



# GUIDE

POUR  
LA RESTAURATION DES  
MAÇONNERIES

PARTIE 4B

## ▶▶▶ RESTAURATION DES MATÉRIAUX DE FAÇADE (SUITE)



**CSTC** 2006

## GUIDE POUR LA RESTAURATION DES MAÇONNERIES

## PARTIE 4B RESTAURATION DES MATÉRIAUX DE FAÇADE (SUITE)

<b>Procédure 157</b>	Mortiers de ragréage .....	2
<b>Procédure 158</b>	Mortiers de ragréage minéraux et à base de résines .....	4
<b>Procédure 159</b>	Examen complémentaire avant ragréage .....	5
<b>Procédure 160</b>	Choix d'un mortier de ragréage .....	6
<b>Procédure 161</b>	Essai de restauration à l'aide d'un mortier de ragréage .....	9
<b>Procédure 162</b>	Restauration de matériaux pierreux à l'aide d'un mortier de ragréage .....	10
<b>Procédure 163</b>	Evaluation d'un ragréage .....	12
<b>Procédure 164</b>	Essai d'adhérence .....	15
<b>Procédure 165</b>	Remplacement des matériaux pierreux .....	17
<b>Procédure 166</b>	Remplacement partiel d'une pierre naturelle .....	18
<b>Procédure 167</b>	Choix d'une pierre naturelle de remplacement .....	20
<b>Procédure 168</b>	Façonnage de la pierre de remplacement .....	22
<b>Procédure 169</b>	Remplacement de briques ou de blocs entiers de pierres naturelles .....	23
<b>Procédure 170</b>	Choix de la brique de remplacement .....	24
<b>Procédure 171</b>	Composition du mortier .....	26
<b>Procédure 172</b>	Démontage et remontage d'un élément de construction .....	28
<b>Procédure 173</b>	Démontage et entreposage .....	29
<b>Procédure 174</b>	Mise en œuvre de nouveaux matériaux et remontage d'éléments de façade .....	30
<b>Procédure 175</b>	Scellements et joints coulés au plomb .....	31
<b>Procédure 176</b>	Evaluation du remplacement de matériaux pierreux .....	33
<b>Procédure 177</b>	Rejointoiement .....	34
<b>Procédure 178</b>	Dégagement des joints endommagés ou altérés (déjointoiement) .....	36
<b>Procédure 179</b>	Remplissage et serrage des joints .....	37
<b>Procédure 180</b>	Types de joints .....	38
<b>Procédure 181</b>	Evaluation du rejointoiement .....	39
<b>Procédure 182</b>	Evaluation d'une restauration de matériaux de façade .....	41



CSTC 2006

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE  
DE LA CONSTRUCTIONEtablissement reconnu en application  
de l'arrêté-loi du 30 janvier 1947.La reproduction ou la traduction,  
même partielles, des textes de la pré-  
sente publication n'est autorisée  
qu'avec le consentement écrit de l'édi-  
teur responsable.

## MORTIERS DE RAGRÉAGE

### 1. CONTEXTE

L'altération et la dégradation mécanique en façade, principalement sur des parties très exposées, peuvent parfois entraîner une perte importante de matériau et de profil : arêtes érodées, pierres effritées, désagrégation profonde. En cas de perte importante de matériau, le profil d'origine peut être reconstitué à l'aide d'un mortier de ragréage.

#### ■ Définition

Le terme "mortier de ragréage" renvoie à une composition spéciale de mortier utilisée pour la restauration de pierres naturelles ou de briques afin de retrouver le profil initial.

Ce genre de mortier peut fortement varier par rapport à un mortier de maçonnerie ou de jointoiement normal. La composition est conçue afin d'imiter la couleur, la structure et les propriétés mécaniques et physiques du matériau d'origine.

Différents mélanges prédosés à base de granulats pierreux et d'un liant adapté sont disponibles dans le commerce ([procédure 158](#) : mortiers de ragréage minéraux et à base de résines). Le choix du mortier de ragréage ([procédure 160](#) : choix d'un mortier de ragréage) s'effectue sur la base du matériau à restaurer. Pour ce faire, on tient principalement compte des caractéristiques qui déterminent l'aspect et la durabilité.

La restauration de matériaux pierreux à l'aide de mortiers de ragréage fait partie intégrante de la [procédure 139](#) : réalisation des travaux de restauration des matériaux en façade. Cette technique est surtout utilisée pour la pierre naturelle, mais il est également possible de ragréer les briques.

#### ■ Zone d'application

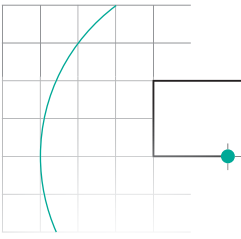
L'application de mortiers de ragréage reste généralement limitée aux endroits où la perte de matériau est relativement grande et où l'esthétique revêt une certaine importance. Il s'agit bien souvent d'éléments profilés ou finement travaillés : bandeaux, consoles, balustres, moulures, ...

Lorsque la détérioration ou l'altération est peu profonde et limitée, on n'utilise généralement pas de mortiers de ragréage et on se contente de procéder à une consolidation locale ([procédure 140](#) : consolidation des matériaux pierreux).

En effet, les mortiers de ragréage sont en général peu adaptés aux travaux de surface. Pour la plupart des mortiers de ragréage, le fabricant prescrit une épaisseur de couche minimale, qui s'élève généralement à 10 mm en cas de mortiers minéraux. Afin de procéder à des restaurations peu profondes, il importerait donc d'éliminer des matériaux sains. De plus, étant donné que le mortier de ragréage ne présente jamais tout à fait la même couleur que le matériau d'origine avoisinant, des restaurations de petite envergure peuvent engendrer plus de désagréments esthétiques que de petites dégradations.

Parfois, un choix devra être opéré entre l'utilisation d'un mortier de ragréage ou le remplacement d'éléments manquants ou fortement détériorés ([procédure 166](#) : remplacement partiel d'une pierre naturelle).





## 2. DESCRIPTION

La restauration de matériaux pierreux à l'aide de mortiers de ragréage repose sur les procédures suivantes :

- **procédure 159** : examen complémentaire avant ragréage. Il s'agit de l'examen spécifique à cette intervention, y compris le choix du mortier
- **procédure 162** : restauration de matériaux pierreux à l'aide d'un mortier de ragréage
- **procédure 163** : évaluation d'un ragréage.

## 3. OBJECTIFS

La restauration de matériaux pierreux à l'aide de mortiers de ragréage constitue un traitement curatif qui vise principalement l'esthétique : le matériau et le profil endommagés sont restaurés.

A cet effet, un matériau neuf sera rajouté. Dans la mesure ou cet ajout de matériau protège le support sous-jacent, il empêche aussi l'altération ultérieure de celui-ci.

## 4. RESTRICTIONS

L'aspect d'une restauration correctement exécutée à l'aide d'un mortier de ragréage se rapproche de la couleur et de la texture superficielle du matériau d'origine, même si la concordance n'est généralement pas parfaite.

Tant la pierre naturelle que la brique constituent des matériaux hétérogènes : on ne rencontrera pas deux blocs ou pierres complètement identiques. Dans la pratique, il n'est pas possible d'adapter à chaque endroit la composition du mortier de ragréage au bloc ou à la pierre à restaurer. Une telle adaptation n'est en outre pas souhaitable : une modification de la composition peut en effet entraîner un changement des propriétés mécaniques ou physiques du mortier de ragréage.

De plus, il est inévitable que le mortier de ragréage vieillisse différemment du matériau d'origine et prenne une autre coloration en cas d'humidification.

Enfin, certaines propriétés physiques ou mécaniques peuvent être moins favorables selon le mortier de ragréage utilisé. Il importe d'en tenir compte lors du choix du mortier de ragréage (**procédure 160** : choix d'un mortier de ragréage) et de l'exécution de la restauration (**procédure 162** : restauration de matériaux pierreux à l'aide d'un mortier de ragréage).

## 5. REMARQUES

Les propriétés mécaniques et physiques du mortier de ragréage devraient se rapprocher le plus possible de celles du matériau d'origine. Ceci vaut également en ce qui concerne la dureté, qui sera de préférence légèrement inférieure à celle du matériau sous-jacent.

En outre, l'élément restauré devrait idéalement se salir, vieillir et s'altérer de la même manière que le support. Il s'agit là d'un objectif extrêmement difficile à atteindre.

Il importe de toujours appliquer le mortier de ragréage sur un support sain.

# MORTIERS DE RAGRÉAGE MINÉRAUX ET À BASE DE RÉSINES

## 1. CONTEXTE

Les mortiers de ragréage sont utilisés dans la restauration de matériaux pierreux endommagés ou altérés ([procédure 139](#) : réalisation des travaux de restauration des matériaux en façade), en particulier aux endroits où la perte de matériau est sensible et l'esthétique importante. Les mortiers de ragréage se composent de granulats pierreux et d'un liant adapté.

## 2. DESCRIPTION

Il existe différents mélanges prédosés à base de liant minéral ou résineux.

### ■ Mortiers de ragréage à base de liant minéral

Pour la finition de pierres et de briques poreuses, on utilise généralement des mortiers de ragréage minéraux car ceux-ci présentent une structure de surface plus grenue et mieux adaptée aux matériaux précités.

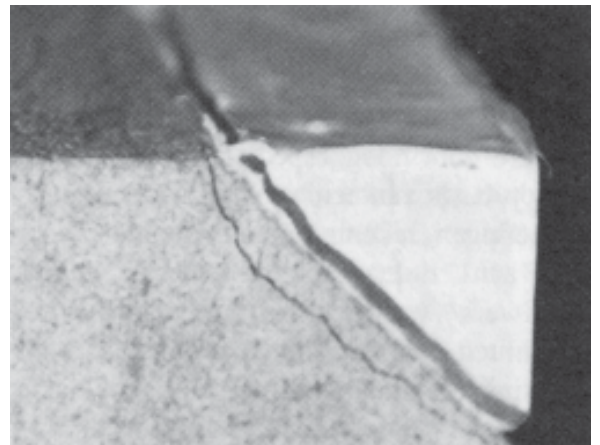
Les mortiers à l'oxyde de zinc sont faciles à travailler et sont donc couramment utilisés dans notre pays. Pour des travaux longs et complexes, comme par exemple la restauration d'une sculpture, on privilégie l'utilisation de mortiers calcaires qui sèchent beaucoup moins vite que les mortiers à l'oxyde de zinc. A l'étranger, des compositions à base de chaux ou de mélanges de chaux et de ciment sont régulièrement prescrites.

En règle générale, les propriétés hygriques et le coefficient de dilatation thermique des mortiers de ragréage à base d'un liant minéral sont comparables à ceux de matériaux pierreux. La couleur d'un tel mortier est généralement stable dans le temps. Certains mortiers de ragréage à base d'un liant minéral peuvent présenter un manque d'adhérence ou un retrait de durcissement sensible. A terme, cela peut entraîner l'apparition de fissures entre le mortier et le support. Il semblerait aussi que la résistance à l'alternance de cycles de gel/dégel soit parfois limitée. Cette propriété est aussi influencée par la granulométrie des charges pierreuses utilisées.

### ■ Mortiers de ragréage composés d'un liant résineux

Les mortiers de ragréage à base de résines présentent une bonne adhérence, des propriétés mécaniques importantes et une résistance élevée à l'alternance des cycles de gel/dégel. Comme la texture de surface est relativement fermée, ils sont surtout adaptés à la restauration de matériaux compacts, tels que la pierre bleue calcaire, le marbre, le granite, ...

Le module d'élasticité du mortier de ragréage peut varier sensiblement selon la nature de la résine utilisée (acrylique, époxyde, polyester, ...) et la composition exacte du mélange.



Les propriétés hygriques et thermiques d'un mortier de ragréage à base de liant résineux peuvent être très différentes de celles du support. Le coefficient de dilatation thermique est jusqu'à dix fois plus important que celui du support. Etant donné l'adhérence généralement élevée de ces mortiers, les contraintes thermiques peuvent générer des fissures dans la pierre sous-jacente (voir illustration).

Certaines résines ne sont pas résistantes aux rayons ultraviolets et jaunissent sous l'influence des conditions atmosphériques.





## EXAMEN COMPLÉMENTAIRE AVANT RAGRÉAGE

### 1. CONTEXTE

L'examen préalable complémentaire est réalisé avant la restauration proprement dite des matériaux pierreux et concerne aussi bien le support que le choix du mortier de ragréage.

### 2. DESCRIPTION

La nature et l'état d'altération du support sont étudiés durant l'examen préalable à la restauration des matériaux de façade dans son ensemble ([procédure 128](#) : examen technique préalable des matériaux). Sur la base des résultats obtenus, on décidera en effet des éléments qui seront restaurés à l'aide d'un mortier de ragréage.

Après cet examen, on dispose en général d'une connaissance suffisante du support. Cependant, si les matériaux rencontrés n'ont pas pu être identifiés avec précision, il peut s'avérer utile de procéder à une telle identification ([procédure 131](#) : nature et état des pierres naturelles) avant toute application d'un mortier de ragréage.

Durant l'examen complémentaire, l'attention se portera toutefois principalement sur les propriétés du mortier de ragréage ([procédure 160](#) : choix d'un mortier de ragréage).

Comme pour tous travaux de rénovation, un essai préalable ([procédure 161](#) : essai de restauration à l'aide d'un mortier de ragréage) s'avère aussi extrêmement utile avant l'application de mortiers de ragréage. Un tel essai permet de comparer l'aspect de la réparation, aussi bien à l'état sec qu'après humidification, par rapport au matériau non restauré et d'évaluer l'adhérence au support.

### 3. OBJECTIFS

Plus l'examen est minutieux, plus il sera possible de déterminer avec précision l'effet de la restauration à l'aide de mortiers de ragréage en tant que telle.

### 4. RESTRICTIONS

Un examen préalable revêt toujours un caractère limité et il importe d'en tenir compte lors de l'interprétation des résultats.



## CHOIX D'UN MORTIER DE RAGRÉAGE

### 1. CONTEXTE

Il importe de choisir une composition de mortier adaptée avant de procéder à la restauration à l'aide d'un mortier de ragréage. Cette procédure fait partie intégrante de l'examen complémentaire ([procédure 159](#) : examen complémentaire avant ragréage).

### 2. DESCRIPTION

Pour la restauration de matériaux pierreux, on peut faire usage de mortiers de ragréage minéraux ou à base de résines ([procédure 158](#) : mortiers de ragréage minéraux et à base de résines). Au moment du choix, on tiendra principalement compte des propriétés qui influencent l'aspect, les caractéristiques physico-mécaniques et la durabilité de la restauration.

#### ■ Propriétés déterminantes

Les principales propriétés esthétiques sont les suivantes :

- la couleur  
La couleur du mortier de ragréage après durcissement est comparée à celle du matériau d'origine à l'état sec. En règle générale, on évalue la couleur uniquement de façon visuelle, même si parfois une mesure de couleur peut être réalisée ([procédure 146](#) : mesure de la couleur (colorimétrie))
- la structure de surface  
La structure de surface du mortier de ragréage après durcissement est comparée à celle du matériau d'origine à l'état sec. On ne procède généralement qu'à une évaluation visuelle de la structure de surface
- la brillance  
La brillance du mortier de ragréage après durcissement est comparée à celle du matériau d'origine à l'état sec. En règle générale, on ne procède qu'à une évaluation visuelle de la brillance et parfois aussi à une mesure de celle-ci ([procédure 147](#) : mesure de la brillance). Ce sont surtout les mortiers résineux qui peuvent présenter une certaine brillance.

Les propriétés mentionnées ci-dessus peuvent être étudiées en laboratoire dans le cadre d'une analyse permettant l'élaboration d'un procès-verbal.

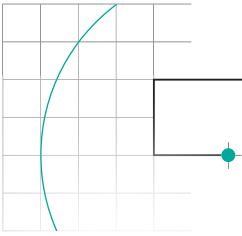
Toutefois, l'aspect peut aussi être évalué sur une zone d'essai ([procédure 161](#) : essai de restauration à l'aide d'un mortier de ragréage) ou sur un petit échantillon du mortier de ragréage concerné appliqué sur une pierre représentative et conservé sur le chantier.

Les principales propriétés physiques sont les suivantes :

- le coefficient de dilatation thermique  
Les mortiers à base de résines possèdent souvent un coefficient de dilatation thermique sensiblement plus élevé que celui du support
- le retrait de durcissement  
Ce sont surtout certains mortiers minéraux qui peuvent présenter un important retrait de durcissement
- l'ascension capillaire et la vitesse de séchage  
L'ascension capillaire et la vitesse de séchage ([procédure 148](#) : vitesse de séchage) sont déterminées sur l'ensemble support/mortier de ragréage.

La principale propriété mécanique est la suivante :

- l'adhérence  
Certains mortiers minéraux présentent une faible adhérence au support.



Les principales propriétés qui déterminent la durabilité sont les suivantes :

- la teneur en sels solubles  
La teneur en sels solubles d'un mortier de ragréage est déterminée avant et après une pluie artificielle
- la résistance à l'alternance de cycles de gel/dégel  
Certains mortiers minéraux sont sensibles au gel
- La résistance aux chocs thermiques  
Etant donné que le coefficient de dilatation thermique de la plupart des mortiers à base de résines est sensiblement plus élevé que celui du support, les chocs thermiques peuvent entraîner des dégâts, sauf si le mortier de ragréage est suffisamment souple
- la résistance aux rayons ultraviolets  
Certains mortiers à base de résines sont sensibles aux rayons ultraviolets. Le jaunissement qui en découle constitue un désavantage. Par contre, la disparition de la résine au niveau de la couche superficielle amène une structure plus grenue, des granulats plus visibles et un aspect plus "minéral", ce qui est généralement considéré comme un avantage.

#### ■ Choix sur la base de procès-verbaux ou de fiches techniques

Pour un certain nombre de mortiers de ragréage, il existe des procès-verbaux mentionnant les principales propriétés citées ci-avant. Dans les autres cas, on se basera sur les renseignements fournis dans les fiches techniques du fabricant.

### 3. OBJECTIFS

Le choix d'un mortier de ragréage adéquat contribue à une restauration des matériaux pierreux durable et acceptable d'un point de vue esthétique.

### 4. RESTRICTIONS

On arrive généralement à obtenir une couleur et une structure de surface relativement proches de celles du matériau d'origine à l'aide d'un mortier de ragréage approprié. Toutefois, la concordance est rarement parfaite.

La pierre et la brique constituent toutes deux des matériaux hétérogènes : on ne rencontre jamais deux blocs ou pierres complètement identiques. Dans la pratique, il est impossible d'adapter la composition du mortier de ragréage au bloc ou à la pierre à restaurer à chaque endroit.

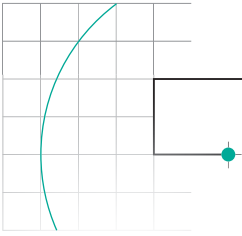
En règle générale, on utilise un type de mortier de ragréage par sorte de pierre rencontrée. Il existe parfois deux variantes (par exemple une "légère" et une "sombre") pour chaque sorte de pierre et celles-ci sont mélangées dans des proportions différentes suivant l'endroit. Il est encore possible d'ajouter sur place des pigments aux mortiers de ragréage.

L'ajout sur chantier comporte toutefois un désavantage de taille : toute modification de la composition peut aussi entraîner un changement des propriétés du mortier de ragréage.

Si la différence de teinte entre le mortier de ragréage et le matériau d'origine est trop importante, on peut retoucher la couleur du mortier de ragréage localement à l'aide d'un système minéral adapté, un silicate d'éthyle pigmenté ou une lasure silicatée.

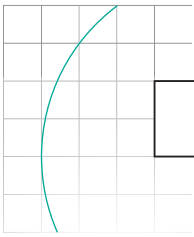
Cependant, il n'est en général pas possible d'obtenir une similitude parfaite de la couleur. De plus, l'humidité entraîne des variations d'aspect du mortier de ragréage différentes de celles du matériau d'origine et, au fil du temps, le mortier de ragréage se salira, vieillira (se patinera) et s'altérera inévitablement de manière différente par rapport au matériau d'origine.





## 5. REMARQUES

Si l'on utilise des procès-verbaux pour le choix du mortier, il faudra être attentif lors de l'interprétation des résultats. Lorsque la composition du mortier a été adaptée à la couleur et à la structure de surface du support existant, les propriétés du mortier peuvent varier de celles mentionnées dans le procès-verbal.



## ESSAI DE RESTAURATION À L'AIDE D'UN MORTIER DE RAGRÉAGE

### 1. CONTEXTE

Dans le cadre de l'examen complémentaire ([procédure 159](#) : examen complémentaire avant ragréage), on peut effectuer un essai préalable à l'exécution de restaurations à l'aide d'un mortier de ragréage ([procédure 162](#) : restauration de matériaux pierreux à l'aide d'un mortier de ragréage) sur une ou plusieurs surfaces représentatives de dimensions limitées. Ceci peut s'avérer utile afin d'évaluer d'éventuelles différences de couleur ou de texture superficielle entre les éléments rajoutés et le matériau d'origine et limiter ainsi les risques de contestations ultérieures.

En règle générale, on effectue des essais de restauration uniquement à l'aide du mortier de ragréage préalablement choisi et prescrit ([procédure 160](#) : choix d'un mortier de ragréage). Pour les projets de restauration de grande envergure, des essais peuvent être effectués avant la rédaction du cahier des charges à l'aide de différentes compositions. Le résultat des essais joue alors un rôle dans le choix d'une composition bien déterminée.

### 2. DESCRIPTION

Les essais sont effectués sur des échantillons de dimensions limitées. Les zones d'essai sont choisies de façon à ce qu'elles soient représentatives des matériaux à ragréer. Dans la mesure du possible, on accordera la préférence à des zones non directement visibles et faciles d'accès.

Le résultat des essais de restauration doit être représentatif de celui escompté lors de l'intervention finale. C'est pourquoi les essais sont exécutés avec la même composition que celle qui sera utilisée pour la restauration définitive.

### 3. OBJECTIFS

Un essai de restauration correctement réalisé sur une zone d'essai judicieusement choisie fournit des informations utiles quant au résultat à attendre de l'application des mortiers de ragréage, en particulier en ce qui concerne l'aspect des zones restaurées.

Dans la plupart des cas, l'évaluation s'effectue de manière visuelle, soit à l'oeil nu, soit à l'aide d'une loupe. On s'attachera particulièrement à l'aspect (couleur, texture, ...) et à la présence éventuelle de fissures.

On procédera à l'évaluation de l'aspect du mortier de ragréage à l'état sec.

Une comparaison entre le résultat de l'essai préalable et le résultat final du traitement global peut faire partie de l'évaluation ([procédure 163](#) : évaluation d'un ragréage) mais on tiendra néanmoins compte des restrictions ci-après lors de l'interprétation.

### 4. RESTRICTIONS

Les essais de restauration sont exécutés sur des zones d'essai de dimensions limitées. Etant donné que tant la pierre que la brique constituent des matériaux hétérogènes, la différence entre l'aspect du mortier de ragréage et celui des matériaux d'origine peut être plus marquée à certains endroits que sur la zone d'essai. En outre, le mortier de ragréage vieillit inévitablement de manière différente que le matériau d'origine et il prendra une autre teinte en cas d'humidification.

C'est pourquoi le résultat de l'essai de restauration ne constitue pas un critère absolu pour l'évaluation du résultat final et l'interprétation requiert un certain degré de compétence.

# RESTAURATION DE MATÉRIAUX PIERREUX À L'AIDE D'UN MORTIER DE RAGRÉAGE

## 1. CONTEXTE

La restauration de matériaux pierreux à l'aide d'un mortier de ragréage fait partie intégrante de la restauration des matériaux de façade (procédure 139 : réalisation des travaux de restauration des matériaux en façade). On procédera au traitement proprement dit après l'examen complémentaire (procédure 159 : examen complémentaire avant ragréage).

## 2. DESCRIPTION

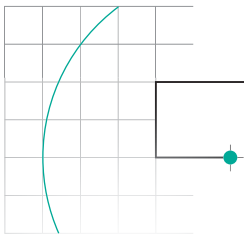
Les produits à utiliser sont livrés prêts à l'emploi sur le chantier dans des emballages d'origines non encore ouverts. La quantité nécessaire au traitement du bâtiment dans son ensemble, ou de la phase de restauration concernée, est livrée en un seul lot. Tous les emballages sont marqués par l'architecte ou par le fonctionnaire dirigeant.

La préparation du support et du mortier de ragréage et les techniques d'exécution précises sont définies par le fabricant du mortier.

Sauf prescriptions contraires, les risques de dégâts sont généralement limités si l'on tient compte des recommandations d'exécution suivantes :

- le mortier de ragréage est appliqué sur un support sain, exempt de poussière et de saletés. Bon nombre de mortiers de ragréage ne peuvent être appliqués sur un support hydrofuge
- la plupart des mortiers de ragréage résineux sont appliqués sur un support sec. On prescrit parfois une humidification préalable dans le cas de mortiers de ragréage minéraux
- durant le traitement, la température de surface du support et la température ambiante doivent au moins s'élever à 5 °C et de préférence à plus de 10 °C
- le support doit être sain. Les éléments friables ou pulvérulents sont éliminés avant ragréage
- on rendra la surface du support rugueuse pour améliorer l'adhérence du mortier de ragréage
- lorsque l'on doit appliquer un mortier de ragréage sur un support préalablement consolidé, on respectera un intervalle d'au moins quatre semaines entre la consolidation et l'application du mortier de ragréage, ceci afin de permettre l'élimination de toute trace de solvant et de groupes réactifs
- le fabricant prescrit une épaisseur de couche minimale pour la plupart des mortiers de ragréage. Dans le cas de mortiers minéraux, cette épaisseur s'élève généralement à 10 mm
- souvent, le fabricant prescrit également une épaisseur de couche maximale, ou par exemple que des épaisseurs de mortier de plus de 20 mm soient appliquées en plusieurs couches successives
- sauf en cas de ragréage de petites dimensions, il est préférable de prévoir des ancrages mécaniques, surtout en cas d'utilisation d'un mortier de ragréage composé d'un liant





- minéral. A cet effet, on utilisera par exemple des vis en acier inoxydable et des chevilles plastiques ou encore des tiges en acier inoxydable ou en fibre de verre, scellées à la résine
- lors d'une restauration d'une longueur supérieure à quelques dizaines de centimètres, on prévoiera de préférence des joints permettant de reprendre d'éventuels retraits ou mouvements hygrothermiques
  - pour certains mortiers de ragréage, un traitement ultérieur est conseillé.

### 3. OBJECTIFS

L'utilisation d'un mortier de ragréage adapté, une exécution soignée, conforme aux prescriptions du fabricant et tenant compte des directives mentionnées ci-dessus, contribue à une restauration durable.

### 4. RESTRICTIONS

On ne peut pas perdre de vue qu'une restauration à l'aide d'un mortier de ragréage ne comporte pas que des exigences physiques et mécaniques. L'aspect et la compatibilité avec les matériaux existants constituent également d'importants critères lors du choix.

## EVALUATION D'UN RAGRÉAGE

### 1. CONTEXTE

Durant l'exécution d'une restauration à l'aide d'un mortier de ragréage, on peut vérifier si la composition de mortier utilisée correspond aux prescriptions et si les directives d'exécution ont bien été respectées.

On ne peut procéder à une évaluation judicieuse du résultat final qu'après durcissement complet du mortier. Ce délai est généralement mentionné dans les fiches techniques du fabricant.

Pour des restaurations réalisées à l'aide de mortiers résineux ou de mortiers à l'oxyde de zinc, on conseille généralement de respecter un intervalle d'au moins 7 jours entre l'application du mortier et l'évaluation du résultat. On attendra plus longtemps avant l'évaluation de restaurations exécutées à l'aide d'autres mortiers minéraux.

On procède généralement à l'évaluation des matériaux à base de ciment après un délai de 28 jours. Etant donné que les compositions de mortier à base de chaux hydraulique durcissent très lentement, certains spécialistes préconisent de respecter un délai de six mois afin d'obtenir une évaluation judicieuse d'un tel matériau.



### 2. DESCRIPTION

L'évaluation d'une restauration à l'aide d'un mortier de ragréage peut porter sur un ou plusieurs des aspects suivants : la conformité de la composition de mortier utilisée, le respect des prescriptions d'exécution, l'aspect, la présence éventuelle de fissures de retrait et l'adhérence au support.

#### ■ Conformité de la composition de mortier utilisée

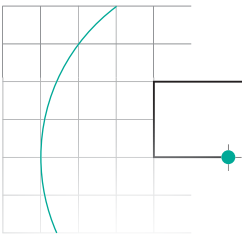
Afin de vérifier la conformité de la composition de mortier utilisée par rapport aux prescriptions du cahier des charges, on peut prélever un échantillon des charges, du liant et de la substance liquide éventuellement livrée en même temps. On peut déterminer la nature de ces éléments constitutifs par le biais d'une analyse. La granulométrie des charges peut être déterminée par tamisage.

#### ■ Respect des prescriptions d'exécution

En cours d'exécution, on vérifiera en outre le respect des prescriptions du fabricant et des directives de la [procédure 162](#) : restauration de matériaux pierreux à l'aide d'un mortier de ragréage, par exemple en ce qui concerne la préparation du support, les conditions atmosphériques, les proportions, la quantité d'eau ajoutée, les ancrages, ...

#### ■ Aspect

Dans la majorité des cas, l'évaluation de l'aspect s'effectue de manière visuelle. A cet effet, on s'attachera principalement à la couleur, la texture superficielle, ...



Cependant, on tiendra compte du fait que le mortier de ragréage ne présente parfois pas encore sa couleur définitive au moment de l'évaluation.

Bien qu'un mélange optimal de mortier à base d'oxyde de zinc ne forme que peu de sels hygroscopiques, on ne peut pas toujours exclure l'absence totale de chlorides peu après l'application. Ceux-ci captent l'humidité de l'air ambiant et entraînent une teinte plus foncée du ragréage. Si tel est le cas, on rinçera le mortier de ragréage afin d'éliminer les sels ou on séchera le support à l'aide d'un appareil à air chaud avant de procéder à l'évaluation de la couleur.

Les mortiers minéraux peuvent également présenter une coloration plus sombre en raison d'une teneur plus importante en liant, par exemple. Il s'avèrera alors nécessaire de procéder au ponçage de la surface ragrée avant de passer à l'évaluation de la couleur.

Lorsque l'on procède à un essai de ragréage préalable ([procédure 161](#) : essai de restauration à l'aide d'un mortier de ragréage), la zone d'essai approuvée peut être utilisée comme référence lors de l'évaluation finale du traitement dans son ensemble.

Afin d'effectuer le choix du mortier de ragréage, on utilise parfois une petite éprouvette de pierre représentative ragrée à l'aide du mortier retenu. Cette éprouvette est ensuite conservée sur le chantier et peut être utilisée comme référence afin d'évaluer le résultat final.

En cas de contestations, on peut également effectuer des mesures de la couleur ([procédure 146](#) : mesure de la couleur (colorimétrie)), qu'il s'agisse d'une simple évaluation visuelle du résultat final, d'une comparaison avec une zone d'essai ou encore avec une éprouvette de référence. Une telle démarche ne se révèle toutefois judicieuse qu'au cas où on a préalablement fixé les différences de couleur (tolérances) acceptables.

Comme les mortiers à base de résines peuvent présenter une certaine brillance, on peut également prévoir une mesure de la brillance ([procédure 147](#) : mesure de la brillance) après avoir procédé à un ragréage à l'aide d'un tel mortier.

#### ■ Présence de fissures de retrait

En règle générale, les mortiers résineux présentent un retrait nul. Toutefois, la plupart des compositions hydrauliques sont sujettes à un retrait de durcissement susceptible d'entraîner l'apparition de fissures de retrait.

Il n'existe pas de critères qui déterminent les fissures de retrait acceptables et celles qui ne le sont pas. Cependant, ces fissures de retrait ne peuvent donner lieu à des infiltrations compromettant l'étanchéité à la pluie du mur ou entraîner un taux d'humidité élevé dans la zone restaurée, en particulier lorsque la résistance au gel du mortier de ragréage n'est pas garantie.

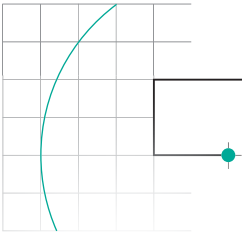
La présence ou non de fissures peut être constatée à l'oeil nu et la largeur de celles-ci peut faire l'objet de mesures ([procédure 10](#) : mesure des largeurs de fissuration).

#### ■ Adhérence au support

Il n'existe pas de prescriptions généralement admises en matière d'adhérence au support d'un mortier de ragréage.

Si une valeur est imposée, on réalisera un essai d'adhérence ([procédure 164](#) : essai d'adhérence). En cas de contestation, on pourra renvoyer aux valeurs fournies par le fabricant dans ses fiches techniques.





Si aucune adhérence minimale n'est prescrite, on pourra effectuer une comparaison avec les valeurs présumées en matière d'adhérence d'un enduit extérieur sur un support pierreux : 0,25 N/mm<sup>2</sup> pour un ensemble sec et 0,08 N/mm<sup>2</sup> dans des conditions humides, par exemple.

### 3. OBJECTIFS

Dans la plupart des cas, on procédera uniquement à une évaluation visuelle, très facile et rapide à réaliser.

### 4. RESTRICTIONS

Une évaluation ne se révèle judicieuse qu'au cas où des critères d'évaluation ont été préalablement définis. Ceci vaut tout particulièrement pour l'esthétique des ragréages effectués.

### 5. REMARQUES

Bien que fort peu probable, il se pourrait que le cahier des charges prescrive que chaque restauration se rapproche le plus possible de l'aspect du matériau d'origine à l'endroit concerné. Lors de l'évaluation, on pourrait alors systématiquement réaliser des mesures de la couleur du mortier de ragréage et du matériau d'origine. Les différences constatées pourront alors être comparées aux critères préalablement définis (tolérances).

## ESSAI D'ADHÉRENCE

### 1. CONTEXTE

On peut procéder à un essai de traction afin d'examiner l'adhérence au support d'un mortier de ragréage ([procédure 163](#) : évaluation d'un ragréage), d'un enduit extérieur ou de couches picturales ([procédure 185](#) : influence du support sur la finition de façade et [procédure 200](#) : évaluation des travaux de restauration aux finitions de façade).

L'essai est réalisé après durcissement suffisant du mortier de ragréage, de l'enduit ou de la peinture. Les délais habituels sont mentionnés dans les procédures correspondantes ([procédure 163](#) : évaluation d'un ragréage et [procédure 200](#) : évaluation des travaux de restauration aux finitions de façade).

### 2. DESCRIPTION

Un certain nombre de zones d'essai sont préalablement définies. La surface de chacune de ces zones correspond à celle des pastilles métalliques standardisées et utilisées pour effectuer l'essai.

Les zones d'essai sont isolées du matériau environnant par un rainurage circulaire. Pour ce faire, on peut par exemple forer au travers du mortier de ragréage ou de la finition à l'aide d'une cloche de carottage de diamètre intérieur égal à celui des pastilles métalliques employées.



Les pastilles sont ensuite collées sur chaque zone d'essai. Une colle résineuse est généralement utilisée afin que l'adhérence de la colle soit supérieure à celle de la couche que l'on désire tester.

Après durcissement de la colle, on exerce sur la pastille métallique une force perpendiculairement à la surface à l'aide d'un appareil de traction. Pour chaque zone, la force de traction est notée ainsi que l'endroit de la rupture. La contrainte de rupture est calculée en divisant la force de traction par la surface de la pastille.

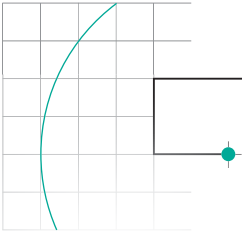
Si la rupture se produit sur une surface d'adhérence, la force d'adhérence de cette zone est égale à la contrainte de rupture calculée. Si la zone de rupture se situe dans la masse d'une couche d'enduit ou d'un mortier de ragréage, la contrainte de rupture est égale à la cohésion interne de cette couche. La force d'adhérence directe est alors inconnue, mais elle sera en tout les cas supérieure à la valeur de cohésion interne.

### 3. OBJECTIFS

Selon l'endroit de la rupture, on obtiendra, à l'aide d'un essai d'adhérence, une valeur chiffrée soit pour la force d'adhérence, soit pour la cohésion interne du matériau dans lequel se situe la rupture.

### 4. RESTRICTIONS

Si la zone de rupture se situe dans la masse d'une couche d'enduit ou d'un mortier de ragréage, la force d'adhérence réelle reste inconnue. La contrainte de rupture notée fournit une limite inférieure mais la force d'adhérence directe est plus élevée.



Si l'adhérence est particulièrement élevée en certains points, on obtiendra une contrainte de rupture importante, même si l'adhérence revêt un caractère plus limité en d'autres endroits.

Lorsqu'on effectue un essai d'adhérence peu de temps (28 jours) après ragréage ou mise en place de la couche de finition, on ne déterminera que la force d'adhérence initiale. Sur la base de cette seule valeur, on ne peut prévoir l'évolution future de l'adhérence.

En règle générale, on considère que la cohésion du matériau augmente avec le temps. On suppose qu'il en va de même pour l'adhérence au support. Il n'existe pas de raison valable pour supposer que celle-ci diminuerait à nouveau après un certain laps de temps.

Il n'est toutefois pas exclu que l'on assiste, après un certain temps, à une diminution de l'adhérence ou même à un décollement. Ces phénomènes sont alors liés à des facteurs externes tels que des pénétrations d'humidité, des alternances de cycles de gel/dégel, des tensions de cisaillement dans la zone d'adhérence suite à des dilatations thermiques différentielles, ...

## 5. REMARQUES

La force d'adhérence ne constitue pas une mesure directe de la durabilité d'une restauration ou d'une couche de finition. Mis à part le décollement, il existe de nombreux autres mécanismes de détérioration.



## REPLACEMENT DES MATÉRIAUX PIERREUX

### 1. CONTEXTE

Lors de la restauration d'une façade, on tente généralement de conserver au maximum le matériau d'origine. Même des blocs de pierre ou des briques peuvent souvent être conservés si l'on procède à la consolidation des zones pulvérulentes ([procédure 140](#) : consolidation des matériaux pierreux) ou si l'on restaure le profil initial à l'aide d'un mortier de ragréage adapté ([procédure 157](#) : mortiers de ragréage).

Cependant, il s'avère parfois nécessaire d'éliminer des pierres fortement détériorées et de les remplacer par de nouvelles. Afin de déterminer les éléments de pierre ou les briques qui doivent éventuellement être remplacés, on utilise les informations récoltées durant l'examen préalable ([procédure 128](#) : examen technique préalable des matériaux).

### 2. DESCRIPTION

Selon l'ampleur des dégâts causés à la maçonnerie en pierre ou en brique, des parties plus ou moins importantes peuvent être remplacées :

- [procédure 166](#) : remplacement partiel d'une pierre naturelle
- [procédure 169](#) : remplacement de briques ou de blocs entiers de pierres naturelles
- [procédure 172](#) : démontage et remontage d'un élément de construction.



## REPLACEMENT PARTIEL D'UNE PIERRE NATURELLE

### 1. CONTEXTE

S'il ressort de l'examen technique préalable ([procédure 128](#) : examen technique préalable des matériaux) que certains matériaux de façade sont fortement endommagés ou altérés, il peut s'avérer utile de procéder à un remplacement ([procédure 165](#) : remplacement des matériaux pierreux).

Lorsque seule une partie d'un grand bloc de pierre naturelle est manquante ou fortement endommagée, il n'est pas nécessaire de remplacer l'ensemble du bloc. Il suffit alors bien souvent de remplacer uniquement la partie concernée.

Cette technique est par exemple appliquée lorsque l'arrête d'un seuil ou d'un encadrement est érodée ou lorsqu'une zone proche de la surface est à ce point altérée qu'un traitement de consolidation ([procédure 140](#) : consolidation des matériaux pierreux) n'a plus aucun sens pour des raisons techniques ou esthétiques.

En pratique, cette technique n'est utilisée que pour la pierre naturelle. En effet, les dimensions des briques sont généralement à ce point restreintes qu'un remplacement partiel ne s'avère pas judicieux.

Dans certains cas, on dispose du choix entre le remplacement d'éléments manquants ou endommagés ou l'application d'un mortier de ragréage ([procédure 157](#) : mortiers de ragréage). En cas d'encadrements en saillie, particulièrement sensibles aux infiltrations d'humidité, on peut accorder la préférence au remplacement plutôt qu'à la restauration à l'aide d'un mortier de ragréage.

Les blocs de pierre naturelle fortement altérés peuvent parfois aussi être démontés et remontés "à l'envers" avec la face non endommagée apparente. Pour ce faire, on utilisera la même méthode que pour le remplacement d'un bloc de pierre naturelle dans son ensemble ([procédure 169](#) : remplacement de briques ou de blocs entiers de pierres naturelles), à la seule différence que le bloc de remplacement est le même que le bloc démonté.

### 2. DESCRIPTION

Étant donné que le matériau de remplacement doit être fixé sur un support sain, on dégagera les parties altérées et endommagées du matériau d'origine.

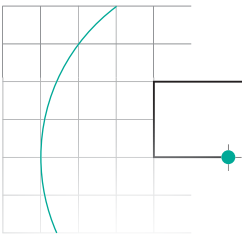
Dans le cas de blocs de pierre naturelle fortement altérés, on éliminera le matériau touché sur toute la surface du bloc jusqu'à une épaisseur constante préalablement déterminée.

Lorsque certains éléments se sont effrités, il y a lieu d'égaliser le plan de rupture, de sorte que le morceau de pierre naturelle rajouté puisse ensuite adhérer sur l'ensemble de la partie restante du bloc d'origine.

Les éléments manquants peuvent être remplacés par un nouveau matériau adapté ou par un matériau de récupération ([procédure 167](#) : choix d'une pierre naturelle de remplacement).

On donnera à l'insert des dimensions aussi exactes que possibles (une épaisseur égale au matériau altéré retiré et une surface égale à celle du bloc d'origine, ou encore un bloc de la forme de l'élément détruit) et on procédera éventuellement à son façonnage ([procédure 168](#) : façonnage de la pierre de remplacement).

L'insert sera ensuite collé au matériau d'origine à l'aide d'une colle à base de résine synthétique telle que de l'époxy, du polyuréthane ou du polyester, par exemple.



Collages et ancrages sont souvent combinés (procédure 36 : brochages – agrafages). Les éléments en saillie sont aussi bien collés qu'ancrés. Lors du collage de ces éléments, on définira en outre de manière judicieuse la position du joint collé afin d'éviter les infiltrations d'eau. On évitera de préférence de situer le joint de collage dans le plan de la façade.

### 3. OBJECTIFS

Le remplacement d'une partie d'un bloc de pierre naturelle constitue un traitement curatif visant en priorité un effet esthétique : le matériau et les formes perdus sont restaurés.

Toutefois, l'aspect du matériau de remplacement n'est généralement pas identique à celui du matériau d'origine et est donc identifiable dans la façade. Tant la couleur que la rugosité de surface peuvent varier de celles des parties environnantes.

### 4. RESTRICTIONS

Cette technique ne convient pas pour des restaurations de petite envergure de l'ordre de quelques centimètres carrés.



## CHOIX D'UNE PIERRE NATURELLE DE REMPLACEMENT

### 1. CONTEXTE

S'il ressort de l'examen préalable ([procédure 128](#) : examen technique préalable des matériaux) que certains blocs de pierre naturelle sont altérés à un point tel que leur conservation n'a plus aucun sens, on procédera à leur remplacement ([procédure 165](#) : remplacement des matériaux pierreux). Le choix du matériau de remplacement s'opérera de manière judicieuse.

### 2. DESCRIPTION

Afin de procéder au remplacement d'une pierre naturelle fortement altérée dans une façade existante, on peut utiliser du matériau neuf, du matériau de récupération, voire la même pierre démontée et remontée "à l'envers" avec la face non endommagée apparente.

Lors du choix du matériau de remplacement, on tiendra principalement compte :

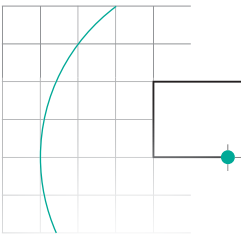
- de la nature et des dimensions de la pierre naturelle altérée
- des propriétés mécaniques exigées pour le matériau, en particulier dans le cas d'éléments fortement sollicités tels que les arches et autres structures d'appui
- des autres matériaux pierreux présents dans la façade, tant pour des raisons esthétiques que pour perturber le moins possible l'équilibre hygrométrique du mur extérieur
- des variétés de pierres naturelles disponibles possédant des propriétés esthétiques et hygriques comparables et des blocs de dimensions suffisantes
- de l'aspect au moment de la mise en œuvre et après vieillissement naturel et formation de la patine
- du degré d'exposition aux conditions atmosphériques
- de la durabilité et entre autres de la résistance à l'alternance des cycles de gel/dégel, de la tenue aux pluies acides, ...



Exemple de remplacement d'une pierre en façade.

Pour le remplacement d'une pierre naturelle, on peut prescrire la sorte de pierre et éventuellement sa variété, ou encore définir un certain nombre de caractéristiques. Il est également possible que tant le type de pierre naturelle que ses propriétés fassent l'objet d'une description dans le cahier spécial des charges.

Le prescripteur devra préalablement contrôler si le matériau de remplacement souhaité est disponible en quantité suffisante et aux dimensions requises et s'il est possible de satisfaire aux exigences imposées.



### 3. OBJECTIFS

Les propriétés du matériau de remplacement déterminent en grande partie la durabilité de l'intervention. Cette dernière peut être importante en cas de choix judicieux du matériau.

Les matériaux remplacés exercent le plus souvent une grande influence sur l'aspect.

### 4. RESTRICTIONS

En cas de remplacement de la pierre, le matériau d'origine est éliminé et le bâtiment perd de son authenticité. C'est la raison pour laquelle on remplacera de préférence le moins de pierres possibles.

Pour des raisons d'authenticité du matériau, il est parfois exigé qu'une pierre naturelle altérée soit remplacée par des blocs de la même sorte, même si l'on sait que ce matériau possède des propriétés moins favorables, par exemple une certaine sensibilité au gel ou une résistance limitée aux pluies acides. La durabilité de la restauration peut être réduite par ce choix de matériau. Plus encore que dans le cas de l'utilisation de matériaux durables, un traitement ultérieur adapté ([procédure 201](#) : hydrofugation) se révèle utile afin de ralentir autant que possible les altérations et dégâts futurs. Les matériaux tendres peuvent, le cas échéant, également être consolidés de manière préventive ([procédure 140](#) : consolidation des matériaux pierreux).

## FAÇONNAGE DE LA PIERRE DE REMPLACEMENT

### 1. CONTEXTE

Lorsqu'une pierre naturelle dégradée doit être remplacée en façade (procédure 165 : remplacement des matériaux pierreux), il convient de procéder au façonnage des blocs du matériau de remplacement afin d'obtenir les dimensions et la finition souhaitées.

Ceci vaut non seulement pour la pierre naturelle neuve, mais aussi pour le matériau de récupération ou pour les blocs démontés et remontés "à l'envers" au même endroit. En effet, ces blocs possèdent généralement une surface brute qui doit être rectifiée à la scie et éventuellement taillée.

### 2. DESCRIPTION

On opère une distinction entre les opérations nécessaires afin de donner au bloc les dimensions souhaitées et celles qui sont éventuellement exécutées afin d'obtenir une finition spécifique du parement.

Auparavant, on construisait à l'aide de blocs de pierre naturelle bruts et de dimensions importantes. Les blocs ne prenaient leurs dimensions définitives qu'une fois sur place, durant la dernière étape de façonnage. Celle-ci est encore souvent reconnaissable aux stries du parement.

A l'heure actuelle, la pierre naturelle est généralement débitée aux dimensions souhaitées de manière mécanique. Cette opération peut être effectuée avec beaucoup de précision, de sorte que les finitions supplémentaires après la mise en œuvre ne s'avèrent plus nécessaires.

Afin de se rapprocher de l'aspect des blocs d'origine, on demande souvent à ce que le parement de la nouvelle pierre naturelle soit taillé. Ceci peut être réalisé de trois manières différentes :

- de façon totalement mécanique
- de façon manuelle à l'aide d'un burin pneumatique
- ou exclusivement à la main.

Un façonnage entièrement mécanique permet d'obtenir un aspect très régulier voire même quelque peu artificiel et c'est pourquoi cette technique n'est généralement pas utilisée en restauration. Les deux autres méthodes sont quant à elles esthétiquement assez semblables.

### 3. OBJECTIFS

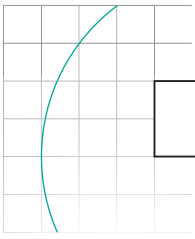
La pierre naturelle peut être débitée de façon mécanique très précisément aux dimensions souhaitées. Pour des raisons purement esthétiques, il est également possible de donner à la nouvelle pierre un aspect taillé.

Il est difficile de distinguer à l'oeil nu un façonnage manuel effectué à l'aide d'un burin pneumatique, d'un façonnage réalisé exclusivement à la main. En outre, rien ne prouve que cette opération endommage davantage la pierre naturelle.

### 4. RESTRICTIONS

Certaines techniques de façonnage historiques ne sont plus applicables en pratique. Il n'est ainsi par exemple pas possible de boucharder le parement d'un bloc de pierre naturelle jusqu'aux extrémités. En effet, cette opération entraînerait des épaufrures.

C'est la raison pour laquelle la partie centrale est bouchardée, jusqu'à environ 15 mm du périmètre du bloc. L'extrémité restante est quant à elle ciselée.



## REPLACEMENT DE BRIQUES OU DE BLOCS ENTIERS DE PIERRES NATURELLES

### 1. CONTEXTE

S'il ressort de l'examen technique préalable ([procédure 128](#) : examen technique préalable des matériaux) que certains matériaux de façade sont fortement endommagés ou altérés, il peut s'avérer utile de procéder à un remplacement ([procédure 165](#) : remplacement des matériaux pierreux).

Cette technique est souvent utilisée en cas de maçonnerie de briques. En effet, des briques fortement endommagées ou altérées peuvent en général être facilement retirées et remplacées par d'autres.

Dans le cas d'une maçonnerie en élévation, les blocs de pierre naturelle de dimensions limitées peuvent être remplacés de manière similaire.

### 2. DESCRIPTION

Il importe de contrôler préalablement si le matériau endommagé ou altéré peut être retiré sans que cela ne comporte de risques pour la maçonnerie. Plus le degré de sollicitation et l'élançement de l'élément de construction sont importants, plus les risques augmentent, notamment lorsque l'élément à remplacer est de dimension importante.

Si le remplacement comporte des risques, il faudra éventuellement procéder au démontage d'une partie de l'ouvrage pour ensuite la remonter ([procédure 172](#) : démontage et remontage d'un élément de construction).

On choisira un matériau de remplacement adéquat pour les blocs ou les pierres à remplacer ([procédure 167](#) : choix d'une pierre naturelle de remplacement et [procédure 170](#) : choix de la brique de remplacement). Selon le cas, il peut s'agir d'un matériau neuf, d'un matériau de récupération voire même du matériau démonté et remonté "à l'envers".

Il importe de donner les bonnes dimensions à la pierre naturelle et de procéder à la taille éventuelle de surface ([procédure 168](#) : façonnage de la pierre de remplacement). Il est également nécessaire de donner une forme correcte aux briques profilées par sciage, par exemple.

Le matériau de remplacement est placé dans la maçonnerie à l'aide d'un mortier adéquat ([procédure 171](#) : composition du mortier).

### 3. OBJECTIFS

L'aspect du matériau de remplacement n'est bien souvent pas identique à celui d'origine et c'est pourquoi il est facilement identifiable dans la façade. Tant la couleur que la rugosité de surface peuvent différer de celles de la maçonnerie avoisinante.

### 4. RESTRICTIONS

Cette technique est difficilement applicable à des blocs de pierre naturelle de grandes dimensions. Dans ce cas, on laissera bien souvent la partie la plus importante en place pour ne remplacer que la partie altérée ([procédure 166](#) : remplacement partiel d'une pierre naturelle).

## CHOIX DE LA BRIQUE DE REMPLACEMENT

### 1. CONTEXTE

S'il ressort de l'examen préalable ([procédure 128](#) : examen technique préalable des matériaux) que certaines briques de façade sont altérées à un point tel que leur maintien en place n'a plus aucun sens, on procédera à leur remplacement. Le choix du matériau de remplacement s'opérera de manière judicieuse.

### 2. DESCRIPTION

Lors du choix d'un type de brique adapté, on tiendra principalement compte :

- de l'aspect (couleur, texture, ...) et des dimensions de la brique altérée
- des caractéristiques mécaniques exigées pour le matériau, en particulier dans le cas d'éléments fortement sollicités tels que les arches et autres structures d'appui
- des autres matériaux pierreux en façade
- de la couleur et des dimensions des briques neuves ou récupérées disponibles
- du degré d'exposition aux conditions atmosphériques
- de la durabilité et entre autres de la résistance aux cycles de gel/dégel, aux pluies acides, ...

Afin de procéder au remplacement de briques fortement altérées dans une façade existante, on peut faire usage de briques neuves ou de briques de récupération provenant de bâtiments ou d'éléments construits à l'aide de matériaux similaires. Si aucune brique neuve ne possède les dimensions requises, la restauration sera toujours exécutée à l'aide de briques de récupération. Il est plus aisé de contrôler les propriétés de briques neuves que celles de briques de récupération.

En cas d'utilisation de briques de récupération, il faudra tenir compte du fait que toutes les briques ne sont pas adaptées à une exposition aux intempéries. Auparavant, on différenciait souvent les briques destinées à des usages intérieurs et celles destinées à des expositions extérieures.

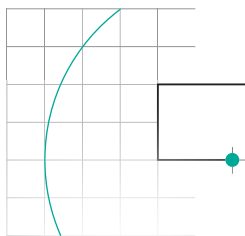
Il importe aussi de vérifier que la teneur en sels des briques récupérées soit suffisamment faible ([procédure 46](#) : détermination de la teneur en sels des matériaux). Des sels peuvent s'être infiltrés dans les briques lors de l'utilisation antérieure (par exemple des nitrates présents dans des briques provenant d'anciennes étables) ou après la démolition (par exemple des chlorures, dans le cas où des restes de mortier ont été éliminés à l'aide d'acide chlorhydrique).



Le remplacement de briques profilées s'avère particulièrement difficile. De nos jours, de telles briques ne sont plus fabriquées et il est souvent impossible de trouver des briques de récupération de profil et de dimensions identiques.

Dans le cadre d'un projet de restauration, on pourrait penser à faire fabriquer de telles briques profilées sur mesure. Il n'est toutefois pas aisé d'obtenir des briques spéciales en séries limitées compte tenu de l'automatisation des procédés actuels de fabrication.

Une autre solution qui permettrait d'accélérer le processus consiste à scier les briques profilées à dimension à partir de briques plus grandes. Mais il n'est pas évident de couper précisément sur mesure et, en outre, la face sciée présente un aspect et des propriétés différents par rapport à la surface des briques d'origine.



### 3. OBJECTIFS

Les propriétés et la durabilité de briques neuves sont parfaitement connues, mais leur usage entraîne parfois d'importants problèmes d'aspect.

Les briques de récupération influencent généralement moins l'aspect, mais leur qualité n'est pas toujours connue et les sels présents peuvent occasionner des dégâts.

### 4. RESTRICTIONS

Lors du remplacement de briques, le matériau d'origine est retiré et le bâtiment perd de son authenticité. C'est la raison pour laquelle on limitera autant que possible ce type d'intervention.

Les briques de récupération peuvent présenter une résistance limitée aux conditions atmosphériques et/ou être fortement chargées en sels.



## COMPOSITION DU MORTIER

### 1. CONTEXTE

On utilisera du mortier tant pour la pose ([procédure 174](#) : mise en œuvre de nouveaux matériaux et remontage d'éléments de façade) que pour le rejointoiment de la maçonnerie ([procédure 177](#) : rejointoiment).

Lors du choix d'une composition de mortier appropriée, on tiendra compte des propriétés des pierres naturelles ou des briques rencontrées et du mortier de maçonnerie et de jointoiment présents ([procédure 136](#) : analyse des mortiers et enduits) ainsi que de l'ampleur des travaux : les restaurations locales limitées nécessitent l'application de directives différentes que dans le cas du renouvellement complet de la maçonnerie ou du rejointoiment de façades dans leur ensemble.

### 2. DESCRIPTION

Le montage ou le rejointoiment complet ou partiel de la maçonnerie nécessitera d'opérer un choix entre une composition proche du mortier "d'origine" ou un mortier plus contemporain.

Afin de procéder à des restaurations locales, on fera souvent usage d'une composition de mortier se rapprochant fortement de celle des mortiers de maçonnerie ou de jointoiment présents. D'un point de vue technique, on dispose d'une plus grande liberté de choix pour le renouvellement complet de la maçonnerie ou le rejointoiment d'éléments de façade dans leur ensemble.



Lors du choix du mortier de rejointoiment, outre les critères techniques, les critères esthétiques ont également un rôle à jouer.

Les propriétés de la nouvelle composition de mortier doivent être parfaitement compatibles avec celles des autres matériaux rencontrés dans la même zone : pierre naturelle, brique, mortier de maçonnerie d'origine encore présent, ... Ceci vaut tout particulièrement pour la dureté et la régulation hygrométrique (coefficient d'absorption d'eau et vitesse de séchage) du mortier.

#### ■ Liant

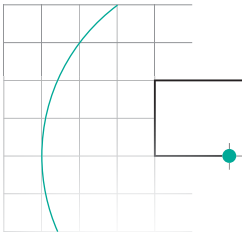
Selon les résultats de l'analyse des mortiers en place ([procédure 136](#) : analyse des mortiers et enduits) et les propriétés du support, il peut être demandé de faire usage d'une composition de mortier contenant l'un des liants suivants :

- de la chaux hydratée (chaux grasse, chaux aérienne)
- de la chaux hydraulique naturelle ou artificielle
- du ciment
- un rapport déterminé de ciment et de chaux hydratée ou de chaux hydraulique (mortier bâtard)
- des liants spéciaux (tels l'oxyde de zinc, par exemple).

L'analyse précitée fournit non seulement la nature du liant mais également son dosage et le rapport eau/liant.

Selon que l'on ajoute plus de chaux hydratée et moins de ciment au mélange de mortier, on assistera aux phénomènes suivants :

- durcissement moins rapide du mortier
- retrait de durcissement moins important
- augmentation du pouvoir de rétention d'eau et diminution de la vitesse de séchage du



- mortier, ce qui constitue surtout un avantage par temps chaud
- mortier nettement plus friable, aussi longtemps que le durcissement (carbonatation) n'est pas complet
- autocicatrisation plus aisée des microfissures par le biais de la dissolution et de la recristallisation de la chaux (*self-healing effect*)
- diminution des propriétés mécaniques (résistance à la compression et module d'élasticité)
- diminution de l'adhérence du mortier aux matériaux avoisinants
- diminution de la résistance au gel, surtout durant les premiers mois.

Les propriétés des mortiers à base de chaux hydraulique sont influencées par l'hydraulicité du liant. Celles-ci peuvent fortement varier d'un type de chaux hydraulique à l'autre. Plus la chaux est hydraulique (plus le taux d'hydraulicité est élevé), plus les propriétés du mortier se rapprocheront de celles d'un mortier à base de ciment.

#### ■ Autres paramètres

Outre le liant, l'analyse susmentionnée fournit également la nature et la granulométrie du sable. Il est parfois demandé de rajouter des adjuvants afin d'améliorer l'adhérence ou de limiter l'absorption d'eau. On utilise de plus en plus souvent des compositions de mortier prêtes à l'emploi, ou du moins prédosées, car elles permettent de garantir une qualité constante. La couleur est également plus homogène que lorsque le mortier est mélangé sur place : ceci revêt surtout une certaine importance dans le cas de mortier de jointoiment.

### 3. OBJECTIFS

Le choix judicieux d'une composition de mortier tient compte de la composition du mortier d'origine et des propriétés de la pierre naturelle ou de la brique.

### 4. RESTRICTIONS

Les compositions à base de mortier sont moins adaptées aux joints situés entre des matériaux peu absorbants, tels que la pierre de taille bleue par exemple, ou aux joints longs et continus situés entre différents matériaux. Pour de telles applications, on préférera souvent des joints souples. Si l'on désire donner à un joint au mastic l'aspect d'un joint au mortier, on procédera à un léger sablage du mastic encore frais, de sorte que le sable adhère à la surface du mastic souple. Les joints souples doivent faire l'objet d'un contrôle et d'un nettoyage réguliers. Si de tels joints sont mis en œuvre entre des blocs de pierre naturelle, il importe de choisir une composition peu susceptible de libérer de l'huile et de tacher les pierres naturelles.

### 5. REMARQUES

Les compositions de mortiers historiques de montage ou de jointoiment, telle que déterminée lors des analyses, ne satisfont quasiment jamais aux prescriptions des normes actuelles. Certaines compositions de mortiers historiques contiennent du gypse comme liant. Cependant, lors de travaux de restauration à la maçonnerie ou de rejointoiments, on évitera généralement de faire usage de sulfate de calcium (gypse) dans les mortiers.

### 6. NORMES, DISPOSITIONS, DIRECTIVES

*Institut belge de normalisation*

NBN EN 998-2 Spécifications des mortiers pour maçonnerie. Partie 2 : mortiers de montage. Bruxelles, IBN, 2003.

*Centre scientifique et technique de la construction*

Jointoiment des maçonneries. Bruxelles, CSTC, Note d'information technique, n° 208, 1998.

# DÉMONTAGE ET REMONTAGE D'UN ÉLÉMENT DE CONSTRUCTION

## 1. CONTEXTE

Lors de la restauration de façades, il est parfois nécessaire de retirer des pierres naturelles ou des briques fortement altérées et de les remplacer par de nouvelles (procédure 165 : remplacement des matériaux pierreux).

Il s'avère bien souvent suffisant de retirer les blocs ou les pierres altérés et de les remplacer par d'autres non endommagés. Dans une maçonnerie en élévation par exemple, les briques individuelles peuvent généralement être remplacées sans problèmes (procédure 169 : remplacement de briques ou de blocs entiers de pierres naturelles).

Dans certains cas, le remplacement de blocs de pierre naturelle ou de briques nécessite toutefois le démontage complet d'un élément de construction qui sera par la suite à nouveau remonté. Ceci est particulièrement de mise lorsque l'on doit procéder au remplacement de certaines parties d'éléments structuraux (tels des arches) ou d'éléments élancés (tels des pinacles).

## 2. DESCRIPTION

Le démontage et le remontage d'éléments de construction s'effectue en plusieurs étapes :

- avant de procéder au démontage, il importe de relever précisément les paramètres géométriques du bâtiment ou de l'élément de construction, par exemple par le biais d'une photogrammétrie documentée (procédure 8 : photogrammétrie).
- ce n'est qu'après avoir rempli cette première étape qu'on passe au démontage minutieux des éléments de construction concernés et à l'entreposage dans un endroit abrité des éléments qui seront ensuite utilisés lors du remontage (procédure 173 : démontage et entreposage).
- le matériau de remplacement devra faire l'objet d'un choix minutieux, tenant compte d'un certain nombre de critères (procédure 167 : choix d'une pierre naturelle de remplacement et procédure 170 : choix de la brique de remplacement).
- de plus, il importe de donner aux blocs de pierre naturelle les dimensions et l'éventuelle finition de surface souhaitées (procédure 168 : façonnage de la pierre de remplacement).
- enfin, les éléments de construction démontés sont remontés (procédure 174 : mise en œuvre de nouveaux matériaux et remontage d'éléments de façade).



## DÉMONTAGE ET ENTREPOSAGE

### 1. CONTEXTE

Il n'est pas toujours possible de retirer des blocs altérés et de les remplacer par de nouveaux sans toucher à la maçonnerie avoisinante. Le démontage de grands blocs peut endommager les pierres avoisinantes et modifie également la reprise des charges au sein de la structure.

Les dégâts occasionnés aux blocs avoisinants peuvent être limités si l'on procède avec prudence, mais les modifications de la répartition des charges sont inévitables. C'est pourquoi le renouvellement partiel d'arches ou d'autres structures d'appui exige des mesures de précaution adaptées.

Dans le cas de structures d'appui, on procède souvent au démontage complet de l'élément de construction et à son entreposage temporaire sur le chantier ou dans un entrepôt. Les anciens et nouveaux blocs ou pierres sont ensuite assemblés durant la phase de reconstruction ([procédure 174](#) : mise en œuvre de nouveaux matériaux et remontage d'éléments de façade). Dans le cas d'éléments élancés, tels des pinacles par exemple, on travaille souvent de manière similaire.

On procède parfois au démontage et à l'entreposage de grands éléments de construction voire même de bâtiments complets lorsque des interventions lourdes sont exigées ou quand ils doivent être déplacés dans leur ensemble.

### 2. DESCRIPTION

Avant de procéder au démontage, il importe de dresser l'inventaire d'implantation précis du bâtiment ou de l'élément de construction, par exemple par le biais d'une photogrammétrie ([procédure 8](#) : photogrammétrie). Chaque bloc et chaque pierre se voit attribuer un signe distinctif, de sorte que l'on puisse ensuite fidèlement procéder au remontage ([procédure 174](#) : mise en œuvre de nouveaux matériaux et remontage d'éléments de façade).

Les éléments portants sont déchargés pour être ensuite progressivement démontés. Par exemple, les arches sont d'abord soutenues afin que la clef de voûte puisse être enlevée et ce n'est qu'ensuite que l'on démonte le reste de l'arche.

Certaines sortes de pierre naturelle peuvent présenter des veines stylolithiques. Lors du déchargement de la structure, les blocs peuvent soudainement se fissurer le long de ces surfaces préférentielles de rupture. Si l'on soupçonne un tel risque, on déchargera partiellement la structure et on veillera à causer le moins de vibrations possibles durant le démontage.

Les éléments démontés seront de préférence entreposés dans un espace sec et suffisamment ventilé et ils ne seront pas recouverts d'un film plastique. Si des écarteurs en bois sont utilisés entre ou sous les blocs, on veillera à ce que le bois ne puisse pas subir de lessivage et qu'il n'entraîne donc pas l'apparition de coulées ou de taches sur les matériaux démontés.

### 3. OBJECTIFS

Un démontage et un entreposage corrects de blocs ou de pierres préalablement marqués constitue une condition indispensable afin de pouvoir ensuite procéder fidèlement au remontage.

### 4. RESTRICTIONS

Les risques de perte, d'endommagement ou d'erreur peuvent être limités lorsque l'on procède de manière soignée. Le démontage, le transport, l'entreposage et le remontage nécessitent toutefois de nombreuses manipulations de matériaux parfois altérés et il n'est pas toujours possible d'exclure tout dégât supplémentaire. C'est pourquoi les façades ou les éléments de façade ne sont démantelés qu'en cas d'absolue nécessité.

## MISE EN ŒUVRE DE NOUVEAUX MATÉRIAUX ET REMONTAGE D'ÉLÉMENTS DE FAÇADE

### 1. CONTEXTE

Le remplacement de blocs de pierre naturelle ou de briques ([procédure 165](#) : remplacement des matériaux pierreux) exige parfois le démontage complet d'un élément de construction ([procédure 173](#) : démontage et entreposage) avant sa reconstruction globale.

### 2. DESCRIPTION

Lors du remontage des éléments de construction, on procède en général au maçonnerie au mortier. Les parties ou les blocs d'éléments structuraux ou d'arches en saillie font souvent l'objet d'un ancrage. Les pierres naturelles peuvent aussi être collées ou les joints coulés au plomb.

#### ■ Maçonnerie au mortier

Lors du maçonnerie, on utilisera une composition de mortier compatible avec les propriétés des pierres et les compositions des mortiers historiques ([procédure 171](#) : composition du mortier).

#### ■ Ancrages

Les ancrages sont exécutés tel que décrit à la [procédure 36](#) : brochages – agrafages. Le matériau constitutif des pièces d'ancrage doit être insensible à la corrosion. On emploie souvent des tiges filetées en acier inoxydable, en fibres de verre ou de carbone, ou encore des pièces d'ancrage en bronze. Ces dernières peuvent être coulées dans la forme requise mais il est actuellement difficile de s'en procurer.

On utilise généralement des pièces d'ancrage rondes. On prescrit parfois des pièces de section rectangulaire ou carrée pour les éléments en saillie (tels des gargouilles) ou les ouvrages de couronnement (tels les pinacles) afin d'en faciliter la mise en œuvre. On réduit ainsi les risques de rotation de l'élément ancré autour de la pièce d'ancrage. On peut toutefois obtenir le même résultat en procédant à la mise en œuvre de deux pièces d'ancrage rondes.



#### ■ Collages

Lorsque des blocs de pierre naturelle sont ancrés dans des éléments structuraux, des éléments en saillie ou des ouvrages de couronnement, ils font en général aussi l'objet d'un collage à l'aide de colle à base de résine synthétique telle que l'époxy, le polyuréthane ou le polyester, par exemple. Collage et ancrage sont également utilisés lorsqu'un bloc de pierre naturelle massif ne doit être que partiellement remplacé ([procédure 166](#) : remplacement partiel d'une pierre naturelle).

#### ■ Joints au plomb

Auparavant, les joints situés entre des blocs de pierre naturelle dans des éléments de construction fortement sollicités faisaient souvent l'objet d'un coulage au plomb. La même technique d'assemblage est parfois prescrite pour procéder au remontage de ces éléments ([procédure 175](#) : scellements et joints coulés au plomb).

### 3. OBJECTIFS

La mise en œuvre correcte des matériaux de remplacement et le remontage judicieux des éléments démontés contribuent à une restauration durable.

## SCELLEMENTS ET JOINTS COULÉS AU PLOMB

### 1. CONTEXTE

Par le passé, pour les joints d'éléments de construction fortement sollicités tels que des pinacles ou des entrelacs, on préférait souvent au mortier des joints coulés au plomb. La même technique d'assemblage est parfois prescrite pour procéder au remontage de ces éléments (procédure 174 : mise en œuvre de nouveaux matériaux et remontage d'éléments de façade).

### 2. DESCRIPTION

Lorsque les joints sont coulés au plomb, on mettra en œuvre des évidements en dessous et au-dessus du joint dans les faces de pose de la pierre naturelle. Etant donné que, lors du coulage, le plomb remplit également ces évidements, on obtiendra un meilleur raccord entre les blocs. Les évidements ont souvent la forme d'une croix.

La périphérie des joints est tout d'abord colmatée à l'aide de mortier ou de mastic spécial. On verse ensuite le plomb liquéfié dans le joint par le biais d'un canal de coulée. Ce canal doit être suffisamment large (un diamètre d'au moins 25 mm), de sorte que le plomb fondu ne refroidisse pas trop rapidement et ne vienne obstruer le canal.

Le plomb liquide est coulé progressivement et en petites quantités. Si l'on coule une grande quantité en une fois, la pierre naturelle peut se fendre en raison de la chaleur (choc thermique).

Dans le cas de pinacles, le canal de coulée n'est pas prévu dans l'axe du joint mais il est foré dans le bloc supérieur. On forera aussi un trou dans le bloc sous-jacent afin d'obtenir un assemblage à tenons.

Pour des blocs de plus petite taille, le plomb coulé suffit à obtenir un bon liaisonnement. Lorsque des blocs plus grands sont assemblés ou lorsque l'assemblage est plus fortement sollicité, on peut également placer une pièce d'ancrage en acier inoxydable dans le canal, cette dernière étant englobée par le plomb coulé par la suite. Cette méthode d'assemblage permet aussi la reprise de déformations plastiques.

### 3. OBJECTIFS

Lorsqu'un joint est coulé au plomb et que celui-ci remplit en outre les évidements ou canaux situés dans les faces de contact de la pierre naturelle, on obtiendra un raccord important qui peut, dans une certaine mesure, subir des déformations plastiques.

### 4. RESTRICTIONS

Il n'existe toutefois aucune analyse comparative permettant de confirmer qu'un assemblage déformable au plomb présente des avantages par rapport à un assemblage rigide à l'aide de colle à base de résine synthétique.

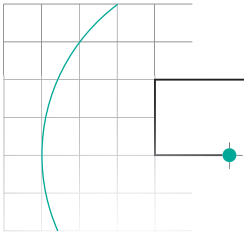
Les risques de joints insuffisamment remplis et de dégradation de la pierre naturelle en raison du choc thermique constituent des désavantages liés à cette technique.

### 5. REMARQUES

Les joints au plomb ne sont plus que très rarement utilisés. De nos jours, on procède généralement à l'ancrage et au collage des pierres naturelles de pinacles ou d'entrelacs.

L'utilisation de plomb fondu sur le chantier n'est pas sans danger. Les éclaboussures peuvent causer de graves brûlures et l'inhalation des vapeurs dégagées peut occasionner un empoison-





nement au plomb. Car, si le métal n'est pas toxique en soi, les vapeurs libérées au moment de la fonte du plomb peuvent former des composés organiques après inhalation. Ces composés organiques du plomb peuvent être directement assimilés par l'organisme et entraîner une toxicité aiguë.

Pour des raisons de santé, l'application de cette technique doit dès lors rester limitée. Si on décide toutefois d'y avoir recours, l'exécutant portera des vêtements de protection adaptés et un masque respiratoire.



## EVALUATION DU REMPLACEMENT DE MATÉRIAUX PIERREUX

### 1. CONTEXTE

Lors du remplacement de blocs de pierre naturelle ou de briques endommagés ou altérés, on peut contrôler si les matériaux de remplacement correspondent aux prescriptions et si les directives d'exécution ont bien été respectées.

Après l'exécution, on peut également procéder à l'évaluation du respect des dimensionnements.

### 2. DESCRIPTION

Durant l'exécution des travaux de remplacement, on contrôlera :

- si la nature et les propriétés des matériaux livrés répondent aux prescriptions ([procédure 167](#) : choix d'une pierre naturelle de remplacement, [procédure 170](#) : choix de la brique de remplacement et [procédure 171](#) : composition du mortier); le cas échéant, il est possible d'analyser ou de tester en laboratoire un échantillon des matériaux livrés
- si les prescriptions d'exécution ont bien été respectées ([procédure 173](#) : démontage et entreposage, [procédure 168](#) : façonnage de la pierre de remplacement, [procédure 174](#) : mise en œuvre de nouveaux matériaux et remontage d'éléments de façade et [procédure 175](#) : scellements et joints coulés au plomb).

On pourra ensuite vérifier le dimensionnement : dimensions des blocs de pierre naturelle ou des briques, largeur et rectitude des joints, ...

### 3. OBJECTIFS

Dans la plupart des cas, on procède uniquement à une évaluation visuelle, très facile et rapide à réaliser.

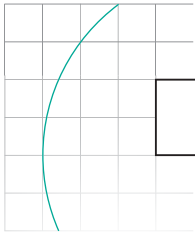
### 4. RESTRICTIONS

Une évaluation ne se révèle judicieuse qu'au cas où des critères d'évaluation ont été préalablement définis.

### 5. REMARQUES

L'utilisation de mortier lors du remplacement de matériaux pierreux peut entraîner l'apparition d'efflorescences. Il faut en chercher l'origine dans les éléments constitutifs du mortier de maçonnerie et éventuellement de la brique.

L'apparition d'efflorescences constitue un phénomène normal et n'implique pas un travail peu soigné ou mal exécuté.



## REJOINTOIEMENT

### 1. CONTEXTE

A l'origine, on ne procédait pas au rejointoiement ultérieur de la maçonnerie. Lors du maçonnerie, les joints étaient entièrement remplis et serrés avant le durcissement du mortier. Cette technique est appelée rejointoiement "en montant".

Lorsque les joints ainsi réalisés étaient endommagés ou fortement altérés, on éliminait la partie superficielle et on appliquait un mortier de rejointoiement adapté.

Le rejointoiement ultérieur à proprement parler n'a fait son apparition que par la suite. Etant donné qu'il permet d'obtenir des effets de couleur et de structure spéciaux ainsi qu'une meilleure durabilité, le rejointoiement "en montant" des maçonneries est tombé en désuétude au profit d'une utilisation généralisée du rejointoiement ultérieur.

Qu'il s'agisse de travaux de rejointoiement "en montant" ou ultérieur, la couche superficielle peut être endommagée ou altérée et doit alors être renouvelée, c'est ce que l'on appelle le "rejointoiement". On procédera au rejointoiement soit local, soit complet selon l'ampleur des dégâts ou de l'altération.

En règle générale, le rejointoiement constitue la dernière intervention de restauration en façade ([procédure 139](#) : réalisation des travaux de restauration des matériaux en façade) mais il est exécuté avant d'éventuelles finitions ([procédure 183](#) : restauration des enduits et peintures de façade) ou protections des façades ([procédure 201](#) : hydrofugation et [procédure 211](#) : traitement préventif antigraffiti).

### 2. DESCRIPTION

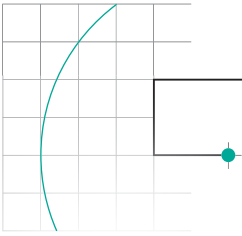
L'architecte détermine le plus souvent au préalable les joints qui doivent être éliminés. Pour ce faire, il se base sur les résultats de l'examen préalable ([procédure 129](#) : examen visuel des matériaux de façade). Si l'ampleur des travaux de jointoyage a été déterminée avant le nettoyage de façade, il peut s'avérer utile de contrôler, après son exécution, si ce nettoyage n'a pas mis à jour des dégâts complémentaires masqués précédemment par les salissures.

En règle générale, on tentera de préserver autant que possible le matériau de rejointoiement d'origine et de ne remplacer que les parties fortement endommagées ou altérées.

Lorsque l'altération est telle qu'une grande partie, par exemple plus de la moitié, du rejointoiement présent dans un élément de façade doit être remplacé, on procédera alors bien souvent au rejointoiement complet de l'élément concerné.

Le rejointoiement se déroule de la manière suivante :

- les joints endommagés et altérés sont tout d'abord éliminés et la zone à jointoyer est nettoyée ([procédure 178](#) : dégagement des joints endommagés ou altérés (déjointoiement))
- on procédera ensuite à l'humidification préalable du support afin de limiter les phénomènes de succion d'eau du mortier. Le durcissement correct du mortier nécessite en effet une présence suffisante d'humidité durant un certain laps de temps
- le mortier de rejointoiement adéquat ([procédure 171](#) : composition du mortier) est alors préparé ou livré prêt à l'emploi sur le chantier
- les joints dégagés sont ensuite remplis et serrés à l'aide du mortier ([procédure 179](#) : remplissage et serrage des joints)
- afin d'obtenir un durcissement correct du mortier, il importe de maintenir le rejointoiement humide durant un certain temps. Selon les conditions atmosphériques, il peut s'avérer utile de procéder régulièrement à une légère humidification après le rejointoiement.



### 3. OBJECTIFS

Le type, la couleur, la forme et la structure du joint déterminent en grande partie l'aspect de la maçonnerie.

Le mortier de jointoiment protège en outre le mortier de maçonnerie sous-jacent et remplit ainsi, d'une certaine façon, une fonction "auto-sacrificielle". De plus, dans le cas d'une maçonnerie massive, le mortier de jointoiment peut contribuer à limiter la pénétration des eaux de pluie ([procédure 47](#) : infiltrations liées aux pluies).

### 4. RESTRICTIONS

Lorsque les joints ne sont remplacés qu'au niveau local, les différences de couleur et de texture entre les joints nouveaux et ceux d'origine sont inévitables. C'est pourquoi on procédera bien souvent au rejointoiment complet d'un élément de façade lorsqu'une partie importante du jointoiment doit être renouvelée.

Même en cas d'exécution très soignée du jointoiment, il n'est pas toujours possible d'empêcher que la pierre naturelle ou la brique ne soit souillée.

Des efflorescences peuvent faire leur apparition après le rejointoiment. Bien que de solubilité réduite, les efflorescences de sulfate (les plus courantes) disparaissent dans la majorité des cas spontanément. Le temps nécessaire sera fonction de la fréquence d'humidification et de séchage de la maçonnerie.

Lorsqu'une pluie battante s'abat sur un jointoiment frais, des dépôts superficiels de carbonate de calcium peuvent apparaître. Ces efflorescences ne sont pas solubles dans l'eau mais il est possible de les éliminer à l'aide d'acide dilué. Cette technique comporte toutefois des risques (voir aussi [procédure 104](#) : produits de nettoyage acides).

Il n'est généralement pas aisé de dégager correctement des joints étroits (inférieurs à 5 mm) sans endommager les briques ou les pierres naturelles. Ils sont en outre difficile à rejointoyer et c'est pourquoi il vaut mieux éviter de procéder à la rénovation de ce type de joints.

### 5. REMARQUES

Lorsque le jointoiment existant est fortement endommagé, on tentera d'en déterminer la cause. En effet, la dégradation du mortier de jointoiment n'est pas toujours due à un défaut de celui-ci mais peut également être la conséquence de la sensibilité au gel du mortier de pose sous-jacent.

Si le mortier de pose est sensible au gel, le seul renouvellement du jointoiment s'avère souvent insuffisant. On veillera alors aussi à maintenir le taux d'humidité du mortier de pose (sensible au gel) à un niveau aussi faible que possible, par exemple en procédant à une hydrofugation correcte de la maçonnerie ([procédure 201](#) : hydrofugation). Il n'est cependant pas possible de garantir totalement la non-gélivité des mortiers traités de la sorte.

## DÉGAGEMENT DES JOINTS ENDOMMAGÉS OU ALTÉRÉS (DÉJOINTOIEMENT)

### 1. CONTEXTE

Afin d'empêcher le descellement du nouveau mortier de jointoiment, celui-ci doit être mis en œuvre en épaisseur suffisante. C'est la raison pour laquelle les joints endommagés ou altérés doivent être préalablement éliminés sur une profondeur correspondante (procédure 177 : rejointoiment).

Comme il est en outre difficile d'obtenir un serrage correct du mortier pour des joints trop profonds, on procédera au déjointoiment soigné sur une profondeur constante et préalablement déterminée.

### 2. DESCRIPTION

Les joints endommagés ou altérés sont généralement éliminés manuellement à l'aide d'un burin (pneumatique) ou d'un disque abrasif. Cette intervention doit être réalisée avec le plus grand soin afin d'éviter toute dégradation de la pierre naturelle ou de la brique. Les risques de dégradation sont particulièrement élevés lors de l'élimination des joints verticaux.

Il est recommandé de dégager totalement la largeur du joint, de façon à obtenir une section parallépipédique (pas en forme de V). La profondeur du joint sera de préférence voisine de 1 à 1,5 fois sa largeur.

Tous les débris et poussières sont ensuite éliminés du joint à l'aide d'air comprimé ou par jet d'eau.



Nécessité de corriger la largeur et la profondeur du joint.

### 3. OBJECTIFS

Une élimination minutieuse du jointoiment endommagé et altéré et une préparation correcte du joint contribuent à la durabilité du nouveau jointoiment.

### 4. RESTRICTIONS

Il est généralement difficile de dégager correctement les joints étroits (d'une largeur inférieure à 5 mm) sans endommager la maçonnerie.



## REPLISSAGE ET SERRAGE DES JOINTS

### 1. CONTEXTE

Le remplissage et le serrage des joints font partie intégrante du rejointoiment complet ou partiel ([procédure 177](#) : rejointoiment).

### 2. DESCRIPTION

Durant le jointoiment, le joint est rempli de mortier de composition adaptée ([procédure 171](#) : composition du mortier).

Lors de sa mise en œuvre, le mortier de jointoiment est généralement très sec afin de réduire les risques de souillure des matériaux. On parle alors d'un mélange de consistance "terre humide". Cependant, si l'on remplit le joint à l'aide d'un mortier à consistance "semi-plastique" quelque peu plus humide, il sera plus facile de procéder à son serrage et on obtiendra, en règle générale, un jointoyage plus durable et de meilleure qualité.

On a de plus en plus souvent recours à des mortiers de jointoiment prêts à l'emploi ou du moins prédosés car ils permettent d'obtenir une composition constante et une couleur homogène.

Pour obtenir un joint bien compact, il importe que le mortier soit appliqué avec soin, remplisse le joint et soit bien serré à la dague ou à l'outil à jointoyer.

On procédera de préférence d'abord à la mise en œuvre et au parachèvement du joint vertical avant de passer à la réalisation du joint horizontal, ceci afin d'obtenir un joint vertical travaillé sur toute la hauteur. Si l'on réalise ensuite le parachèvement du joint horizontal, le raccord du joint vertical et du joint horizontal sera automatiquement assuré.

Cette technique est couramment utilisée pour les joints difficiles, tels que les joint saillants ou en glacis. Pour les joints plus courants, on procède bien souvent d'abord à la mise en œuvre du joint horizontal avant celle du joint vertical, bien que cet ordre d'exécution soit moins favorable.

Il est préférable de ne pas introduire le mortier dans le joint par des mouvements obliques ou fuyants mais bien d'assurer le serrage par un mouvement perpendiculaire à la surface, afin que le joint soit correctement rempli et le mortier serré de manière uniforme.

La finition dépendra du type de joint souhaité. Dans le cas d'un joint plat, le joint horizontal est généralement lissé en une seule fois. Si l'on désire obtenir un joint lisse, on assurera un serrage plus intense. Si le joint doit être peigné ou brossé, le serrage sera moindre; une surface trop fortement lissée ne se laisse en effet que difficilement brosser.

### 3. OBJECTIFS

Si l'on utilise une composition de mortier appropriée, que l'on travaille de manière soignée, que l'on remplit d'abord le joint vertical et ensuite le joint horizontal et que l'on procède enfin à un serrage correct, on obtiendra un jointoiment durable et de qualité.

### 4. RESTRICTIONS

Si l'on procède d'abord à la mise en œuvre et au parachèvement du joint horizontal, on appliquera généralement moins de mortier dans le joint vertical. Ceci entraîne quasiment toujours un serrage moindre du joint vertical au niveau de son raccord avec le joint horizontal.

## TYPES DE JOINTS

### 1. CONTEXTE

Lors du rejointoiment complet ou partiel, on choisira le type de joint en fonction du rejointoiment existant.

### 2. DESCRIPTION

On distingue les types de joints suivants :

- selon la localisation de la surface du joint par rapport à celle de la brique ou du bloc :
  - joint plein (affleurant)
  - joint creux (en retrait ou repoussé)
  - joint saillant
- selon l'orientation de la surface du joint :
  - joint parallèle au parement
  - joint en glacis (pente vers l'intérieur dirigée vers le haut)
  - joint en glacis inversé (pente vers l'intérieur dirigée vers le bas)
- selon la forme du joint :
  - joint plat
  - joint profilé (concave ou demi-rond ou 'en canal', arrondi ou bombé, coupé, ...)
- selon la structure de la surface du joint :
  - joint lissé à la dague
  - joint brossé diagonalement à la brosse dure
  - joint peigné
  - joint tamponné à la brosse dure après une certaine prise.



Réalisation des joints coupés.

### 3. OBJECTIFS

Tous les types de joints ne possèdent pas la même durabilité. Un joint plat à fleur de parement correctement serré dispose généralement d'une résistance maximale face aux conditions atmosphériques.

### 4. RESTRICTIONS

Certains types de joints spéciaux, tels que les joints saillants, sont particulièrement sensibles aux dégradations occasionnées par l'accumulation d'eau, la pollution, l'alternance des cycles de gel/dégel, ...

## ÉVALUATION DU REJOINTOIEMENT

### 1. CONTEXTE

Durant l'exécution du jointoiment, on procède au contrôle du respect des prescriptions en la matière et on vérifie si la composition de mortier prescrite est bien utilisée.

Une fois le travail achevé, on pourra évaluer le résultat en ce qui concerne la couleur et son homogénéité, l'absence de taches de mortier sur les blocs ou les pierres et le dimensionnement. Etant donné qu'on ne peut procéder à l'évaluation judicieuse du résultat final qu'après durcissement complet du mortier, il est préférable de respecter un délai de 28 jours.

### 2. DESCRIPTION

L'évaluation du jointoiment peut porter sur un ou plusieurs des aspects suivants : la conformité de la composition de mortier utilisée, le respect des prescriptions d'exécution, l'aspect et les propriétés mécaniques des joints.

#### ■ Conformité de la composition de mortier utilisée

En cas de gâchage du mortier de jointoiment sur chantier, on pourra prélever *in situ* un échantillon des charges (sables) et du liant afin de les identifier et contrôler la conformité de la composition par rapport aux prescriptions du cahier des charges. La granulométrie des charges peut être déterminée par tamisage.

Dans le cas d'une composition de mortier prête à l'emploi, la conformité doit être garantie par le fabricant et, le cas échéant, contrôlée en laboratoire.

En cas de mortier historique, un échantillon de mortier peut être analysé après durcissement ([procédure 136](#) : analyse des mortiers et enduits).

#### ■ Respect des prescriptions d'exécution

Durant l'exécution, on vérifiera le respect des prescriptions du cahier des charges, par exemple en ce qui concerne l'élimination des anciens joints ([procédure 178](#) : dégagement des joints endommagés ou altérés (déjointoiment)) et la façon dont le nouveau mortier de jointoiment est mis en œuvre ([procédure 179](#) : remplissage et serrage des joints).

Au moment de l'évaluation du jointoiment de maçonneries présentant un intérêt historique non négligeable, on mettra principalement l'accent sur la préservation du matériau pierreux d'origine en évitant la dégradation des blocs de pierre naturelle ou des briques.

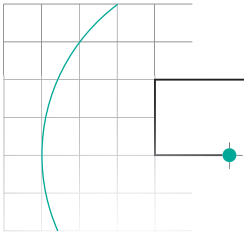
#### ■ Aspect

Dans la plupart des cas, l'évaluation de l'aspect est bien souvent réalisée de manière visuelle. A cet effet, on s'attache à la couleur et plus particulièrement à son homogénéité. En cas de contestations en la matière, on peut envisager de procéder à des mesures de la



Différence frappante d'aspect d'un mur jointoyé.





couleur ([procédure 146](#) : mesure de la couleur (colorimétrie)). Pour ce faire, il convient d'utiliser un colorimètre présentant une petite fenêtre de mesure, de sorte à ne mesurer que la couleur du joint et non pas celle de la brique ou de la pierre naturelle avoisinante.

#### ■ Propriétés mécaniques des joints

Dans la majorité des cas, les propriétés mécaniques des joints ne sont pas importantes en soi. Pour les joints à base de ciment, on s'accorde à dire que les joints durs sont généralement plus durables que les joints tendres. C'est pourquoi aux Pays-bas on impose parfois des exigences en matière de dureté des joints et on utilise alors un scléromètre spécial pour procéder à l'évaluation.

La dureté du joint n'est en général pas directement définie, mais elle est en grande partie déterminée par la composition du mortier, en particulier par le type de liant utilisé et son dosage.

#### ■ Présence de fissures de retrait

Il n'existe pas de critères qui définissent les fissures de retrait acceptables et celles qui ne le sont pas. L'absorption d'eau le long des fissures de retrait ne peut toutefois pas entraîner une diminution de l'étanchéité à la pluie de l'ensemble du mur ou à un taux d'humidité élevé dans la zone rejointoyée.

La présence de fissures peut être décelée à l'oeil nu et leur largeur peut éventuellement être mesurée ([procédure 10](#) : mesure des largeurs de fissuration).

### 3. OBJECTIFS

Dans la plupart des cas, on procédera uniquement à une évaluation visuelle, très facile et rapide à réaliser.

### 4. RESTRICTIONS

Une évaluation ne se révèle judicieuse qu'au cas où des critères d'évaluation ont été préalablement définis.

### 5. REMARQUES

Des efflorescences peuvent faire leur apparition après le rejointoiment. Il faut en chercher l'origine dans les éléments constitutifs du mortier de rejointoiment. L'apparition d'efflorescences constitue un phénomène normal et n'implique pas un travail peu soigné ou mal exécuté.

# ÉVALUATION D'UNE RESTAURATION DE MATÉRIAUX DE FAÇADE

## 1. CONTEXTE

La restauration de matériaux de façade se compose généralement de différentes interventions. Chacune d'entre elle fait l'objet d'une évaluation spécifique qui se déroule bien souvent aussi à un moment distinct. Si on le désire, on peut également évaluer les différentes interventions conjointement si celles-ci sont toutes terminées.

## 2. DESCRIPTION

L'évaluation d'une restauration de matériaux de façade se compose des étapes suivantes :

- [procédure 155](#) : évaluation d'une consolidation
- [procédure 163](#) : évaluation d'un ragréage
- [procédure 176](#) : évaluation du remplacement de matériaux pierreux
- [procédure 181](#) : évaluation du rejointoiement.

## 3. REMARQUES

Des efflorescences peuvent faire leur apparition après le renouvellement ou le rejointoiement de la maçonnerie. Il faut en chercher l'origine dans les éléments constitutifs du mortier de pose et de jointoiement et éventuellement de la brique.

L'apparition d'efflorescences constitue un phénomène normal et n'apporte pas la preuve d'un travail peu soigné ou mal exécuté.









**CSTC 2006**

**CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION**

Editeur responsable : **Carlo De Pauw**  
D/2006/0611/03