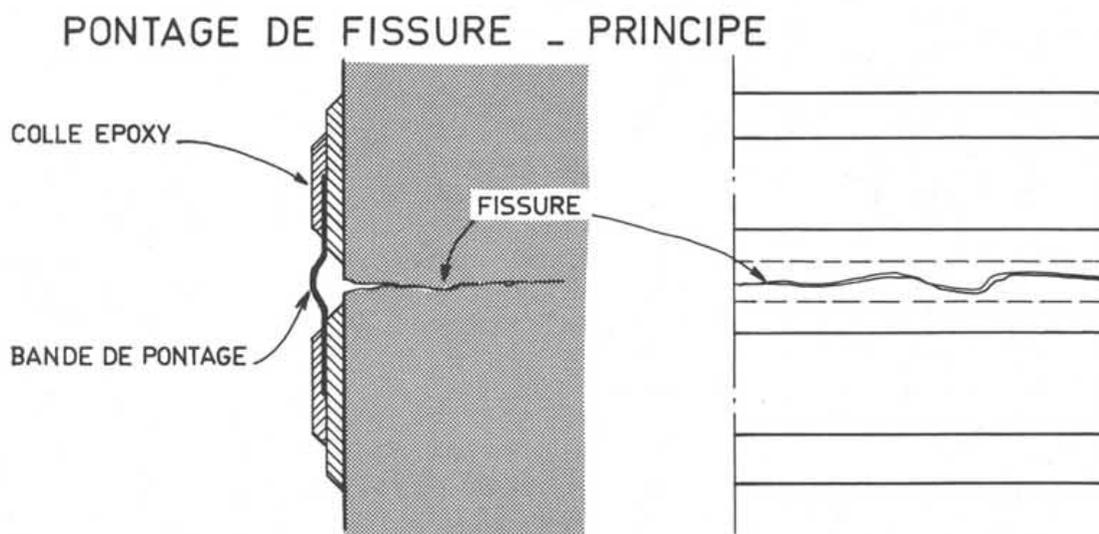
- . bandes prédécoupées,
- . films antiadhésifs,
- . gants, lunettes (pour protection de la colle époxy),
- . spatules,
- . pots mélangeurs éventuels pour les colles multicomposants.

## 2.3.- Délai de remise en service

Le délai de remise en service dépend de la nature de la colle à utiliser. Dans tous les cas, il est impératif de le demander au fournisseur et le respecter scrupuleusement (combien de réparation se sont avérées inefficaces parce que l'exploitant n'avait pas attendu la prise complète de la colle !).

Pour les colles époxy, le délai peut être réduit à quelques heures selon la température et l'épaisseur.

Pour les colles avec solvant, le délai de remise service en s'évalue plutôt en jours, en fonction de la température et de l'aération.



### 3.- DOMAINE D'UTILISATION

#### 3.1.- Type et partie d'ouvrage

Ce procédé convient à tous les réservoirs en béton armé ou précontraint. Pour les réservoirs en maçonnerie avec un parement intérieur en enduit, elle ne peut convenir que si l'on est certain que l'enduit présente un excellent accrochage au support de part et d'autre de la fissure (sonder au préalable).

Ce procédé s'applique essentiellement aux surfaces planes ou à grand rayon de courbure (jupe, radier). Il est très difficile à appliquer de façon satisfaisante dans les angles rentrants.

#### 3.2.- Etat de l'ouvrage

Le procédé s'applique quel que soit l'état de vétusté du réservoir présentant des fuites sensiblement rectilignes.

Il ne doit pas présenter toutefois de dégradation structurelle importante, ni de détérioration sensible des lèvres de fissures ou de joints, qui devront alors faire l'objet de réparation préalable.

#### 3.3.- Points particuliers

Les pontages sont difficiles à réaliser au voisinage immédiat d'angle rentrant (joint de reprise radier-jupe par exemple).

De même, on ne peut traiter tout point de pénétration (canalisation, scellement d'équipement) qui se situerait dans la largeur de la bande de pontage sans précaution particulière.

#### 3.4.- Adéquation du procédé aux dégradations

Le procédé du pontage par bande collée s'applique à la réparation d'étanchéité de toute fuite linéaire :

- fissure active ou morte,
- joint de reprise de bétonnage,
- joint de construction ou de dilatation.

Pour un bon succès du procédé, il convient toutefois que la fuite linéaire soit bien individualisée et que sa forme soit suffisamment rectiligne (pour être couverte par la bande sans trop de déviations).

Les lèvres de la fissure ou du joint doivent être en bon état ou bien faire l'objet d'une réfection préalable en cas d'épaufrure.

Enfin le pontage est à éviter en cas de sous-pression (réservoir enterré dans la nappe) car difficile à réaliser dans ces conditions et pouvant présenter des défauts de tenue.

### 3.5.- Tenue

Sous réserve d'une bonne mise en oeuvre, la tenue d'un pontage peut être très bonne. Comme on l'a vu, la durée de la réfection dépend :

- . de la qualité du collage (préparation du support, adhésivité),
- . de la capacité d'allongement du pontage,
- . de l'évacuation de solvants de colle éventuels.
- . de la présence de sous-pression.

Pour les radiers, la tenue dans le temps peut également être affectée par les nettoyages en cours d'exploitation : fréquence, méthode (raclage, brossage, etc...).

## 4.- DIFFUSION DU PROCÉDE

### 4.1.- Cahier des charges

Il ne semble pas exister de cahier des charges applicables aux pontages de fissure. On trouve par contre de nombreuses recommandations dans la littérature et les documents établis par les fournisseurs.

### 4.2.- Agrément

Il n'y a pas d'agrément particulier d'application pour l'application de bandes plastiques qui peuvent être posées par toute main-d'oeuvre soigneuse. L'application de toile de verre collée est un peu plus délicate et demande de préférence une entreprise spécialisée.

A noter enfin que certains fabricants fournissent des bandes plastiques, protégées par marque et brevet, comportant un certain nombre de dispositifs facilitant la mise en oeuvre et améliorant les résultats de la pose (film antiadhésif incorporé, trous assurant un meilleur accrochage de la colle, etc...).

## 5.- AVANTAGES ET INCONVENIENTS

### 5.1.- Avantages

- . Procédé efficace pour traiter les fuites linéaires,
- . bonne tenue même à forte pression,
- . mise en oeuvre plus facile et plus sûre que les réparations par mastic ou injections,
- . souplesse du procédé (on peut traiter très facilement de nouvelles longueurs de fuite apparues en cours de travaux).

### 5.2.- Inconvénients

- . Procédé non structurant,
- . très sensible aux conditions d'exploitation (circulation, nettoyages),
- . difficilement applicable sur maçonnerie enduite,
- . sensibilité aux sous-pressions.

### 6.- INFLUENCE DES CONTRAINTES SUR LES COUTS

Les coûts d'un pontage sont extrêmement variables car ils dépendent de nombreux facteurs :

- . longueur de fissure à traiter,
- . type de colle utilisée (prête à l'emploi ou non - pouvoir couvrant),
- . type de bande (toile de verre, ou hypalon par exemple),
- . géométrie de la fissure qui déterminera la largeur de la bande,
- . accessibilité (en radier ou en haut de jupe),
- . délais de remise en service (colle à prise rapide ou colle à solvant),
- . nécessités de protection du personnel (ventilation, port de gants et lunettes, etc...) selon le produit utilisé.

On peut dire cependant que pour le traitement de fissure, il s'avère moins onéreux que la réfection par injections.

Du point de vue du rapport qualité de réfection/prix, le pontage sera généralement avantageux par rapport au traitement par mastic dans le cas de fissure mal définie (très fine et sinueuse, joint de reprise de bétonnage). Ce sera généralement l'inverse pour le traitement des joints de construction et de dilatation.

INJECTIONS DE FISSURES	Application : locale
	Interaction : structurant ou non
	Intervention : extérieure ou intérieure

## 1.- DESCRIPTION DU PROCEDE

### 1.1.- Principe

Le procédé consiste à injecter à l'intérieur de la fissure un produit assurant un bon colmatage et une bonne adhésion au support pour rétablir l'étanchéité. Selon la nature de la fissure et celle du produit utilisé, l'injection peut également assurer un rétablissement de la résistance de l'ouvrage injecté.

### 1.2.- Variantes

Les variantes sont relativement nombreuses et diffèrent par :

- le mode d'injection :
  - . par trous recoupant la fissure,
  - . par cavaliers couvrant la fissure.
- les produits utilisés :
  - . résines acryliques (non structurant), déconseillées en présence d'eau,
  - . résines époxy (structurant),
  - . liants hydrauliques (structurant),
  - . latex avec liants hydrauliques (structurant), ou métasilicates,
  - . silicates stables (structurant).
- le mode d'intervention :
  - . par l'intérieur,
  - . par l'extérieur (en eau ou à sec).

### 1.3.- Nature des produits utilisés

Les principales caractéristiques d'un bon produit d'injection de fissure sont :

- . une viscosité basse, permettant une bonne circulation dans les espaces très réduits sans trop de perte de charge,
- . un bon pouvoir mouillant, sur bétons secs ou humides, pour bien circuler et adhérer au support,
- . une bonne adhérence sur support humide,
- . une prise sans retrait,
- . une durée pratique d'utilisation (D.P.U.) assez grande pour éviter une prise en cours d'injection qui empêche la circulation et entraîne une augmentation de la pression pouvant être nuisible pour l'ouvrage. Elle dépend entre autres de la température d'utilisation.

On utilise essentiellement les produits suivants :

- . résines acryliques : elles seront réservées aux fissures actives (ou vivantes) car le produit est élastique (allongement supérieur à deux fois sa dimension initiale) et dans les parties immergées (sinon le produit se dessèche de façon irréversible),
- . résines époxy peu souples : réservées aux fissures fines ( $< 0,2$  mm) ou larges ( $< 2$  mm) stabilisées,
- . résines époxy souples : elles sont appliquées essentiellement en injection de fissures stabilisées ou actives en milieu non immergé (couverture, haut de jupe),
- . liants hydrauliques : réservés aux fissures larges stabilisées ( $\geq 2$  mm),
- . liants hydrauliques avec latex : appliqués aux fissures stabilisées fines ( $< 2$  mm),
- . silicates stables : applicables aux micro-fissures ( $< 0,2$  mm) par régénération de la structure (béton ou maçonnerie) dans la masse et aux fissures stabilisées en général.

On a utilisé autrefois un mélange bitume-caoutchouc pour l'injection de réservoirs, mais ce produit semble en voie d'abandon.

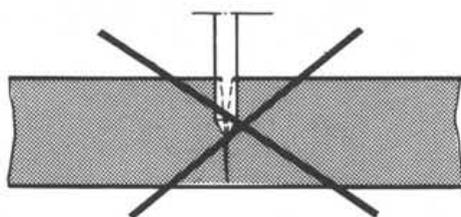
A l'exception de certains brai-époxy, la majorité des produits proposés sur le marché possède la qualité alimentaire.

## 2.- MISE EN OEUVRE

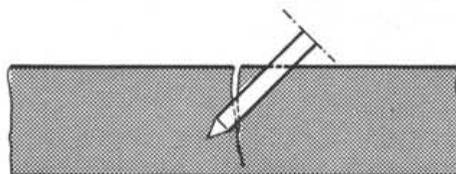
S'agissant de techniques très particulières, il est indispensable de faire appel à des entreprises spécialisées pour procéder à des injections de fissures. D'autant plus que certaines variantes du procédé sont couvertes par des brevets.

### 2.1.- Nature des opérations

- 1.- Repérer soigneusement les fissures à traiter en position et en nature (largeur, traversante ou non, vivante ou morte,...)
- 2.- Eventuellement, si la fissure a été polluée (limons, produits chimiques datant d'une précédente tentative de réparation d'étanchéité, etc...), la nettoyer avec injection de produit approprié, puis rincer à l'eau et laisser sécher.
- 3.- Si on injecte par forages, faire ceux-ci de biais par rapport à la fissure (et non pas dans son plan, sinon la poussière du forage colmate le fond de la fissure et rend l'injection inopérante), de préférence en quinconce de part et d'autre. Une injection d'eau permet de repérer les communications.



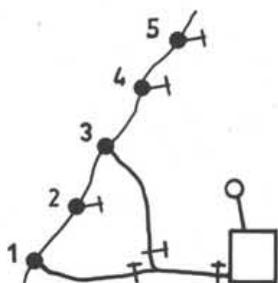
FORAGE DANS LE PLAN DE LA  
FISSURE : COLMATAGE



FORAGE DE BIAIS : LA FISSURE  
EST RECOUPEE PROPREMENT

La distance entre trous d'injection est variable, de 0,30 à 1 m environ. Elle dépend de la dimension de la fissure et du mode d'intervention : dans le cas d'injection par l'extérieur d'un réservoir en service, les trous seront plus rapprochés afin de diminuer la pression d'injection pour éviter la pénétration du coulis à l'intérieur du réservoir.

- 4.- Mettre en place les injecteurs : soit des tubes métalliques ou plastiques coincés dans les trous, soit des cavaliers enjambant la fissure, calés avec un mortier à prise rapide. Ils sont munis de robinets.
- 5.- Dans le cas de fissure large, colmater la fissure avec un produit à prise rapide.
- 6.- Dans le cas de fissure active, il arrive que son ouverture soit maximum lorsque le réservoir est plein. Dans ce cas, exécuter un pontage intérieur de la fissure (voir fiche n° 3) avant remise en eau et injection.
- 7.- Injection du produit dans les tubes d'injection soit simultanément, soit de préférence successivement (voir croquis) dans le sens montant si la paroi à injecter n'est pas horizontale.



### INJECTION DE FISSURES : PRINCIPE

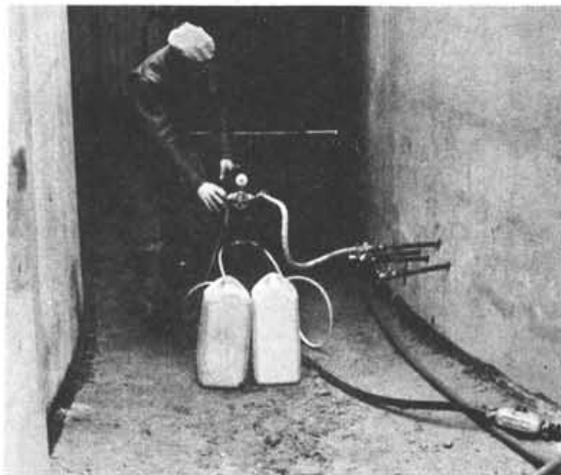
- a\_ INJECTER PAR TUBE 1 (3 FERMÉ).
- b\_ FERMER 2 APRES APPARITION DU COULIS EN 2
- c\_ APRES APPARITION DU COULIS EN 4, FERMER 1 ET INJECTER PAR 3.

#### 2.2.- Moyens et matériels nécessaires

Ils dépendent du type d'injection et comportent des matériels spéciaux :

- . 2 opérateurs ou plus,
- . pots de préparation des coulis, pot d'injection,

- . pompe (à main, à gaz, etc...)
- . manomètres,
- . tubes et cavaliers d'injection,
- . mortier de scellement et calfeutrement
- . robinets à 2 et 3 voies, tubes de liaison en plastique,
- . perceuses avec mèches à béton,
- . soufflette à air comprimé,



### 2.3.- Délais de remise en service

Pas de problème de délai de remise en service dans le cas des injections par l'extérieur avec le réservoir en eau et c'est d'ailleurs là l'un des principaux avantages du procédé.

Dans le cas d'injection par l'intérieur (par exemple pour un réservoir enterré), le délai est réduit au minimum (nettoyage de la zone de travail).

## 3.- DOMAINE D'UTILISATION

### 3.1.- Type et partie d'ouvrage

Les procédés de renforcement par injections peuvent s'appliquer à tous les types de réservoirs en béton ou maçonnerie et à toutes les parties de l'ouvrage quelles qu'elles soient, à condition que le produit à injecter et la méthode de mise en oeuvre soient soigneusement choisis.

### 3.2.- Etat de l'ouvrage

La variété des produits d'injection et des détails de mise en oeuvre permet l'application du procédé à des réservoirs d'âges très différents et présentant des états de dégradation très variés, depuis la réparation d'une fissure apparue lors d'une première mise en service jusqu'à la régénération de bétons et maçonneries très dégradés par des attaques chimiques (embruns) ou le gel.

### 3.3.- Points particuliers

Les points particuliers les plus délicats pour les injections sont :

- . la présence de joints de dilatation éventuels, qu'il faut éviter de remplir avec un produit rigide et de détériorer par une sous-pression,
- . la présence d'enduits ou de double cloison de calorifugeage qui peuvent être détruits par la pression d'injection.

### 3.4.- Adéquation du procédé aux dégradations

Le procédé d'injection s'applique aux travaux de renforcements de tout ouvrage présentant :

- des fissures quelles qu'elles soient (actives ou mortes, larges ou fines) à condition d'adapter la qualité du produit injecté au problème posé (voir § produits),
- des maçonneries ou bétons dégradés dans la masse : injections de reconstitution,
- des problèmes de précontraintes : injections complémentaires des gaines de précontrainte,

L'utilisation du procédé est toutefois limitée par la présence des points particuliers cités au paragraphe précédent.

Le procédé s'applique également particulièrement bien aux réparations de réservoirs non enterrés pour lesquels les conditions d'exploitation interdisent la mise hors d'eau.

### 3.5.- Tenue

La tenue des réparations par injection dépend du choix correct du produit à injecter :

- les résines acryliques ne tiendront qu'en milieu humide saturé, mais présentent des risques de corrosion des armatures (à déconseiller),
- les liants hydrauliques sans adjuvant risquent la réouverture de la fissure par retrait,
- l'injection d'un produit non élastique (résine dure, liant hydraulique) dans une fissure vive pourra ne pas tenir.

Il est donc extrêmement important, pour l'application de ce procédé, de faire appel à des personnes qualifiées, tant pour la définition de l'intervention que pour l'exécution et la surveillance des travaux, sous peine de ne pas obtenir une bonne tenue de la réparation de la réparation.

## 4.- DIFFUSION DU PROCEDE

### 4.1.- Cahier des charges

Les entreprises spécialisées ont rédigé des cahiers des charges, soit pour le procédé d'injection seul, soit pour un domaine plus vaste de travaux d'étanchéité où le procédé des injections est inclus.

De toute façon, le maître-d'oeuvre aura toujours intérêt à demander au préalable à l'entreprise quel cahier des charges elle compte appliquer et à l'annexer au marché.

#### 4.2.- Agréments

Compte tenu des technologies employées (dont certaines couvertes par brevet), on ne devra faire appel qu'à des entreprises spécialisées ou à des applicateurs agréés par celles-ci.

Certains produits d'injections ont fait l'objet d'essais de qualification par un groupe d'organismes piloté par le LCPC.

#### 4.3.- Références

Les procédés d'injections sont appliqués en France depuis les années 50.

Les entreprises spécialisées pour appliquer ces procédés sont peu nombreuses, mais toutes très qualifiées et possédant de nombreuses références.

### 5.- AVANTAGES ET INCONVENIENTS

#### 5.1.- Avantages

- . possibilité de traiter simultanément l'étanchéité de l'ouvrage et sa structure (reconstitution de maçonnerie ou rétablissement de la continuité structurelle),
- . possibilité de protéger les aciers et gaines de précontrainte dans la masse,
- . possibilité d'intervention extérieure, le réservoir étant en eau particulièrement avantageuse dans certains cas de contraintes d'exploitation.

#### 5.2.- Inconvénients

- . nécessité de faire appel à des entreprises spécialisées,
- . non applicable en cas de présence de calorifugeage ou revêtement susceptible de se décoller et aux maçonneries creuses,
- . nécessité d'une étude approfondie des causes de dégradations et conditions de l'ouvrage pour déterminer le choix des produits,
- . risque de détérioration accidentelle de l'ouvrage en cas de trop forte pression : écartement des lèvres de la fissure, injection de coulis dans le réservoir ou les joints de dilatation.

### 6.- INFLUENCE DES CONTRAINTES SUR LES COÛTS

Les coûts du procédé sont très variables en fonction :

- . des produits injectés (qualité),
- . de l'étendue et de l'ouverture des fissures (nombre de points d'injection, quantité de produit injecté),
- . de l'accessibilité des ouvrages.

Si les contraintes d'exploitation réduisant les délais d'intervention à l'intérieur du réservoir non enterré ou interdisant sa vidange sont prépondérantes, ce procédé s'avèrera très souvent le moins onéreux. Dans les autres cas, il sera généralement plus cher qu'un colmatage ou un pontage de la fissure.

## FICHE N° 5

REPLISSAGE DE JOINTS	Application : locale ou générale
	Interaction : non structurant
	Intervention : intérieure

1.- DESCRIPTION DU PROCEDE1.1.- Principe

Le procédé consiste à remplir le joint, après nettoyage et reconstitution éventuelle des lèvres selon son état initial, d'un produit de calfeutrement assurant l'étanchéité.

1.2.- Variantes

Les variantes diffèrent selon :

- . la géométrie du joint (profondeur, largeur),
- . le mode d'application (à chaud, à froid),
- . la préparation ou non d'un produit d'accrochage.

1.3.- Nature des produits utilisés

Dans la pratique, quand un joint est ménagé dans un réservoir, il s'agit toujours d'un joint destiné à absorber des mouvements éventuels. On utilisera donc exclusivement des produits élastique susceptibles d'allongement sous charge.

On retrouve ici les mêmes produits que ceux utilisés pour le calfeutrement des fissures, à savoir :

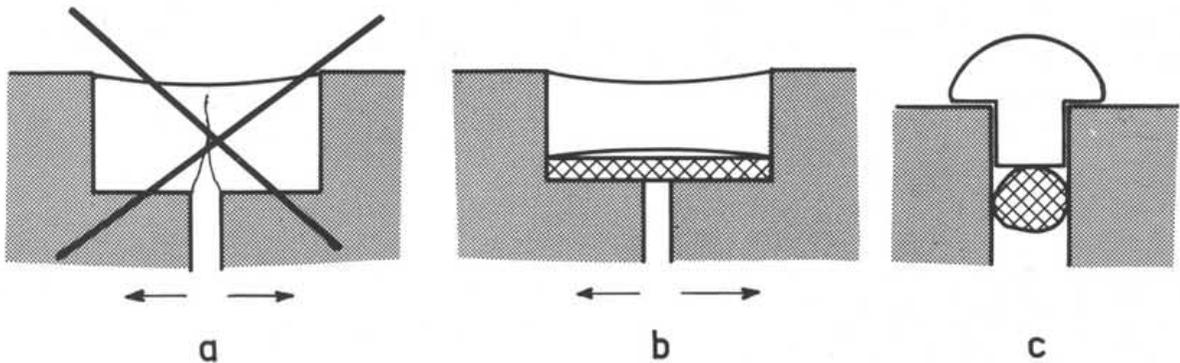
- . mastics bitumineux (attention au vieillissement),
- . mastics polyuréthane (généralement bons),
- . mastics de polysulfure (Thiokol : généralement bons),
- . mastics aux silicones (plutôt réservés aux façades),
- . résines acryliques (pour mouvements de faible amplitude).

2.- MISE EN OEUVRE

- . Bien nettoyer le joint en enlevant le produit précédent, et toutes traces de graisse, poussières et toutes parties non adhérentes.
- . S'il y a lieu, reconstituer les lèvres du joint en le dégarnissant soigneusement au burin et recouvrant les faces qui seront réalisées, à l'aide d'un produit pour ragréage épais (voir fiche N° 9).
- . Enlever le fond de joint initial qui est généralement détérioré lors des opérations précédentes, et mettre en place un nouveau fond de joint antiadhésif (bande ou boudin de polyéthylène généralement).

NOTA : Le fond de joint antiadhésif est très important pour le bon fonctionnement du joint. Le fond de joint ne doit avoir aucune action chimique sur le mastic et doit permettre son libre mouvement. Sa mise en place est parfois délicate et une mauvaise exécution peut entraîner une détérioration rapide de l'ensemble du joint :

- . pas de fond de joint peut causer la déchirure du produit de joint, trop sollicité (fig. a),
- . un fond de joint trop près de la surface peut entraîner un défaut d'adhérence (surface d'accrochage trop faible : utiliser un calibre pour la mise en place correcte (fig. c) ; en réparation, si la profondeur du joint est insuffisante, on utilisera de préférence un fond de joint plat (fig. b).



- . Appliquer le produit de joint, après application éventuelle d'un primaire d'accrochage si nécessaire. La plupart des fournisseurs proposent des appareils de mise en oeuvre (pistolet, etc...).
- . Lisser la surface du joint avec une spatule.

## 2.2.- Moyens et matériels nécessaires

- . un ou deux ouvriers selon l'importance du chantier,
- . burin, brosse, couteau, compresseur d'air et buses,
- . riflard, spatule, gants,
- . ruban adhésif, fond de joint,
- . produit de joint et appareil de pose (pistolet),
- . agitateur et pot mélangeur, ou fondoir, selon produit.

## 2.3.- Délais de mise en oeuvre

- Ils dépendent du produit utilisé. Il est donc indispensable de :
- . demander au fournisseur le délai minimum de remise en eau après application des produits,
  - . bien respecter ces délais.

Pour les produits les plus couramment utilisés, compter de l'ordre de trois jours.

Pour certains produits avec solvant, ce délai peut être allongé. On évitera ce type de produit si les contraintes d'exploitation sont trop draconiennes.

### 3.- DOMAINE D'UTILISATION

#### 3.1.- Type et partie d'ouvrage

L'étanchement de joint ne s'applique généralement qu'aux réservoirs qui en possèdent déjà, c'est-à-dire des cuves au sol ou enterrées d'assez grande dimension ou de structure particulière (jupe et radier désolidarisés par exemple).

La création d'un nouveau joint touche à la modification de structure du réservoir et sort du cadre du présent manuel.

#### 3.2.- Etat de l'ouvrage

L'état de l'ouvrage lui-même importe peu pour la réparation de joint. On peut avoir des joints fuyards dans un réservoir en excellent état par ailleurs (défaut de produit ou d'accrochage), tout comme un excellent produit accroché à une mauvaise structure.

Si les bords du joint (lèvres) sont abimés (épaufures, cassure, ...), il y aura lieu de les reconstituer par un bon ragréage avant toute réfection du joint lui-même.

Enfin, rien ne sert d'avoir un produit de joint bien étanche si le béton ou la maçonnerie adjacents sont perméables. Dans le cas de vieux ouvrages plus ou moins poreux, on pourra compléter utilement la mise en place d'un produit de joint par l'application de résine de part et d'autre des lèvres du joint sur une largeur de 15 à 20 cm, afin d'allonger les lignes de fuite.

#### 3.3.- Points particuliers

Un point particulier peut être constitué par des venues d'eau en fond de joint dans le cas de réservoirs enterrés. Dans ce cas, traiter avec un drainage en fond de rainure ; se reporter à la fiche N° 2 pour les schémas et explications.

#### 3.4.- Adéquation du procédé aux dégradations

Lorsque l'on est certain que le manque d'étanchéité provient bien du joint, l'adéquation de la réparation est excellente, dans la mesure où la mise en oeuvre est soignée.

Il faut toutefois attirer l'attention sur le point suivant : une fuite détectée en un point d'un joint ne signifie par forcément que le produit de joint soit mal appliqué au droit de cette fuite ; il peut y avoir cheminement de l'eau entre le défaut et la résurgence, parfois sur des longueurs assez grandes, compte tenu de la structure du joint (présence de waterstop par exemple).

En conclusion, la réparation d'un joint ne devrait pas être décidée sur la seule vue d'une fuite, mais nécessite un examen détaillé et surtout systématique de l'état du joint (adhérence, élasticité, ...).

### 3.5.- Tenue

La tenue d'un remplissage de joint est affectée par des paramètres suivants :

- . mauvaise adhérence au support :
  - mauvais nettoyage,
  - produit incompatible avec un support humide,
- . produit non élastique :
  - durcissement en vieillissant,
  - produit souple mais non élastique,
- . présence éventuelle de sous-pression (réservoirs enterrés),
- . fluage du produit sur paroi verticale.

Si l'on a bien gardé à l'esprit ces quatre critères lors du choix des matériaux, en demandant des références sérieuses et vérifiables (pour le vieillissement surtout), la tenue d'un remplissage de joint correctement exécuté peut durer 10 à 20 ans au moins.

## 4.- DIFFUSION DU PROCEDE

### 4.1.- Cahier des charges

Il existe des documents établis par le SNJF (Syndicat National des Joints et Façades). Ils sont établis pour les travaux de préfabrication et bâtiment, mais sont aussi applicables aux réparations de réservoirs.

Certains applicateurs disposent pour leur part de recommandations techniques fort bien faites. En outre, dans leurs cahiers des charges agréés établis pour d'autres techniques d'étanchement, il existe généralement un paragraphe particulier consacré aux remplissages de joints.

### 4.2.- Agréments

Certains produits sont agréés par le SNJF ; bien que son objet ne soit pas propre aux réservoirs, les produits classés élastomère première catégorie selon le SNJF seront de bonne qualité.

De même le SNJF donne agrément à des applicateurs qui garantissent ainsi leur savoir-faire.

Dans tous les cas, il conviendra de demander une qualité alimentaire.

### 4.3.- Références

Les produits modernes de l'industrie chimique sont relativement récents et tendent à remplacer les anciens, notamment les mastics bitumineux.

Bien que les produits de joints présentant une garantie de tenue sous charge d'eau pour les réservoirs soient moins nombreux que les produits pour le bâtiment, on trouve cependant des marques ayant de sérieuses références (cf. liste de produits en annexe).

## 5.- AVANTAGES ET INCONVENIENTS

### 5.1.- Avantages

Procédé bien adapté aux réparations de joints, sous réserve d'une bonne application.

### 5.2.- Inconvénients

- . Le remplissage de joint nécessite un examen systématique du joint précédent,
- . l'enlèvement soigné du joint précédent, indispensable, est souvent délicat et difficile (et plus onéreux que l'application proprement dite),
- . le remplissage seul est insuffisant si les lèvres du joint sont abimées.

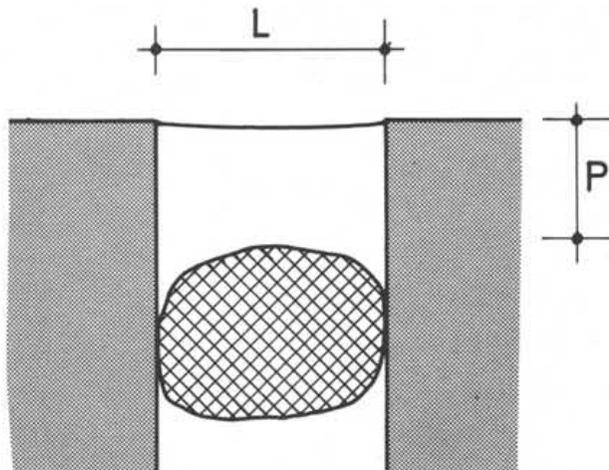
Dans les cas délicats, on pourra recourir avantageusement au pontage (cf. fiche N° 3).

## 6.- INFLUENCE DES CONTRAINTE SUR LES COUTS

Comme signalisé ci-dessus, une part importante du coût, en réparation est due à la préparation du joint (enlèvement du produit précédent, reconstitution des lèvres, ...).

Un autre paramètre important, pour définir la consommation de produit, est la dimension du joint. A titre indicatif, voici la recommandation du SNJF pour les dimensions (largeur L et profondeur P) pour obtenir un bon joint :

L mm	P mm
mini : 8	6
8 à 12	$P = L$
12 à 40	$P = \frac{L}{2} \pm 0,15L$
maxi : 40	26





## FICHE N° 6

ENDUIT DE LIANTS HYDRAULIQUES	Application : locale ou générale
	Interaction : non structurant
	Intervention : intérieure

1.- DESCRIPTION DU PROCEDE1.1.- Principe

Le procédé consiste à réaliser un enduit intérieur, à base de liants hydrauliques, assurant l'étanchéité du réservoir.

Les enduits extérieurs appliqués essentiellement pour des raisons esthétiques (intégration dans le site ; camouflage de fissures ou taches antérieures) n'ont jamais une fonction d'étanchéité et ne sont pas considérés dans la présente fiche.

1.2.- Variantes

Les variantes diffèrent selon :

- . l'épaisseur du revêtement : barbotine ou enduit,
- . le mode d'application : manuelle, à la machine,
- . la préparation du mélange : sur le site ou prêt à l'emploi,
- . les adjuvants : résine, accélérateur,...

Le choix entre ces diverses variantes dépendra :

- . de la nature du support : une barbotine seule peut suffire sur béton légèrement poreux ; une maçonnerie demande un enduit plus épais,
- . de l'état du support,
- . de l'étendue de la réparation : la projection à la machine sera réservée à des surfaces assez grandes (50 m<sup>2</sup> ou plus),
- . de la qualification de la main-d'oeuvre.

1.3.- Nature des produits utilisés

Le produit de base est le mortier de ciment CPA + sable. Des éléments particuliers (CLK, CPMF) seront utilisés en présence d'eau très pure.

Selon les variantes, on utilise en outre :

- . des hydrofuges assurant une prise en présence d'humidité,
- . des accélérateurs de prise facilitant la mise en oeuvre,
- . des résines époxy ou acryliques améliorant l'accrochage au support et la tenue intrinsèque du mortier.

La plupart des produits adjuvants, soit en préparations préfabriquées, soit à ajouter sur le site, relèvent de secrets de fabrication ou sont protégés par brevets. Un tel secret peut malheureusement couvrir des produits inefficaces, et il est recommandé de n'employer que des produits possédant des références vérifiables et des entreprises pouvant assumer réellement une garantie.

## 2.- MISE EN OEUVRE

### 2.1.- Nature des opérations

- La préparation de la surface sera la même dans tous les cas :
  - . abattage des arêtes,
  - . décapage à vif des bétons ou maçonneries,
  - . nettoyage des surfaces : enlever toutes traces de graisse, huiles et débris non adhérents.
- Humidification du support.
- Application d'un enduit selon les variantes :
  - A- Hydrofugation seule : application d'une barbotine à la brosse ou au rouleau.
  - B- Enduit à appliquer selon les directives des DTU 14.1 et 26.1 et les recommandations éventuelles du fournisseur de produits.

### 2.2.- Moyens et matériels nécessaires

- . Deux ouvriers dont un spécialiste des enduits,
- . tout matériel classique pour gâcher, jeter et talocher : gamates, seaux, truelles, taloches, règles, brosse, balai,
- . échaffaudage pour parois verticales,
- . matériels de projection mécanique éventuels (tous types).

### 2.3.- Délais de mise en service

Compter sept jours minimum pour un enduit ordinaire.

Ce délai peut être ramené à trois jours dans certains cas par l'utilisation d'accélérateurs.

## 3.- DOMAINE D'UTILISATION

### 3.1.- Type et partie d'ouvrage

La réparation d'étanchéité par enduit à base de liant hydraulique convient bien :

- . aux ouvrages en maçonnerie en premier lieu,
- . aux réservoirs en béton poreux ou perméable,
- . aux réparations de grandes surfaces,
- . aux réservoirs enterrés soumis à sous-pression (cuvelage).

Elle s'applique à toutes les parties d'ouvrage, jupe et radier essentiellement, avec toutefois une difficulté due aux arêtes.

### 3.2.- Etat de l'ouvrage

L'application d'une barbotine seule sera réservée à des parois en béton d'aspect satisfaisant et peu poreux.

L'application d'un enduit sur maçonnerie peut se faire quel que soit son état, sous réserve d'enlever l'enduit précédent.

Sur béton, il faut que la préparation du support ne laisse pas apparaître de désordre grave (épaufrures, fers apparents) auquel cas, il est nécessaire de reconstituer le support au préalable (cf fiche N° 9), ni de fissures actives trop nombreuses (c'est la principale limite à ce procédé d'étanchement)

### 3.3.- Points particuliers

Ils sont assez nombreux :

- . les traversées (canalisations),
- . les scellements,
- . les joints éventuels,
- . les fissures.

Dans les trois premiers cas, ménager une gorge autour des pièces traversant l'enduit ou au droit du joint, puis traiter cette gorge comme un joint (cf. fiche N° 5).

Dans le cas de fissures passives, ou très faiblement sollicitées ( $\leq 0,2$  mm), un pontage préalable avec toile de verre collée à la résine est généralement suffisant.

Dans le cas de fissures actives ou larges, mettre en place un boudin de mousse suivant la fissure (par épinglage) ; réaliser l'enduit de part et d'autre ; après prise, enlever le boudin et traiter la gorge ainsi ménagée comme un joint.

### 3.4.- Adéquation du procédé aux dégradations

On peut retenir une bonne adéquation pour :

- . les réservoirs en maçonnerie,
- . les réservoirs enterrés ou semi-enterrés,
- . les réservoirs au sol peu fissurés (béton légèrement perméable ou poreux).

### 3.5.- Tenue

La difficulté à notre époque est d'obtenir une bonne exécution, la main-d'oeuvre qualifiée capable d'exécuter correctement un enduit étanche se faisant de plus en plus rare.

Sous réserve d'une bonne exécution, on peut escompter une durée de vie de 50 ans au moins.

## 4.- DIFFUSION DU PROCEDE

### 4.1.- Cahier des charges

Si la cuve est susceptible d'être soumise à des sous-pressions extérieures (réservoir enterré), on appliquera le D.T.U. 14.1 "Travaux de cuvelage dans les parties immergées de bâtiment".

Dans les autres cas, c'est le D.T.U. 26.1 "Travaux d'enduits aux mortiers de liants hydrauliques" qui s'applique pour les règles de préparation et de mise en oeuvre.

De plus, plusieurs applicateurs possèdent des cahiers des charges particuliers approuvés par des bureaux de contrôle qui tiennent compte des caractéristiques particulières des produits utilisés.

#### 4.2.- Agréments

Pour l'utilisation en réservoirs d'eau potable, il est indispensable que tous les produits utilisés adjuvants possèdent la qualité alimentaire. C'est le cas de ceux proposés par les plus grands applicateurs.

D'autre part, compte tenu de la difficulté de trouver une main-d'oeuvre qualifiée pour ce procédé, il est recommandé de faire appel aux entreprises possédant des qualifications professionnelles (OPQCB 337 "Enduits et chapes en ciment hydrofugé).

#### 4.3.- Références

L'étanchement de cuves par enduit de liants hydrauliques est une technique séculaire qui a fait ses preuves.

En théorie, tout bon maçon devrait pouvoir réaliser un enduit.

Mais, la main-d'oeuvre spécialisée se fait rare et il est préférable de s'adresser aux entreprises pouvant présenter de sérieuses références en matière d'étanchéité.

### 5.- AVANTAGES ET INCONVENIENTS

#### 5.1.- Avantages

- . Procédé traditionnel, de grande diffusion.
- . Mise en oeuvre simple (bien que délicate à réussir) et économique.
- . Applicable sur support humide,
- . Protège les armatures.

#### 5.2.- Inconvénients

- . Mal adapté aux fissurations vivantes,
- . main-d'oeuvre spécialisée nécessaire.

### 6.- INFLUENCE DES CONTRAINTES SUR LES COUTS

L'application de l'enduit lui-même ne conduit pas à de grandes variations de coût, une fois définis les adjuvants éventuels, le nombre et l'épaisseur des couches.

Pour un chantier traditionnel, de surface moyenne, on peut avoir des prix variant de 150 à 250 F/m<sup>2</sup> en paroi verticale sans grand échaffaudage.

Par contre la préparation du support peut être très variable selon son état et conduire à des différences de prix sensibles selon les ouvrages.

REVETEMENT DE RESINES POLYMERISABLES	Application : locale ou générale
	Interaction : non structurant
	Intervention : intérieure

## 1.- DESCRIPTION DU PROCEDE

### 1.1.- Principe

Le procédé consiste à assurer l'étanchéité intérieure de la cuve par la réalisation d'un film de revêtement à base de résines polymérisables appliquées en couches minces, armé ou non.

### 1.2.- Variantes

L'étanchement par revêtement de résines polymérisables faisant appel à une grande diversité de produits issus de l'industrie chimique moderne, il en résulte également un assez grand nombre de variantes de mise en oeuvre.

Les variantes diffèrent selon :

- . la préparation du produit : mélanges préétablis ou à exécuter sur place, émulsion, peintures avec solvant,
- . la nécessité d'un primaire d'accrochage ou non,
- . la présence ou non d'armature du film d'étanchéité, armature généralement en toile de verre.

En pratique, la gamme des possibilités offertes sur le marché s'étend de la simple peinture applicable à la brosse en quelques microns d'épaisseur, jusqu'à la réalisation d'une véritable membrane de plusieurs millimètres.

Il est bien évident que toutes les variantes n'ont pas la même efficacité pour répondre à un problème d'étanchéité donné et la grosse difficulté pour faire un choix est alors de distinguer entre les produits et procédés efficaces et fiables, et ceux qui sont présentés par leurs promoteurs comme une panacée mais qui s'avèrent à l'expérience trop difficile à mettre en oeuvre ou dotés de défauts cachés à l'origine (goût, vieillissement,...).

### 1.3.- Nature des produits

La nature des produits utilisés peut être très variable, l'industrie chimique moderne pouvant proposer une gamme de composants très nombreux et en perpétuelle évolution. Parmi tous ces produits, ont notamment déjà été utilisés pour les réparations d'étanchéité d'ouvrages :

- |                   |                |
|-------------------|----------------|
| . Epoxy           | . Polyuréthane |
| . Epoxy-brai      | . Polyester    |
| . Epoxy-polyamide | . Néoprène (R) |

- . Epoxy-brai (de pétrole)
- . Epoxy-polysulfure
- . Epoxy-polyuréthane
- . Epoxy-silicone
- . Peinture époxy en milieu aqueux
- . Polysulfure
- . Silicone
- . Résines acryliques
- . Polyéthylène

Chacun de ces produits peut lui-même présenter un grand nombre de variantes (par exemple par mélange de composants).

En pratique, les résines époxy et leurs dérivés représentent à elles seules plus de 70 % des produits actuellement utilisés ; Ce sont aussi les plus sûrs d'emploi, à l'exclusion des époxy-brai de houille qui sont à écarter pour des raisons de qualité alimentaire.

A ce sujet, il est important de démentir dès à présent un certain nombre d'idées reçues :

- . Le terme de résine ne s'applique pas qu'aux époxy et il convient de ne pas employer l'un pour l'autre,
- . les résines époxy ne sont pas nécessairement rigides et elles peuvent être appliquées en milieu humide, voire même sous l'eau (tout au moins pour certains représentants de la famille).

## 2.- MISE EN OEUVRE

### 2.1.- Nature des opérations

Quelle que soit la variante utilisée, la préparation du support est la première et plus importante opération :

- . ragréage et colmatage des trous éventuels,
- . bouchardage ou décapage mécanique (élimination des laitances, etc...),
- . brossage énergique et lavage au jet.

Selon les produits, on pourra admettre une surface humide ou suintante, ou au contraire exiger une surface absolument sèche (se conformer aux recommandations du formulateur).

Application d'un primaire si nécessaire ou d'une première couche d'accrochage, généralement diluée.

Application des couches successives de résine au rouleau, à la brosse ou par projection : bien respecter les épaisseurs ou la consommation moyenne prescrites par le formulateur.

C'est à ce stade, entre deux couches successives que sera placée l'armature éventuelle de toile de verre : celle-ci doit être convenablement saturée de produit (et non pas simplement imprégnée) et appliquée avec un marouflage soigné.