

# Tirants traversants sur ouvrage d'art en maçonnerie



## Présentation

**Les tirants d'enserrement sont utilisés pour réparer des déformations massives de la structure des ouvrages en maçonnerie.**

Ce type de réparation est destiné à limiter les déplacements de tout ou partie d'ouvrages, à empêcher l'ouverture de fissures, ou à solidariser différents éléments d'une structure en maçonnerie.

Ces réparations font appel à différentes armatures passives ou actives qui peuvent être laissées libres ou qui sont scellées partiellement ou totalement dans la maçonnerie

Les tirants passifs sont des boulons munis de deux têtes d'ancrage avec plaques de répartition et les tirants actifs sont des armatures de précontrainte.



## Recommandations

### Modes opératoires

Pour rétablir la liaison bandeau/douelle, les tirants sont placés dans des forages traversants réalisés à mi-hauteur du bandeau ; dans le cas de réparation de murs de tête déversés, les tirants sont répartis sur les murs tympans, les forages sont alors partiellement réalisés dans le remblai.

#### ● La réalisation d'un tirant comprend les opérations suivantes (FABEM 6.3 - chapitre 4.6.3) :

##### ➔ Travaux préparatoires :

- mise en place d'une plateforme de travail ;
- dévégétalisation, nettoyage ou préparation de surfaces nécessaires ;
- décaissement partiel ou total du matériau de remplissage en vue de son remplacement, si cette opération est prévue au marché. Cette opération peut faciliter la réalisation des tirants d'enserrement mis en place pendant la phase de remblaiement ;
- réalisation éventuelle des injections de confortement de la maçonnerie, qu'il est préférable de consolider avant la réalisation des forages ;
- implantation des forages ;
- amenée, préparation et réglage des matériels de forage, de mise en tension et d'injection ;
- réalisation des épreuves de convenance prévues au marché et dans la procédure d'exécution.

##### ➔ Forage :

La méthode de forage du trou (roto-percussion ou carottage) est choisie en fonction de la nature et de la qualité du matériau à perforer (FABEM 6.3 chapitre 4.5).

##### ➔ Matériel :

La roto-percussion avec marteau hors trou ou fond de trou peut être utilisée lorsque la maçonnerie est suffisamment stable et homogène. La sortie de l'outil en fin de forage est toujours délicate, il faut diminuer fortement la pression sur l'outil pour éviter la création d'éclatements en forme de cônes.

Le carottage, plus lent et plus onéreux, est recommandé lorsque le forage doit s'effectuer au travers d'une maçonnerie relativement fragilisée.

Le forage peut être équipé d'un tubage plastique ou métallique, si nécessaire (protection contre la corrosion ou tenue du forage avant équipement).

##### ➔ Mise en place du tirant :

Les tirants passifs sont, le plus souvent, des tiges métalliques filetées aux deux extrémités, munies de deux têtes d'ancrage avec plaques de répartition.

Ils sont légèrement tendus pour que leurs têtes d'ancrage soient correctement plaquées sur la maçonnerie.

Les tirants actifs sont des armatures de précontrainte sous forme de torons, câbles ou de barres. Ils exercent leur fonction de renfort dès qu'ils sont mis en place et mis en tension.

L'estimation des poussées exercées par les terres et les charges roulantes permet d'évaluer les efforts à reprendre et donc de dimensionner les tirants d'enserrement à mettre en place.

## Recommandations

La protection contre la corrosion peut être améliorée par l'utilisation d'armatures en acier galvanisées ou en d'acier inoxydable ; les matériaux composites peuvent aussi être envisagés.

### ➔ Mise en place des deux têtes d'ancrage :

Les plaques de répartition qui doivent équilibrer les efforts lors de la mise en tension peuvent être métalliques, mais traitées contre la corrosion ou inaltérables, en béton armé ou, mieux pour la durabilité, en BFUP.

Il est nécessaire de caler les dispositifs d'ancrage des tirants d'enserrement sur la maçonnerie de façon à répartir uniformément les contraintes exercées sur celle-ci et éviter les éclatements et les épaufrures...

### ➔ Serrage (mise en traction) manuel ou mécanique du tirant :

- légère tension pour mise en contact des plaques d'appui pour les tirants passifs qui seront sollicités lors de mouvements ultérieurs de la maçonnerie ;
- mise en tension aux valeurs prévues au marché pour les tirants actifs.

La mise en tension des armatures de précontrainte doit être effectuée au moyen de vérins, en respectant les dispositions de la procédure de mise en tension, qui doit respecter les dispositions de l'agrément technique européen, celles du fascicule 65 du CCTG et les exigences particulières du marché.

### ➔ L'injection a deux objectifs principaux :

La protection contre la corrosion et le scellement de l'armature dans la maçonnerie. Par ailleurs, elle peut également permettre un renforcement par régénération partielle du corps de maçonnerie.

En fonction des exigences du marché, les tirants actifs sont protégés par une gaine étanche injectée au coulis de ciment ou à la cire pétrolière.

### ➔ Cachetage éventuel de la tête d'ancrage :

Si, pour des raisons esthétiques imposées par le marché, les plaques d'ancrages doivent être dissimulées, il faut procéder au creusement des engravures nécessaires à cette implantation.

Les niches sont rebouchées, soit par une plaque de pierre posée à bain de mortier, soit par un micro-béton pouvant être armé par des aciers inoxydables scellés dans la maçonnerie. Pour des raisons d'aspect, il est souhaitable que ce mortier se fonde dans la maçonnerie existante.

## Recommandations

### Points importants

Avant toute réparation, il est impératif de connaître la cause des désordres constatés.

En effet, les déformations massives de l'ouvrage peuvent avoir comme origine une altération des terrains de fondation, une altération massive des parties enterrées ou immergées de l'ouvrage, une rupture des pieux, un glissement de terrain... Il est bien évident que ces altérations doivent être réparées avant toute intervention définitive sur la structure.

La déviation de l'outil entre le point d'entrée et de sortie doit être minimale (centimétrique).

Il appartient au marché de fixer les tolérances d'exécution et de prévoir un essai de convenance pour tester le matériel. Le matériel de forage, sauf disposition contraire du marché, est proposé par l'entrepreneur à l'acceptation du maître d'œuvre, qui a lieu après un essai de convenance.

#### Corrosion :

la maçonnerie a une durée de vie beaucoup plus importante que celle des autres matériaux de construction (le béton et l'acier). Il est donc nécessaire que les produits et matériaux utilisés lors des réparations et/ou renforcement aient une durée de vie adaptée à celle de la maçonnerie.

Il est donc conseillé, au minimum, d'utiliser des armatures traitées contre la corrosion, sous réserve qu'elles soient facilement remplaçables (non scellées ou protégées par un produit souple). Si ce n'est pas le cas, il est préférable d'avoir recours à des armatures non

corrodables (armatures composites [résines fibrées], armatures en aciers inoxydables de composition adaptée...). Ce choix relève du maître d'ouvrage.

Pour les armatures métalliques, les recommandations TA 95 et Clouterre définissent les diverses solutions de protections à mettre en œuvre.

Il est nécessaire de répartir les efforts sur la totalité de la surface du bandeau ou du tympan en multipliant le nombre des tirants (par exemple, un tirant tous les trois voussoirs pour un bandeau) et/ou en augmentant la surface des plaques d'ancrage sous forme de croix de Saint-André... Il faut aussi placer le tirant au centre de gravité des voussoirs et non sur un joint.

Il est conseillé d'utiliser préférentiellement des armatures passives. En effet, les unités de précontrainte exercent des efforts concentrés importants, que la maçonnerie, hétérogène et fissurée, peut avoir des difficultés à absorber. De plus, l'évolution dans le temps des déformations par fluage de la maçonnerie est difficilement quantifiable et maîtrisable.

### Normes

Recommandations TA 86, TA 95 et norme NF EN 1537 - NF EN 10080 : *Aciers pour l'armature du béton (voir FAB 6.3 chapitre 4.4.6).*

**Tirants traversants** sur ouvrage d'art en maçonnerie

**Proposition de plan de contrôle**

| Phases      | Points de contrôle  | Moyens de contrôle   |
|-------------|---|--|
| Préparation | Respect des axes de forage - Absence de déviation - Précision de la sortie  | Essai de convenance du matériel et de l'outillage - Tirant d'essai   |
| Préparation | Respect de l'intégrité de la maçonnerie - Validation du type de forage et puissance du matériel compatible avec la résistance de la maçonnerie de l'ouvrage | Surveillance de l'ouvrage pendant l'essai de convenance : pas de détérioration de la maçonnerie notamment en entrée et sortie de forage  |
| Préparation | Contrôle de l'état de la maçonnerie   | Examen endoscopique du forage d'essai  |
| Travaux     | Implantation des forages - Déviation des forages  | Conformité aux plans d'exécution - Contrôle de l'implantation des points d'entrée au centre des voussoirs et des sorties avec le minimum de déviation                                  |
| Travaux     | Déviation des forages   | Relevé des points de sortie.   |
| Travaux     | Nature et qualité des aciers  | Bons de livraison conformes aux indications des plans d'exécution  |
| Travaux     | Qualité de l'injection  | Contrôle des quantités injectées - Contrôle des résurgences aux événements - Contrôles sur coulis d'injection - Sur chantier, contrôle densité viscosité - En labo, RC sur éprouvettes |
| Travaux     | Tirants actifs : conformité de la mise en tension   | Relevé des mesures sur chaque tirant : courbe efforts/déformations   |
| Travaux     | Centrage des tirants dans le forage   | Contrôle de la présence de dispositifs de centrage - Réalisation éventuelle d'évents le long du forage pour contrôle visuel  |
| Travaux     | Protection contre la corrosion des barres et câbles   | Contrôle visuel des enrobages de part et d'autre   |
| Travaux     | Protection contre la corrosion des têtes d'appui  | Contrôle visuel peinture -Injection capots...  |
| Travaux     | Contact des plaques d'appui sur la maçonnerie   | Contrôle visuel des rattrapages des inégalités de surface de la maçonnerie au mortier  |
| Réception   | Conformité des travaux  | Contrôle visuel de l'aspect général de l'ouvrage renforcé - Contrôles de l'absence d'évolution des fissures  |