

## 3.3 LES PRINCIPAUX MATÉRIAUX DE RÉPARATION DES SURFACES

### 3.3.1 Mortier de ciment portland

- Les mortiers de ciments Portland ne doivent être utilisés que pour réparer des **défauts de surface mineurs** (pas de conséquences critiques sur la performance de la structure) **pas plus de 24 h après le décoffrage**.
- Ils **ne devraient jamais être utilisés pour réparer des surfaces de vieux béton** (fissuration due au retrait empêché)
- Attention au mûrissement de la surface (au moins 7 jours).

### 3.3.2 Mortiers époxydiques

- Les mortiers époxydiques sont constitués d'un **mélange de sable et de liant époxydique**. Ces mortiers sont généralement **appliqués sur une mince couche de liant d'accrochage** à base de résine époxy.
  - **Trois composants**: résine, durcisseur, sable
  - Pour le **liant d'accrochage**, on doit utiliser la **même résine** que celle utilisée pour le mortier.
  - Le **périmètre** de la surface doit préférablement être délimité par un **trait de scie**.
  - La **surface doit être propre et sèche** (on doit généralement chauffer la surface pour retirer toute l'humidité).
  - Le durcissement est amorcé par l'ajout d'un **catalyseur**.
  - La **vitesse de durcissement** de la résine est très sensible à la **température** ambiante.
  - On doit éviter de préparer des quantités trop importantes de mortier.

- Ces produits (\$\$\$) peuvent être utilisés lorsque la **profondeur** de la réparation est **d'environ 40 mm ou moins** (ou lorsque la surface à réparer est relativement petite < 1000 cm<sup>2</sup>).
  - **Développement très rapide** des propriétés mécaniques (en 5 à 24 heures).
  - Grande résistance aux **agressions chimiques**.
  - **Très grande adhérence**.
  - Grande **durabilité** à long terme.
- On peut utiliser la résine époxydique seule pour remplir des défauts de surface de **très faibles épaisseurs** (< 5 mm).
- **On ne doit pas utiliser ces produits si:**
  - **L'humidité interne** du béton ou de la structure peut s'accumuler sous la surface réparée et ainsi provoquer des problèmes lors du gel.
  - La surface réparée est soumise à des **températures extrêmes** (exposition directe au soleil ou à de hautes températures).
- Attention à la **ventilation** et aux **vapeurs** nocives.
- Éviter le contact direct avec la **peau**
- On doit assurer une **température initiale de mise en place d'au moins 15°C** jusqu'au premier durcissement. Par la suite le mortier doit être chauffé [32-43°C] pendant au moins 24 h.

### 3.3.3 Mortiers/coulis expansifs

#### n Expansion par formation de bulles de gaz.

- Ces produits contiennent des ingrédients qui génèrent des **bulles de gaz** peut de temps après le contact avec l'eau de gâchage.
  - Des poudres **d'aluminium** ou de **carbone** sont généralement utilisées pour produire les bulles de gaz.
- Les bulles de gaz permettent de **compenser** toute forme de **retrait** pouvant se produire durant la **phase plastique** du matériau.

- Il est nécessaire de fournir un confinement latéral et vertical pour permettre au produit de développer toutes ses caractéristiques physiques.
- Ces produits sont parfois très **sensibles à la température**
  - L'expansion peut survenir très rapidement (avant la mise en place) lorsqu'il fait très chaud.

#### n Expansion par le sulfoaluminate.

- Contrairement au cas précédent (bulles de gaz), l'expansion des produits contenant des sulfoaluminates survient **après la prise et pendant la phase de durcissement**.
  - L'expansion peut être obtenue en utilisant un ciment à retrait compensé (**type K**) ou en ajoutant un agent d'expansion à base de **sulfoaluminate** (dosage de 6% à 10% en masse de ciment).
  - L'expansion survient lorsque le sulfoaluminate de calcium anhydre (CSA) se **transforme en ettringite**.
- L'expansion est sensible aux conditions d'humidité.
  - Pour entretenir les réactions d'expansion, il faut assurer un apport suffisant **d'humidité (mûrissement humide) pendant 3 à 7 jours**.

#### 3.3.4 Bétons conventionnels

- Les **réparations profondes** en béton conventionnel sont généralement utilisées lorsque la surface à réparer est plus grande que 1000 cm<sup>2</sup> et que la **profondeur dépasse 150 mm** ou lorsque la **profondeur de la réparation dépasse de 25 mm le niveau inférieur des aciers d'armature**.
- Il s'agit d'un matériau de réparation très économique!
- Il est préférable d'amener la **surface** du vieux béton à **l'état SSS** avant d'appliquer le nouveau béton (présaturation de plusieurs heures).

- Un bon **mûrissement est essentiel** pour assurer une bonne durabilité et pour minimiser la fissuration due au retrait de séchage.
- Le **périmètre** de la zone à réparer doit être **scié sur une profondeur d'au moins 25 mm**.
- Les bétons conventionnels peuvent être utilisés avec plusieurs **types de techniques de mise en place**.
  - Utilisation de coffrages conventionnels
  - Projection par voie humide
  - Projection par voie sèche
  - Pompage
- Il est important d'utiliser un béton de réparation durable dont les **propriétés physico-chimiques** (module élastique, coefficient de dilatation thermique) sont **similaires à celles du béton existant**.

### 3.3.5 Bétons et mortiers au latex

- Le Latex est une **émulsion aqueuse de caoutchouc synthétique** obtenue par polymérisation. **Il remplace l'eau dans les bétons ou mortiers** modifiés au latex employés comme matériau de réparation dans les projets de réhabilitation ou comme chape.
- En raison de son **prix élevé**, le latex n'est pas utilisé dans les bétons pour dalles.
- La **surface du béton frais se déchire facilement**, ce qui complique les opérations de finissage et de cure. Il faut porter une attention très particulière aux **opérations de finissage et de cure** pour prévenir la **fissuration excessive** du matériau. Il faut **éviter** les expositions directes au **soleil** ou au **vent**.
  - On peut tenter d'éliminer la fissuration de surface en resaturant la surface du matériau avec une émulsion diluée de latex.
- Un **latex synthétique** est ajouté à un mortier ou un **béton de ciment portland** conventionnel.
  - Plus grande cohésion, meilleure maniabilité, facilité d'application.

- Développement plus rapide des propriétés mécaniques.
  - **Meilleure adhérence** au vieux béton
  - **Meilleure résistance à la traction.**
  - **Meilleure flexibilité.**
  - **Perméabilité très faible.**
- Ces produits sont fréquemment utilisés pour réparer des **défauts de surface** sur des **murs**, des **trottoirs**, des **dalles**, etc. Un béton au latex a été utilisé pour la réfection des **joints de dilatation** de l'autoroute métropolitaine. Les bétons et mortiers au latex sont reconnus pour leur très **grande durabilité**.
- Les mortiers au latex peuvent être mis en place en couches de 12 à 50 mm d'épaisseur (horizontalement ou verticalement).
- Plusieurs **types de latex** peuvent être utilisés:
    - Styrène butadiène
    - Acétate de polyvinyle
    - Acryliques
- Les latex sont généralement utilisés à des dosages **inférieurs à 20%** (solides p/r à la masse de ciment portland).
- Pour fabriquer un béton modifié au latex, il suffit essentiellement de combiner un latex polymère à un mélange de béton classique
    - Rapport eau/ciment = **0,35 à 0,40** (le latex agit aussi comme plastifiant).
    - On utilise généralement une quantité de latex correspondant à une teneur en **solides de polymères de 12% à 15% en masse de ciment**.
    - Affaissement = 100 mm à 150 mm.
    - **Teneur en air = 6,5%**
- Les surfaces à réparer doivent être maintenues dans un **état saturé pendant au moins 12 h** avant l'application du mortier ou du béton au latex.

- Juste avant l'application du produit, on doit amener la surface dans un **état SSS** (pas de flaques d'eau) puis appliquer un **coulis de ciment portland** fabriqué avec un mélange d'eau et de latex (**50% eau et 50% latex**).
  - On peut aussi utiliser un latex **re-émulsifiable** lors de contact avec béton frais.
- La réparation doit être protégée des rayons directs du soleil. Il est important d'assurer un bon **mûrissement humide pendant au moins 24 h** (72 h pour les mortiers). Après la cure humide, laisser sécher le béton à l'air pendant 72 h si la température est supérieure à 13°C. Il peut être nécessaire de prolonger le séchage si la température est inférieure à 13°C.

### 3.3.6 Bétons polymères

- Les **bétons polymères** peuvent être fabriqués à partir de deux types de **monomères**:
  - **Methacrilate** (MMA ou HMWM)
    - Les HMWM sont plus faciles d'utilisation que les MMA
      - \* moins forte odeur
      - \* moins volatiles (*pot life* plus long)
  - **Résine ester**
- Lors du **mûrissement** les **monomères s'unissent** entre eux pour former de **longues chaînes de polymères** à base d'acrylique.
  - Un **système** comprend généralement:
    - Un **monomère** contenant un **inhibiteur** pour prévenir la polymérisation spontanée.
    - Un **catalyseur** (ajouté durant le malaxage) pour initier la polymérisation.
    - Un **accélérateur** (ajouté durant le malaxage) pour accélérer le processus.
    - Un sac de granulats prémélangés.

- Ce type de béton peut être utilisé pour les **réparations de surface**, les **resurfaçages minces**, les **planchers industriels**, les recouvrements intérieurs de **réservoirs**, etc.
  - Grande résistance à l'abrasion
  - Développement très rapide des propriétés mécaniques
  - Très faible perméabilité
- On doit **éviter d'utiliser** ces produits lorsqu'ils sont directement **exposés aux rayons** du soleil ou lorsqu'ils sont soumis à des **changements brusques de température**.
- **Les granulats et la surface à réparer doivent être parfaitement secs.**
- Les MMA et HMWM peuvent mis en place à des températures pouvant atteindre -6°C.

### 3.3.7 Bétons conventionnels avec couche de liaison à base de résine époxy

- On peut appliquer une couche de **béton conventionnel** sur un **liant d'accrochage** à base de résine époxydique.
  - L'affaissement du béton ne doit pas dépasser 40 mm.
- Cette technique peut être utilisée lorsque la **profondeur** de la réparation **dépasse 40 mm** environ.
- Le périmètre de la surface à réparer doit être **scié** sur une profondeur d'au moins **25 mm**.
- Le liant d'accrochage doit être **encore fluide ou collant** lors de la mise en place du béton.
  - Immédiatement après la mise en place, le béton doit être consolidé ou vibré (le vibreur ne doit pas toucher le fond de la surface à réparer).
- Un bon mûrissement humide est toujours nécessaire.

### 3.3.8 Bétons renforcés de fibres

- On peut ajouter différents types de fibres (acier, polypropylène) dans les bétons conventionnels et les bétons à hautes performances pour **améliorer leur comportement en traction, en flexion ou après la rupture.**

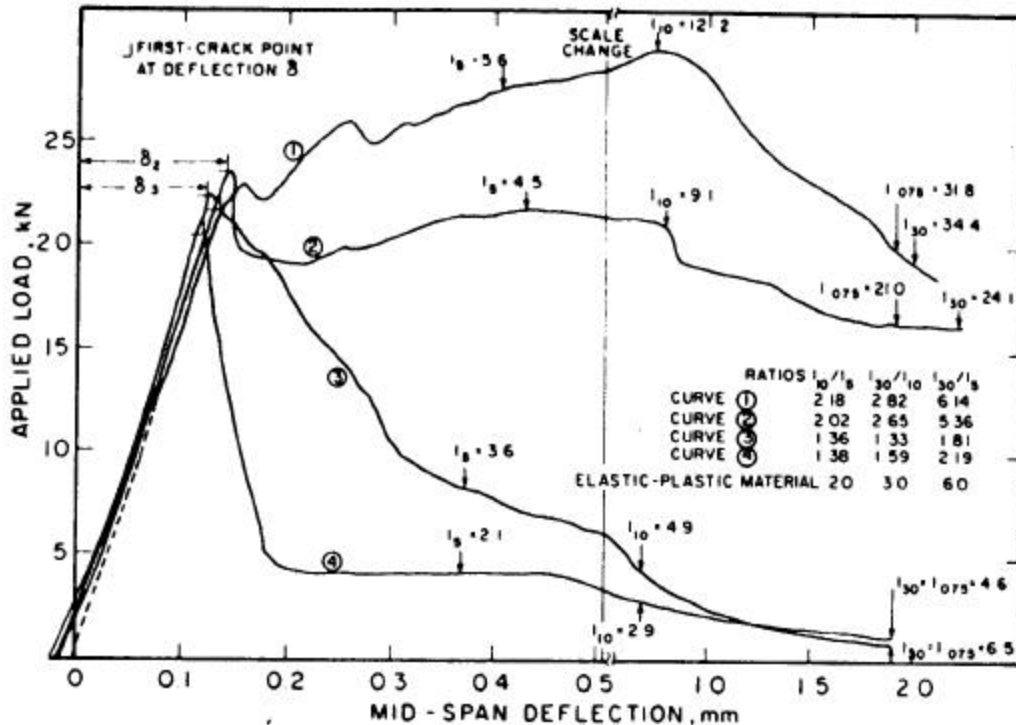


Fig 3.20 - Courbes contrainte-déformation typiques de bétons renforcés de fibres d'acier. [tiré de Bentur, A. et Mindess, S., *Fibre Reinforced Cementitious composites*, Elsevier Applied Science, 1990, London].

- L'effet des fibres sur le comportement mécanique du béton est très **variable** en fonction du **type de fibres** et de leur **dosage** dans le mélange.
- Les bétons renforcés de fibres d'acier sont surtout utilisés dans les applications nécessitant un **bon contrôle de la fissuration**. Le béton renforcé de fibres d'acier a déjà été utilisé avec succès pour la **réfection de dalles d'autoroute**.
  - Dalles industrielles sans joint
  - Resurfaçage mince de dalles de béton détériorées

## 3.4 LES PRINCIPALES TECHNIQUES DE RÉPARATION DES SURFACES

### 3.4.1 Béton coulé en place derrière une paroi coffrée

- Il s'agit d'une **technique très courante** qui peut être utilisée pour de nombreux types de travaux de réparation (Fig 3.21).
  - Murs de béton armé
  - Bases de colonnes

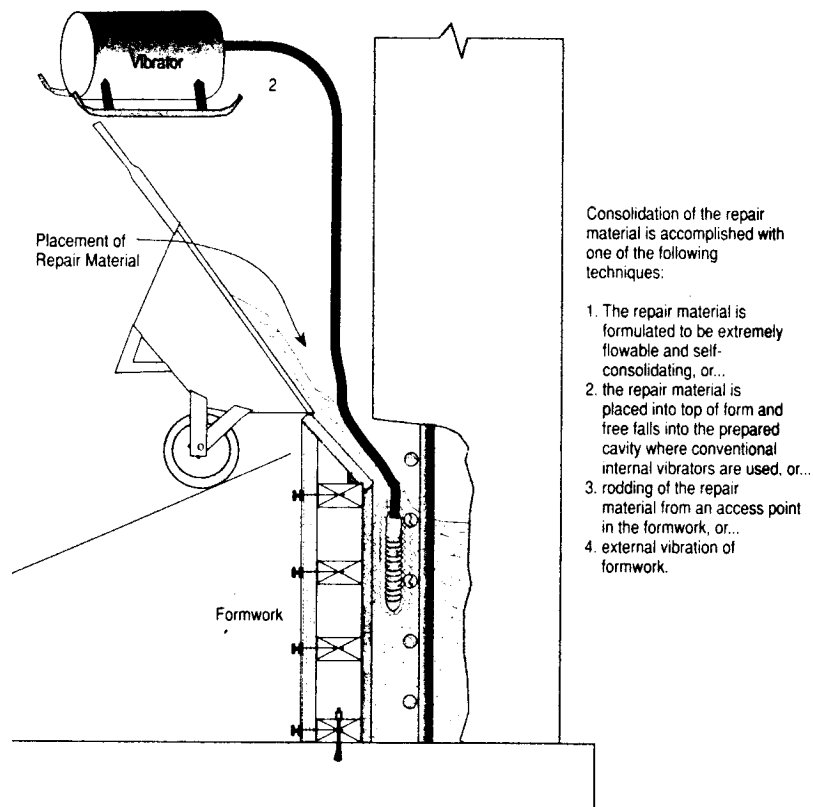


Fig 3.21 - Représentation schématique de la technique de réparation par mise en place de béton derrière une paroi coffrée.  
[tiré de Emmons, P.H. *Concrete repair and maintenance illustrated*, R.S. Means Company, Kingston, Ma, 1994, 295 p.]

- Lorsqu'elle est applicable, cette technique **donne de bons résultats** car:

- Les propriétés du matériau de réparation sont similaires à celles du vieux béton.
- L'épaisseur relativement importante de la réparation assure un mûrissement adéquat du béton de l'interface.
- Une **profondeur minimale de 150 mm** est généralement requise.
- Il faut prévoir un **dégagement d'au moins 25 mm** derrière les barres d'armature.
- Les coffrages devraient être assemblés en **sections de 450 mm de hauteur** au maximum pour éviter que le béton ne tombe d'une hauteur de plus de 300 mm environ.
- On peut utiliser **plusieurs types de matériaux de réparation** en fonction des performances recherchées ou des exigences de construction.
  - Le matériau choisi devra avoir:
    - Un **faible retrait**
    - Une **maniabilité suffisante** pour obtenir une compaction adéquate le long des parois et autour des barres d'armature.
- Il est généralement nécessaire d'utiliser un **vibrateur interne** ou d'effectuer un **pilonnage** du béton pour obtenir une compaction adéquate.
  - On doit prévoir une **ouverture suffisante** pour permettre la mise en place facile du béton et la vibration interne.
  - L'ouverture supérieure du coffrage peut être comblée par application manuelle de mortier ou par la technique *Dry Pack*.
- La présence d'un coffrage rend difficile l'application d'un agent de liaisonnement (De toute manière, les agents de liaisonnement ne sont généralement pas requis pour ce type de réparation).
- **Prévoir un bon mûrissement après le décoffrage de la réparation.**

### 3.4.2 *Dry Pack*

- La méthode **Dry Pack** permet de mettre en place des **mortiers secs sans affaissement**.
  - Faible dosage en eau
  - Faible teneur en pâte
  - Donc faible retrait
- La mise en place du béton ou du mortier est effectuée **manuellement** par compaction à l'aide d'une **tige en bois dur** et d'un marteau.
- Cette technique est surtout utilisée pour remplir des ouvertures de **faible surface** mais **relativement profondes** (Fig 3.22) avec un bon confinement latéral (profondeur minimale de 25 mm).
  - Trous d'ancrage
  - Trous de carottage
  - Ports d'injection

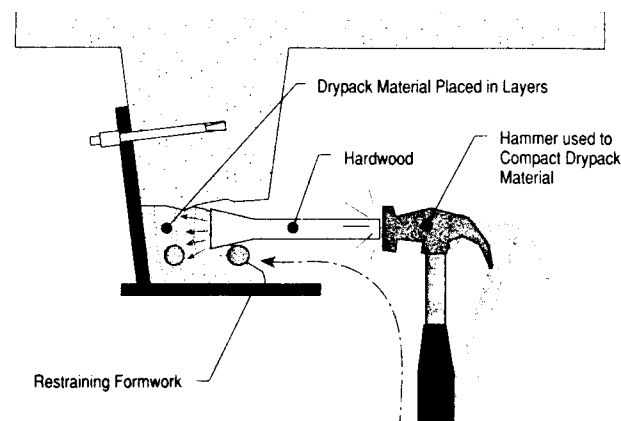


Fig 3.22 - Représentation schématique de la procédure de réparation de type *Dry Pack*.

[tiré de Emmons, P.H. *Concrete repair and maintenance illustrated*, R.S. Means Company, Kingston, Ma, 1994, 295 p.].

### • Mise n place

- Bon nettoyage des surfaces internes
- Agent de liaisonnement
  - **Coulis** (ciment+eau+sable)
  - **Résine epoxy** (application du mortier avant l'assèchement de la résine)

- Applications en **couches de 10 mm environ**. Ne pas laisser durcir le mortier entre chaque applications.
- Un bon **mûrissement** est toujours nécessaire.

- **Matériaux**

- Mélange de 1 partie de ciment et de 2,5 parties de sable.
- Ajouter juste assez d'eau pour pouvoir former une boule en pressant le mortier dans le creux de la main. **Lorsque bien dosé et bien compacté le mortier adopte une consistance gélatineuse ou caoutchouteuse.**

- **Il est difficile d'assurer un bon contrôle de la qualité.**

- Il n'est pas possible de d'obtenir un **réseau de bulles d'air** de bonne qualité avec cette technique de réparation.

### 3.4.3 Béton pompé derrière une paroi coffrée

- Il s'agit d'une technique de réparation relativement récente (Fig 3.23).

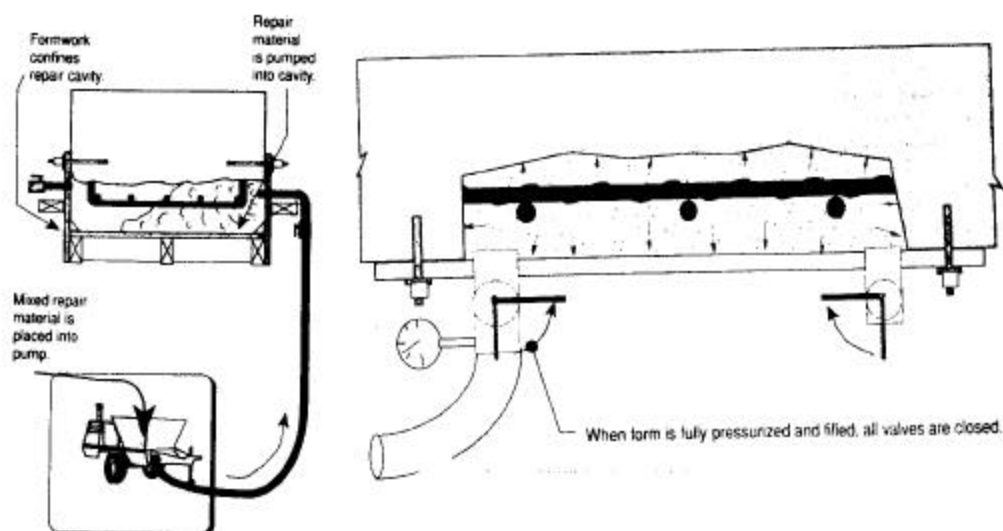


Fig 3.23 - Représentation schématique de la technique de réparation par pompage d'un matériau de réparation derrière une paroi coffrée.  
[tiré de Emmons, P.H. *Concrete repair and maintenance illustrated*, R.S. Means Company, Kingston, Ma, 1994, 295 p.]

- Les différents systèmes de coffrages et de pompages permettent le pompage de **différents types de matériaux de réparation**.
- Avant de fixer les coffrages on doit s'assurer que les surfaces de béton ne **comportent pas de concavité** difficile à remplir lors du pompage du béton derrière les coffrages.
- On doit pomper le matériau de réparation des **points bas vers les points hauts** ou **d'une extrémité à l'autre** des coffrages horizontaux.
  - Lorsque le coffrage est plein, on maintient une certaine pression pour favoriser une compaction optimale du matériau de réparation et une plus grande adhérence avec le vieux béton.
- Quelques **avantages**:
  - On peut pomper des **mortiers** ou des **bétons** (avec ou sans polymères).
  - La mise en place n'est pas limitée par l'épaisseur de la réparation ou la densité des aciers d'armature.
  - On peut facilement effectuer un bon **contrôle de la qualité** du matériau de réparation
  - Les pressions de pompage favorisent un **bon contact** entre le matériau de réparation et le vieux béton (ou les aciers d'armature).
  - Les coffrages facilitent la cure du matériau de réparation
- Quelques **désavantages**:
  - **Les coffrages sont coûteux**
    - **Étanchéité** (peut nécessiter l'utilisation de matériaux d'étanchéisation le long du périmètre des coffrages).
    - **Solidité et rigidité** des parois pour résister aux pressions de pompage (on doit prévoir une pression de 14 psi - 97 kPa).
    - Nombreux **ancrages**

- On doit prévoir plusieurs points d'entrée pour le pompage (typiquement à tous les mètres)

### 3.4.4 Injection d'un mélange de granulats (*preplaced aggregate concrete - PAC*)

- Cette méthode consiste à **injecter un coulis** relativement fluide (eau, ciment, sable fin [pas toujours nécessaire], adjuvants) dans les **vides d'un mélange granulaire** propre et de granulométrie bien contrôlée (Fig 3.24 et 3.25).

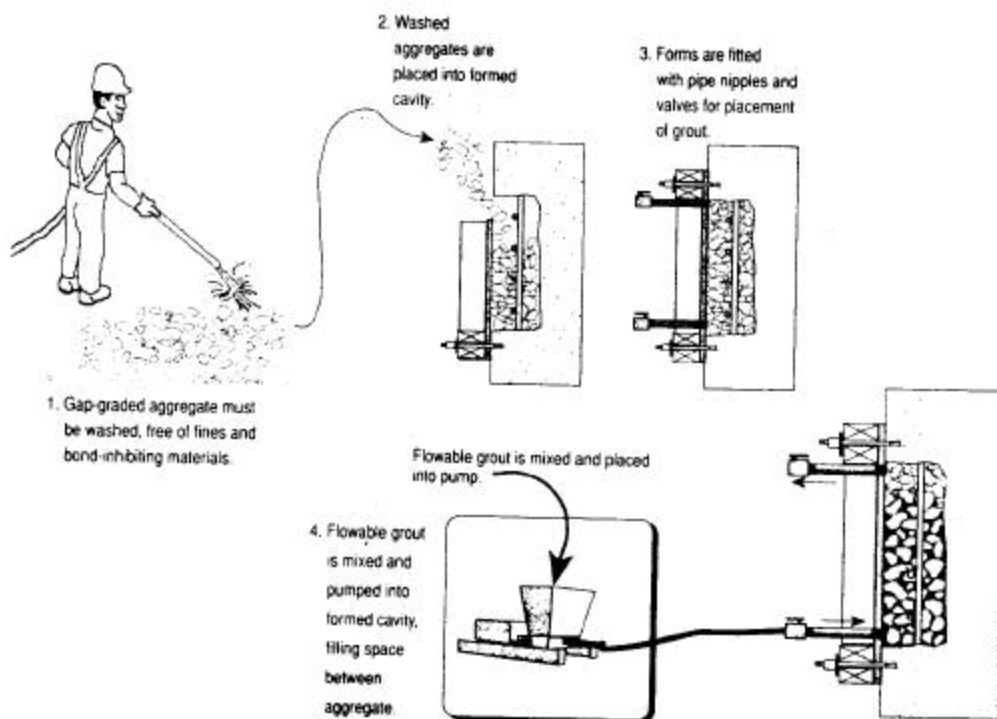


Fig 3.24 - Représentation schématique de la procédure de réparation par injection (PAC)..

[tiré de Emmons, P.H. *Concrete repair and maintenance illustrated*, R.S. Means Company, Kingston, Ma, 1994, 295 p.].

- **Doit être exécuté par un entrepreneur expérimenté et qualifié**
  - Les **coffrages sont complexes** à mettre en place et il est particulièrement important **d'éviter les fuites**.

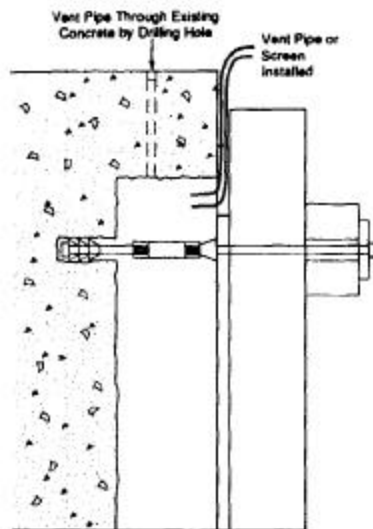


Fig 3.25 - Exemple de coffrage utilisé pour la technique du PAC  
 [tiré de Mailvaganam, N. P. *Repair and protection of concrete structures*, CRC Press, Boca Raton, USA, 473 p.]

- En général, on ajuste la granulométrie de manière à obtenir un **indice des vides compris entre 35% et 45% après consolidation** des granulats dans les coffrages.
  - Les granulats sont préalablement lavés pour enlever toutes les fines.
- Le coulis d'injection est constitué de ciment, de sable fin (rapport 1:6) d'eau, d'adjuvant et d'ajouts minéraux (cendres volantes, laitiers).
  - Les plus grosses particules de sable doivent être inférieures à 2 mm. **En général, on choisi des sables dont plus de 95% des particules sont inférieures à 1 mm.**
  - Les **sable naturels** (particules arrondies) donnent un coulis plus facilement pompable.
  - On peut utiliser des **agents de pompage** (*pumping aid*) pour diminuer les risques de ségrégation et faciliter la pénétrabilité et le pompage.
  - Ligne de pompage de 25 mm de diamètre (typique) avec recirculation.

- Utiliser une **vibration externe si nécessaire**.
- **Pour les applications sous l'eau il est nécessaire de pomper une plus grande quantité de coulis jusqu'à temps que le coulis évacué par les ports de sortie possède soit de bonne qualité (pas de lessivage).**
- Assurer un **bon mûrissement** dans le cas des réparations à l'air libre.
- Le **squelette granulaire continu** (tous les granulats sont directement en contact les uns contre les autres avant l'injection) fait en sorte que ce matériau de réparation possède un très **faible tassement** dans les coffrages et un **très faible retrait (séchage, endogène)**.
  - Retrait de séchage typique (granulat de 40 mm)
    - PAC: 200 - 400  $\mu\text{m}/\text{m}$
    - Béton conventionnel : 400 - 600  $\mu\text{m}/\text{m}$
- On peut fabriquer des bétons dont la résistance à la compression est comprise entre **15 MPa et 50 MPa**.
- Cette technique de réparation est surtout utilisée pour les **réparations sous l'eau**, pour les ouvrages de maçonnerie ou lorsqu'on souhaite **minimiser le retrait de séchage**.
  - Réparation sous l'eau
  - Réparation des face de barrages
  - Réparation de galerie de mines ou de tunnels
- Cette technique est particulièrement utile pour les travaux de réparations **difficiles d'accès**.

### 3.4.5 Application de mortier à la truelle

- On peut appliquer manuellement, à l'aide d'une truelle, des mortiers de réparation **spécialement conçus à cet effet** (Fig 3.26).

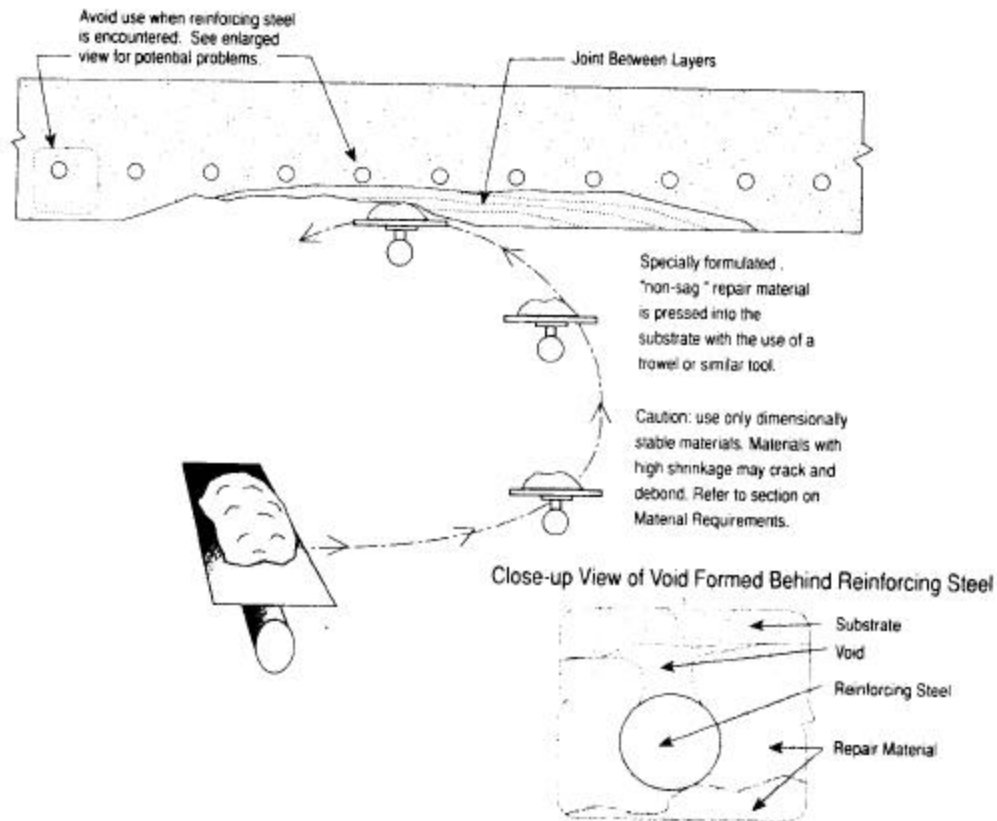


Fig 3.26 - Technique d'application d'un mortier à la truelle  
 [tiré de Emmons, P.H. *Concrete repair and maintenance illustrated*, R.S. Means Company, Kingston, Ma, 1994, 295 p.].

- **Cette technique ne doit pas être utilisée pour réparer des surfaces comportant des aciers d'armature.**
- Il existe de **nombreux produits commerciaux** spécialement formulés (consistance) pour être appliqués à la **verticale**, sur des **planchers** ou sur des **plafonds**.
  - On doit généralement appliquer ces mortiers en **couches de 25 mm ou moins** pour prévenir l'affaissement du matériau de réparation
  - On doit attendre que les premières couches soient **suffisamment rigides** avant d'appliquer une nouvelle couche.
  - Il peut être nécessaire de protéger le mortier contre **l'évaporation** lors des délais d'application des différentes couches.

- La finition de surface doit être effectuée en arasant le matériau de réparation avec un **mouvement qui va du centre vers le périmètre** de la surface à réparer (Fig 3.27).
  - Cette méthode permet d'améliorer la **qualité du contact** entre matériau de réparation et le vieux béton situé sur le périmètre de la zone à réparer.

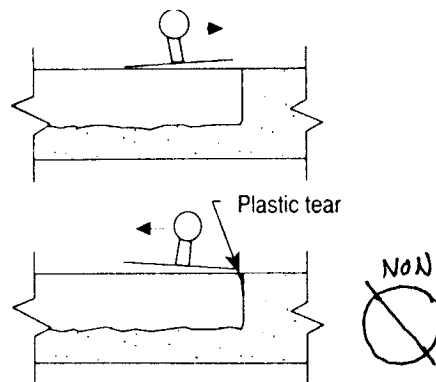


Fig 3.27 - Technique d'application d'un mortier à la truelle  
[tiré de Emmons, P.H. *Concrete repair and maintenance illustrated*, R.S. Means Company, Kingston, Ma, 1994, 295 p.]

### 3.4.6 Bétons projetés

- La mise en place du béton par projection permet **l'application rapide** du béton sur des **surfaces verticales ou horizontales** sans qu'il soit nécessaire d'utiliser des coffrages.
- Le béton projeté est de plus en plus utilisé pour **réparer des surfaces** de béton endommagées par des problèmes de corrosion.
- Le béton projeté est utilisé pour les **piscines** (voie sèche), les **recouvrements de tunnels** et les **réparations de surfaces** de béton détériorées (planes ou courbes) par des **problèmes de corrosion**.
  - **Pas de coffrage.**
  - Possibilité d'obtenir des **textures particulières.**
  - Technique avantageuse lorsque **l'accès est restreint** (pas de coffrage).
  - Peut être utilisé pour **stabiliser des pentes rocheuses.**

- **Une préqualification des opérateurs est souvent exigée.** Un opérateur expérimenté parvient à bien **éviter la formation de poche de sable** ou la formation de zone de faible compacité (Fig 3.28).

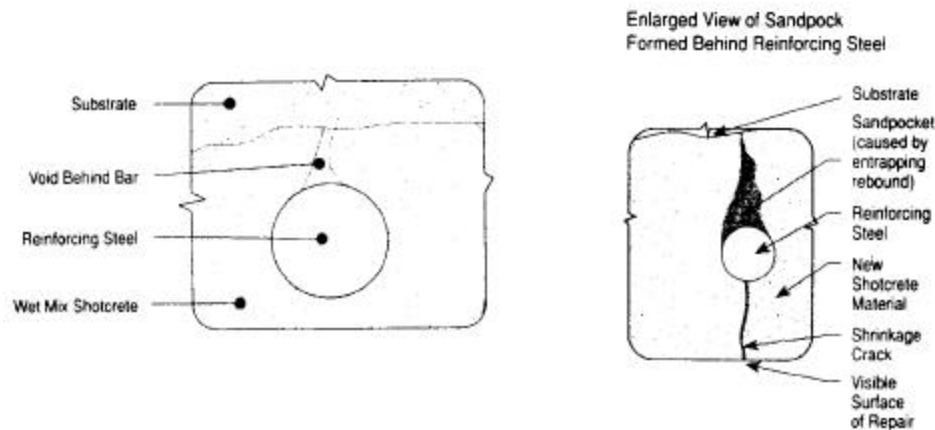


Fig 3.28 - Problèmes de compacité résultant d'une mauvaise technique de mise en place du béton projeté.  
[tiré de Emmons, P.-H.; *Concrete repair and maintenance illustrated*].

- **Les principaux problèmes qui peuvent survenir:**
  - **Mauvaise adhérence** avec le substrat
  - **Délaminations** aux joints de construction ou aux interfaces entre les couches.
  - **Mauvais remplissage derrière les barres d'armature.**
  - **Ségrégation**, poches de sable ou piégeage des rebonds
- Il existe deux principales techniques de projections:
  - Voie **sèche**
  - Voie **humide**
- Le rapport E/C des bétons mis en place par projection est généralement **compris entre 0,35 et 0,50** et les résistances à la compression sont généralement comprises entre **30 MPa et 40 MPa**.

- Un béton projeté de bonne qualité possède une **bonne adhérence** avec l'ancien béton, une **bonne résistance à la compression** et offre une **bonne protection (faible perméabilité)** contre la corrosion des aciers d'armature.
- On utilise généralement des **gros granulats** de **faible diamètre** (10 mm).
- On peut **améliorer** de nombreuses **propriétés** du béton projeté (durabilité, adhérence, réduction de la quantité de rebond) en utilisant des **adjuvants**, des **ajouts minéraux** ou des **fibres**.
  - Agent entraîneur d'air (durabilité au gel)
  - Accélérateur de prise (pour accélérer le taux de mise en place. Peut réduire la résistance à long terme)
  - Superplastifiant
  - Fumée de silice (meilleure adhérence, moins de rebond, taux de mise en place plus élevé)
  - Fibres (1% à 2% en volume)
  - Latex (meilleure adhérence, perméabilité plus faible)
- Pour obtenir des performances adéquates, il est essentiel d'effectuer une **bonne préparation de la surface**.
  - Enlever tout le béton détérioré.
  - Prévoir une profondeur d'au moins 25 mm.
  - Dégager les aciers d'armature d'au moins 25 mm.
  - Scier le périmètre de la zone à réparer.
  - Il n'est pas conseillé d'utiliser des agents de liaisonnement (latex, époxy) car leur application est généralement longue et fastidieuse (\$\$\$).

#### 3.4.6.1 Voie sèche

- Le **matériau sec est prédosé** (souvent volumétriquement) **et prémélangé**. Il est ensuite transporté dans des boyaux à l'aide d'un jet d'air comprimé. **L'eau n'est ajoutée qu'à l'extrémité de la lance** (Fig 3.29 et 3.30).

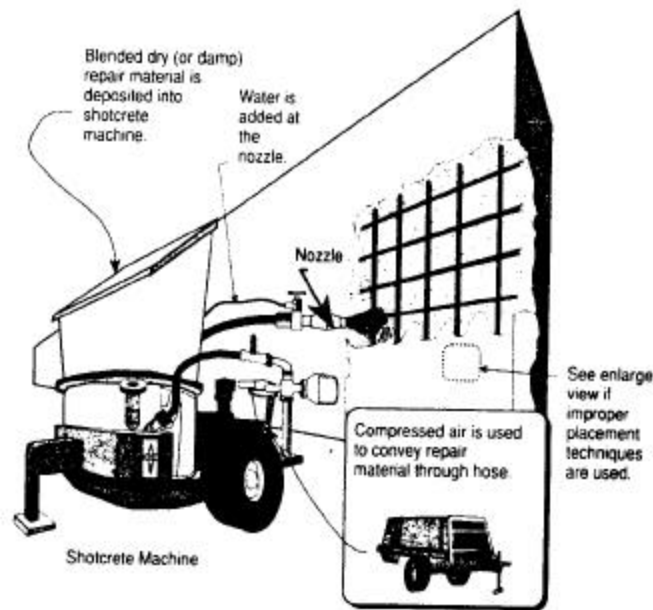


Fig 3.29 - Principe de projection du béton par voie sèche.  
 [tiré de Emmons, P.-H.; *Concrete repair and maintenance illustrated*].

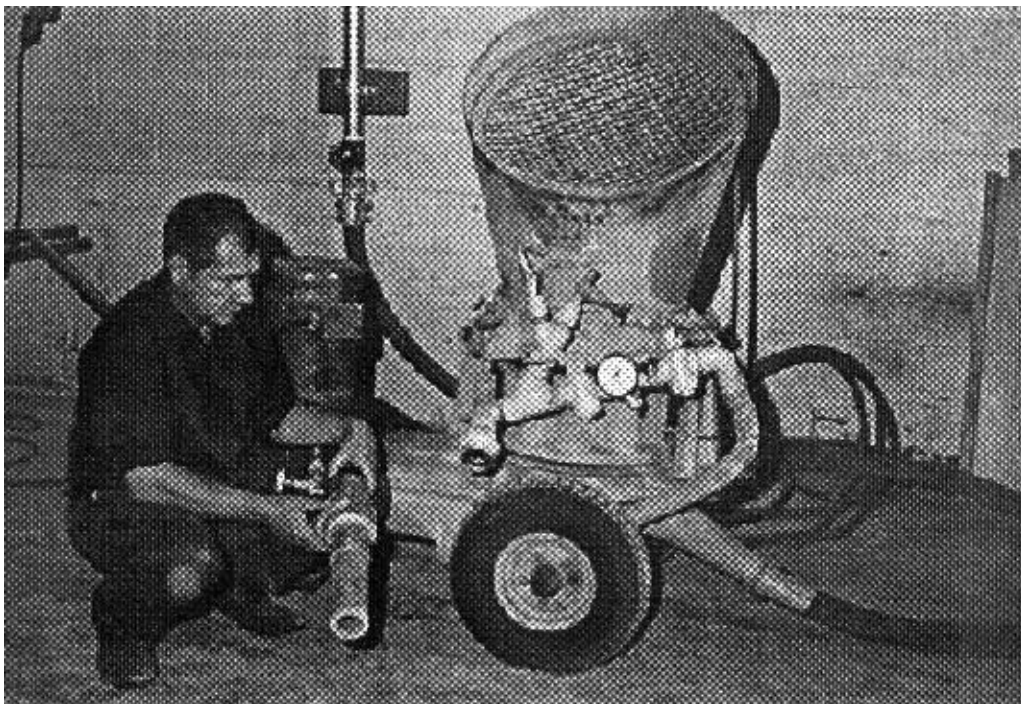


Fig 3.30 - Système de pompage par voie sèche.  
 [tiré de Smoak, W. G. 1996 *Guide to Concrete Repair*, United States Department of Interior, Bureau of Reclamation, Denver, 154 p.].

- **Avantages**

- Les boyaux sont plus **légers**.
- On peut **interrompre et redémarrer** les travaux plus rapidement car il n'est pas nécessaire de vider les boyaux pendant les arrêts.
- **Pas besoin d'une usine à béton à proximité.**
- Permet de fabriquer des bétons avec des **propriétés mécaniques plus élevées** (E/C plus faible).

- **Désavantages**

- Plus de **pertes** (jusqu'à 20%).
- Plus de bruit et de **poussière**
- Plus de **rebond**
- Béton **plus hétérogène**
- Taux **d'application plus faible**
- Plus difficile d'utiliser des fibres (plus de rebonds)
- **Contrôle du rapport E/C plus difficile**

- **Composition typique (par volume)**

- Liant: 20-25%
- E/C: 0,35 à 0,43
- Sable: 45-80%
- Pierre: 0-30%
- Fumée de silice: 8%-10% du liant

- Le **MTQ n'accepte que les mélanges prédosés** en bétonnière mobile ou les mélanges préensachés.
- On obtient une **meilleure homogénéité en préhumidifiant le mélange** (3% à 6%) avant de le pomper dans les boyaux. Cette étape permet aussi de diminuer la quantité de poussière et la quantité de rebonds.

### 3.4.6.2 Voie humide

- Un **béton conventionnel est simplement pompé dans les boyaux.**

- On peut utiliser une pompe à béton conventionnelle.
- Un **boyau d'air comprimé, connecté à l'extrémité du tuyau de pompe (buse)**, permet de projeter le béton sur les surfaces (Fig. 3.31 et 3,32).

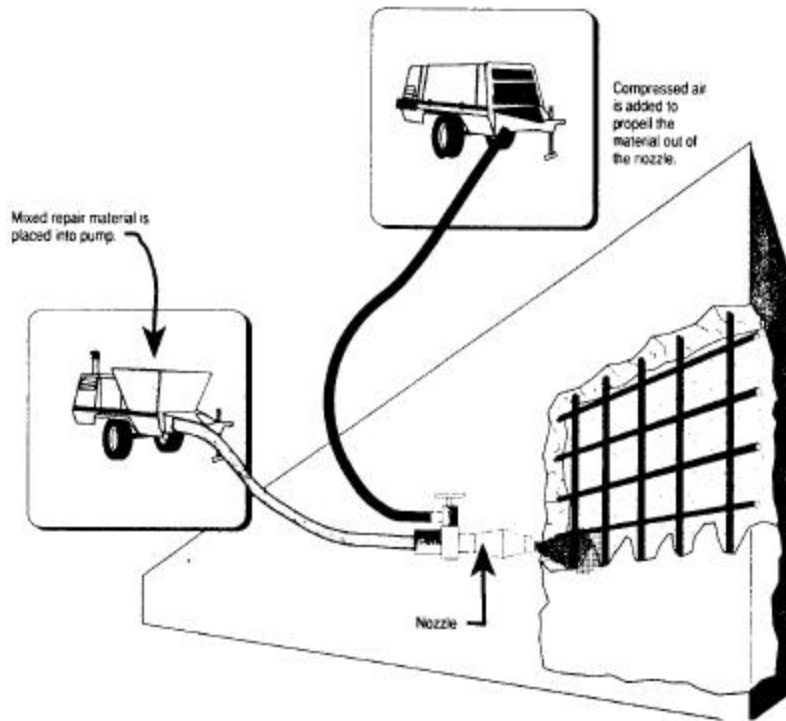


Fig 3.31 - Principe de projection du béton par voie humide.  
[tiré de Emmons, P.-H.; *Concrete repair and maintenance illustrated*].

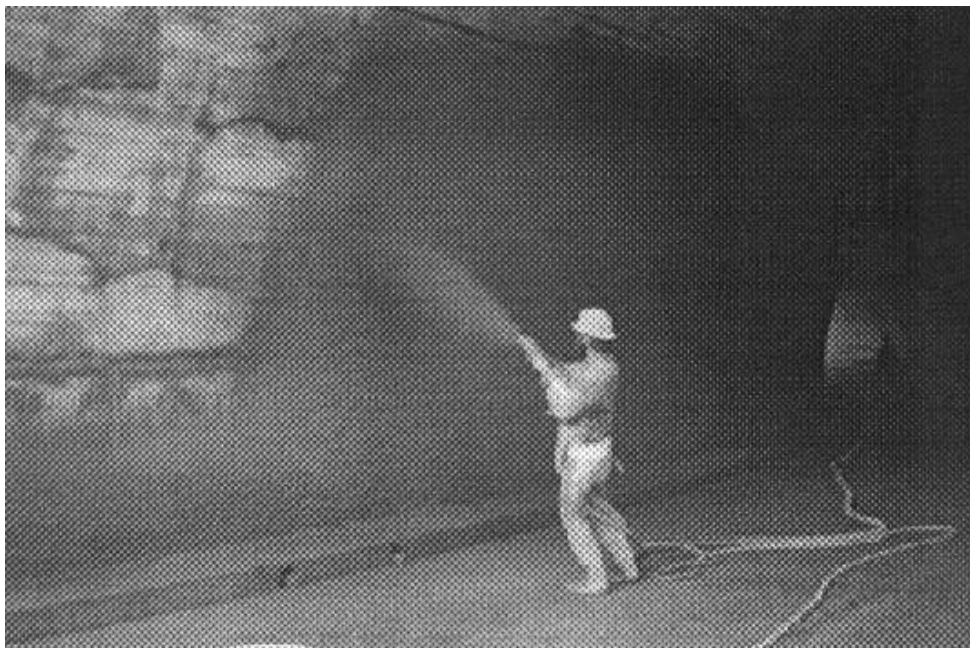


Fig 3.32 - Projection du béton par voie humide.

[[tiré de Smoak, W. G. 1996 *Guide to Concrete Repair*, United States Department of Interior, Bureau of Reclamation, Denver, 154 p.].

- On utilise un mélange de béton conventionnel avec un **affaissement le plus faible possible tout en permettant le pompage** (80-120 mm, généralement 50 mm).
  - **E/C max: 0,45**
  - Teneur en ciment d'environ 450 kg/m<sup>3</sup>
  - Air entraîné **8 à 10%** (à la sortie de la lance on peut difficilement obtenir plus de 5%).
  - La **fumée de silice facilite la mise en place** (meilleure adhérence, couches plus épaisses).
  - Un **accélérateur de prise** en généralement nécessaire.
- **Avantages**
  - Taux **d'application plus élevé.**
  - **Moins de poussière** et moins de perte (5%).
  - Moins de **rebond.**
  - Meilleur **contrôle du rapport E/C.**
  - **Meilleure homogénéité** du béton en place.
  - Possibilité **d'utiliser des fibres** (attention aux rebonds).
- **Désavantages**
  - Besoin d'une **usine de béton à proximité**
  - **Boyaux plus lourds**
  - **Arrêts - départs plus compliqués**
- Il y a toujours une certaine proportion de matériaux qui rebondissent lors de la projection. Les **principaux facteurs qui augmentent la proportion de rebonds** sont:
  - La projection par voie sèche.
  - Les projections au plafond.
  - Les angles de projection faibles.
  - Les zones fortement armées.

- L'application en couches trop minces.

### 3.4.6.3 Précautions particulières

- Certaines précautions sont nécessaires pour obtenir une réparation durable en béton projeté .
  - La **compétence de l'équipe de mise en place** est essentielle (pré qualification, inspecteurs expérimentés).
  - Le matériau doit être le plus **homogène** possible de manière à minimiser les rebonds (bon enrobage des granulats).
  - Il est important de bien **mûrir** les surfaces réparées pendant au moins 7 jours.
  - La **profondeur de la zone** à réparer doit être la plus constante possible. Les variations brusque de profondeur peuvent diminuer l'adhérence et favoriser les décollements.

### 3.4.7 Chapes minces

- Cette technique de réparation est généralement utilisée pour réparer des dalles ou des planchers endommagés par **abrasion** ou par des **problèmes de gel** (écaillage) **pas trop sévères**.
- On peut choisir d'appliquer une nouvelle épaisseur béton lorsqu'il n'est pas possible de remplacer complètement **l'ancien béton** et que celui-ci est **encore suffisamment résistant** pour supporter les sollicitations initialement prévues.
- Avant l'application d'une chape on doit choisir si celle-ci sera **adhérente ou non avec l'ancien béton**.
  - En présence de détériorations de surface uniquement (écaillage, usure) il est préférable d'utiliser une chape **adhérente**.
    - Épaisseur généralement comprise entre **25 mm et 75 mm**.

- **Tous les joints existants doivent être reproduits dans la nouvelle chape de béton.**

◦ Si les problèmes sont plus sévères (**fissuration, mouvements structuraux**), il est préférable d'utiliser une chape **non-adhérente** pour **éviter la réflexion des fissures** dans la nouvelle couche de béton.

- Épaisseur généralement **supérieure à 75 mm**.

- Il n'est pas toujours nécessaire de reproduire tous les joints de l'ancien ouvrage.

- On peut assurer le décohesionnement des deux couches par une couche de **sable**, de  **Pierre concassée**, une feuille de **plastique** ou une couche d'enrobé bitumineux.

• Les chapes minces peuvent être fabriquées avec plusieurs types de matériaux.

◦ Béton conventionnel

◦ Béton modifié au latex

◦ Béton avec polymères

◦ Béton avec fibres

◦ Produits commerciaux spécialement conçus pour résister à sollicitations industrielles très sévères (acides, abrasion, huiles, etc).

• Dans le cas des **chapes adhérentes**, une **bonne préparation de surface est essentielle**.

• Les produits à base de ciment Portland requièrent une **cure humide de très bonne qualité** pour minimiser les problèmes de fissuration dus au retrait empêché.

• L'utilisation de **fibres** peut s'avérer très efficace pour contrôler la fissuration.