

# CSTC

UNE ÉDITION DU CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION



NOTE D'INFORMATION  
TECHNIQUE **246**

## POSTISOLATION DES MURS CREUX PAR REPLISSAGE DE LA COULISSE

# POSTISOLATION DES MURS CREUX PAR REMPLISSAGE DE LA COULISSE

La présente Note d'information technique a été élaborée par un groupe de travail créé au sein du Comité technique 'Plafonnage et jointoyage'.

## Composition du CT Plafonnage et jointoyage

<i>Président</i>	J. Van den Putte (Pubro-Gevelux-Isobel)
<i>Vice-président</i>	J. Jacquemin (Jacquemin Plafonnage)
<i>Membres</i>	J. Aerts (Jozef Aerts bvba), F. Armand (UNEP), B. Broekaert (BCCA), J.-P. Demuyck (Desta bvba), M. Dutry (Renovatiebedrijf Maarten Dutry bvba), E. Godderis (SECO), H. Hendriks (Entreprise Jointoyeur), G. Mostenne (Entreprise Mostenne), N. Naert (Febelcem), J. Peeters (Bedrijf Peeters), B. Rooze (Rooze bvba), D. Van Kerckhove (Confederatie Bouw, NaVAP), D. Verhaegen (Verhaegen Danny bvba)
<i>Ingénieurs-animateurs</i>	Y. Grégoire et A. Smits (CSTC)
<i>Ingénieurs TAC</i>	S. Eeckhout et L. Firket (CSTC)

## Composition du groupe de travail

<i>Membres</i>	M. Collings (Sibli), F. Coveliers (Confederatie Bouw), E. De Bolster (SECO), M. Delghust (UGent), M. Deroover (Isoprof), B. Deschoolmeester (BCCA), P. Falzone (SPF Economie), J. Grobet (Knauf Insulation), M. Henderieckx (CSTC), E. Jennen (Noten), G. Michaux (NAV), K. Michiels (Caviso), L. Neirinckx (Styfabel), A. Pittoors (Bouwunie), T. Sels (CBI), G. Timmermans (CIR), Y. Trimbos (Nestaan), M. Van Den Bergh (BCCA), B. Vandermarcke (BCCA), C. Van Loock (Fédération belge de la brique), D. Van Kerckhove (Confederatie Bouw, NaVAP), L. Vasseur (Fédération belge de la brique), J. Verbeke (BCCA), K. Waer (Bouwunie), K. Willem (NAV), E. Winnepenninckx (CSTC), P. Wouters (CSTC)
<i>Rapporteurs</i>	A. Janssens (UGent) et J. Wijnants (CSTC)

Nous remercions également M. Wagneur (ex-CSTC) pour sa collaboration à l'élaboration du présent document.

## CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION

CSTC, établissement reconnu en application de l'arrêté-loi du 30 janvier 1947

Siège social : Rue du Lombard 42 à 1000 Bruxelles



Publication à caractère scientifique visant à faire connaître les résultats des études et recherches menées dans le domaine de la construction en Belgique et à l'étranger.



La reproduction ou la traduction, même partielles, du texte de la présente Note d'information technique n'est autorisée qu'avec le consentement de l'éditeur responsable.

1

**INTRODUCTION**..... 5

1.1 Objectifs et champ d’application ..... 5

1.2 Nature des travaux ..... 6

1.3 Conditions de sécurité pendant les travaux ..... 6

2

**CONDITIONS ARCHITECTONQUES ET ASPECTS CONSTRUCTIFS** ..... 7

2.1 Types de murs creux se prêtant à la technique de la postisolation ..... 7

    2.1.1 Mur creux non isolé ..... 7

    2.1.2 Mur creux partiellement isolé ..... 7

    2.1.3 Mur creux existant destiné à être isolé ultérieurement par l’extérieur ..... 8

2.2 Conditions constructives nécessaires à l’application de la méthode ..... 8

    2.2.1 Caractéristiques du bâtiment influençant le comportement à l’humidité de la façade ..... 8

    2.2.2 Caractéristiques des matériaux constitutifs du mur extérieur et état de la coulisse ..... 11

    2.2.3 Détails de réalisation du mur creux ..... 14

    2.2.4 Dégâts visibles ..... 15

2.3 Aspects constructifs à considérer lors de la mise en œuvre d’une postisolation ..... 15

    2.3.1 Joints de dilatation ..... 15

    2.3.2 Gainés de ventilation, conduits d’évacuation et autres canalisations traversant la façade ..... 16

    2.3.3 Joints verticaux ouverts ..... 16

    2.3.4 Ventilation du vide sanitaire ..... 16

    2.3.5 Ponts thermiques ..... 16

    2.3.6 Percements dans la paroi intérieure du mur creux ..... 18

3

**INSPECTION PRÉALABLE DE L’OUVRAGE** ..... 19

3.1 Evaluation de l’aptitude de l’ouvrage à bénéficier d’une postisolation ..... 19

3.2 Evaluation des aspects architectoniques importants pour la mise en œuvre ..... 19

3.3 Aménagements complémentaires ..... 20

4

**MATÉRIAUX D’ISOLATION** ..... 21

4.1 Familles de produits ..... 21

    4.1.1 Mousses synthétiques isolantes ..... 21

    4.1.2 Fibres isolantes ..... 21

    4.1.3 Granulés isolants ..... 21

4.2 Conditionnement, stockage et étiquetage des matériaux ..... 22

4.3 Performances thermiques ..... 22

<b>5</b>	<b>DIRECTIVES DE MISE EN ŒUVRE</b> .....	25
5.1	Travaux préparatoires.....	25
5.1.1	Traversées de conduits de ventilation et d'évacuation.....	25
5.1.2	Obturation de la coulisse.....	26
5.1.3	Ouvertures dans le mur porteur.....	27
5.2	Orifices de remplissage.....	27
5.2.1	Percement des orifices.....	27
5.2.2	Implantation des orifices de remplissage.....	27
5.2.3	Mesure de la largeur de la coulisse via les orifices de remplissage.....	28
5.2.4	Séquence des opérations de forage, de mesurage et de remplissage.....	28
5.3	Remplissage de la coulisse.....	29
5.3.1	Matériel de remplissage.....	29
5.3.2	Conditions climatiques lors de la mise en œuvre.....	29
5.3.3	Remplissage de la coulisse.....	29
5.4	Travaux ultérieurs.....	30
5.4.1	Obturation des bouches de remplissage, des orifices de contrôle et des événements... 30	30
5.4.2	Finitions.....	30
<b>6</b>	<b>SUIVI DES TRAVAUX</b> .....	31
6.1	Contrôle du remplissage de la coulisse.....	31
6.2	Contrôle de la masse volumique de l'isolant.....	31
6.3	Rapport des travaux effectués.....	31
6.4	Effets secondaires.....	32
	<b>ANNEXE 1</b> Terminologie et définitions.....	33
	<b>ANNEXE 2</b> Aide-mémoire pour la préparation de l'inspection préalable.....	34
	<b>ANNEXE 3</b> Détermination de la catégorie de rugosité du terrain.....	38
	<b>ANNEXE 4</b> Rapport d'inspection préalable.....	40
	<b>ANNEXE 5</b> Rapport des travaux effectués.....	42
	<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	45





# 1 INTRODUCTION

## 1.1 OBJECTIFS ET CHAMP D'APPLICATION

La présente Note d'information technique (NIT) propose une série de recommandations aux entrepreneurs qui ont en charge la postisolation de murs creux par remplissage de la coulisserie. Seuls sont visés les murs creux constitués d'une paroi portante en maçonnerie ou en béton armé et d'une paroi extérieure maçonnée, séparées par une coulisserie de 50 mm minimum (voir § 2.2.1.1). Les façades à ossature en bois habillées d'un parement en maçonnerie ne sont pas traitées dans le présent document.

La postisolation des murs creux non isolés rencontre un succès croissant en raison des exigences thermiques toujours plus sévères imposées au bâti existant. La technique consiste à insérer un matériau isolant dans la coulisserie (creux du mur) par des orifices préalablement forés soit dans la maçonnerie de parement, soit dans la paroi intérieure du mur. Cette solution pratique offre l'avantage d'améliorer les performances thermiques des constructions existantes, tout en limitant les nuisances pour les occupants.

La postisolation d'un mur creux non isolé est susceptible de réduire le coefficient de transmission thermique de la façade d'origine (valeur  $U$ ), selon sa composition et la résistance thermique de l'isolant, d'un facteur 2 à 3. Une campagne de mesures effectuée dans le cadre d'une recherche menée par l'université de Gand a révélé que les

performances thermiques des murs creux isolés *a posteriori* répondent non seulement aux résultats escomptés, mais se maintiennent également dans le temps (figure 1).

Les murs creux existants dont la maçonnerie de façade est en bon état et dont la coulisserie est suffisamment large peuvent faire l'objet d'une postisolation au moyen d'un matériau isolant approprié, pour autant que le personnel chargé de l'exécution ait été formé à cette fin et que le mur possède l'aptitude voulue. Bien que la technique s'applique principalement aux bâtiments existants, elle peut également convenir aux constructions neuves. Dans ce cas, on tiendra compte, dès la conception et le choix des matériaux, des conditions et spécifications décrites dans la présente NIT ainsi que des dispositions prévues dans les règlements régionaux en matière de performances énergétiques. Une application particulière de la méthode consiste à profiter de la rénovation du bâtiment et de la pose d'un système d'isolation extérieur pour procéder au remplissage de la coulisserie.

Les normes NBN EN 14064-1 [B32] et NBN EN 14064-2 [B33] récemment publiées couvrent les produits en laine minérale et leur mise en œuvre à des fins de postisolation. De nouvelles normes traitant d'autres matériaux isolants viendront prochainement compléter la série. Dans la mesure où ces normes sont harmonisées, les fabricants concernés sont tenus d'apposer le marquage CE sur leurs produits conformément à l'annexe nor-

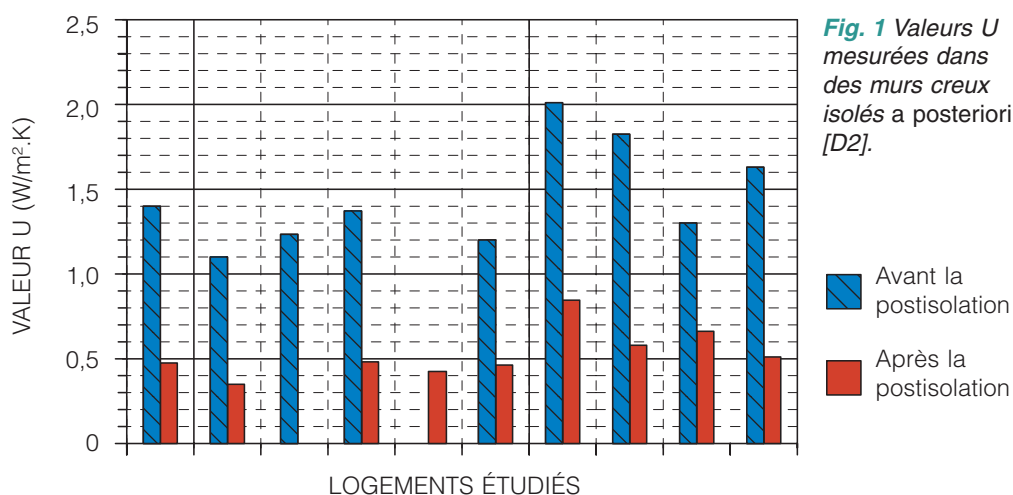


Fig. 1 Valeurs  $U$  mesurées dans des murs creux isolés *a posteriori* [D2].



mative ZA et à la directive européenne 89/106/CE sur les produits de construction [E5] <sup>(1)</sup>.

Les normes susmentionnées portent sur les performances des produits tels que mis sur le marché, mais ne traitent pratiquement pas de leur mise en œuvre. Les quelques directives d'exécution qui y sont formulées ne suffisent pas à informer efficacement les entreprises amenées à exécuter des travaux de postisolation.

La présente Note d'information technique, qui se veut un code de bonne pratique, tient compte des développements précités et des connaissances les plus récentes en la matière. Elle remplace les dispositions relatives à la postisolation des murs creux publiées dans la NIT 178 [C5] et est conforme aux exigences des STS 71-1 [S1].

## 1.2 NATURE DES TRAVAUX

Sauf mention contraire ou complémentaire des documents contractuels, les travaux ci-après font partie du processus de postisolation :

- l'inspection préalable du mur creux en vue de s'assurer de l'applicabilité de la technique – compte tenu de la conception du bâtiment – et de définir les opérations éventuelles à réaliser avant et après les travaux. L'inspection préalable comprend notamment le contrôle de la largeur de la coulisse et l'examen visuel de celle-ci. Les constatations qui en résultent sont consignées dans un rapport écrit (cf. chapitre 3)
- les travaux préparatoires (cf. § 5.1) tels que la délimitation verticale de la coulisse, l'obturation des ouvertures au droit des traversées de conduites, tant dans les murs intérieur et extérieur que dans les finitions intérieures (à proximité des caissons à volet, des prises de courant, des placards, etc.), ou le contrôle de ces travaux lorsqu'ils ont été exécutés par des tiers
- le forage des orifices de remplissage et des

événements ainsi que la mesure de la largeur de la coulisse (§ 5.2)

- le réglage du matériel de remplissage, la mise à l'épreuve de celui-ci et du matériau isolant qui en ressort ainsi que le remplissage de la coulisse (§ 5.3)
- le rebouchage des orifices à l'aide de matériaux appropriés à l'état et à l'aspect de la maçonnerie, ainsi que les opérations élémentaires à réaliser après les travaux (dégagement des conduits obstrués, remise en place des grilles, évacuation des déchets), etc. (§ 5.4)
- après contrôle des défauts éventuels et leur réparation, l'établissement d'un rapport des travaux effectués (chapitre 6).

Sauf dispositions contraires des documents contractuels, les opérations suivantes – même si elles ont leur importance, dans certains cas, pour que la façade soit rendue apte à la mise en œuvre de l'isolation – ne font pas partie des travaux proprement dits :

- réparation des fentes et fissures de mouvement dans le mur de parement
- réfection des joints de maçonnerie en mauvais état
- pose d'une barrière d'étanchéité à l'eau au droit des discontinuités de la coulisse (pied de mur, haut des baies de fenêtre, etc.)
- application d'un traitement d'hydrofugation, pose d'un enduit extérieur ou de tout autre revêtement de protection de la façade contre la pluie.

## 1.3 CONDITIONS DE SÉCURITÉ PENDANT LES TRAVAUX

Conformément au Règlement général pour la protection du travail (RGPT) et au Code sur le bien-être au travail, des mesures de protection collective efficaces doivent être prises pour prévenir la chute des travailleurs, des matériaux et du matériel.

Quand il s'avère impossible de prendre les dispositions requises en raison de la nature des travaux, la sécurité des travailleurs doit être assurée par le recours à des équipements individuels.

<sup>(1)</sup> A partir du 1<sup>er</sup> juillet 2013, ce marquage s'effectuera sur la base de l'article 4 du Règlement européen n° 305/2011 [E6].



## 2 CONDITIONS ARCHITECTONIQUES ET ASPECTS CONSTRUCTIFS

Ce chapitre définit les types de murs creux susceptibles de faire l'objet d'une postisolation et précise les conditions minimales auxquelles les murs doivent satisfaire en vue de garantir une mise en œuvre de qualité. Il passe également en revue plusieurs aspects constructifs qui peuvent se révéler importants pour la préparation des travaux, ou qui peuvent contribuer à la qualité des travaux de rénovation (menés de pair avec des travaux de post-isolation).

### 2.1 TYPES DE MURS CREUX SE PRÊTANT À LA TECHNIQUE DE LA POSTISOLATION

Le mur creux est un procédé traditionnellement utilisé dans des pays tels que la Belgique, le Danemark, les Pays-Bas ou le Royaume Uni pour réaliser des façades fréquemment exposées aux pluies battantes. Ce type de mur protège en effet des infiltrations d'eaux de pluie de par sa configuration même : deux parois séparées par une cavité (appelée coulisserie) et dotées de dispositifs de drainage. Pourvu d'une lame d'air, le mur creux traditionnel ne procure qu'une faible isolation thermique et ne répond donc plus aux besoins en matière de performances énergétiques des bâtiments.

A condition de satisfaire aux conditions constructives requises (voir § 2.2), les types de murs suivants se prêtent à la technique de la postisolation par remplissage de la coulisserie :

- mur creux non isolé neuf ou existant
- mur creux existant partiellement isolé
- mur creux existant non isolé ou partiellement isolé destiné à recevoir ultérieurement un système d'isolation extérieure (travaux de rénovation, par exemple).

#### 2.1.1 MUR CREUX NON ISOLÉ

Qu'il soit neuf ou non, le mur creux non isolé peut

faire l'objet d'une postisolation par remplissage de la coulisserie.

Il se compose d'une paroi intérieure en maçonnerie portante ou en béton armé, revêtue éventuellement d'un enduit ou d'une finition similaire, et d'une paroi extérieure en maçonnerie revêtue éventuellement d'un enduit ou d'une peinture. Dans le cas de murs creux existants, les deux parois sont séparées par une cavité d'une largeur généralement comprise entre 50 et 70 mm.

La paroi extérieure remplit la fonction de pare-pluie, la coulisserie faisant office de rupture capillaire et empêchant l'eau de pluie d'atteindre la paroi intérieure. En cas de pluies battantes, l'eau qui a pu traverser la paroi extérieure s'écoule dans le bas de la coulisserie pour être évacuée, au niveau d'une membrane de drainage, par le biais des joints verticaux ouverts situés au-dessus des interruptions de la coulisserie (pied de façade, linteaux de fenêtre, etc.).

La paroi intérieure doit être munie d'une finition étanche à l'air (par exemple, un enduit du côté intérieur des locaux) afin de permettre une mise en équilibre des pressions de part et d'autre du mur de parement et d'éviter ainsi que l'eau de pluie qui aurait pu traverser le parement ne soit projetée sur le mur intérieur et ne donne lieu à des problèmes d'infiltration.

La liaison structurelle des deux parois est en général assurée par des crochets d'ancrage résistant à la corrosion (acier galvanisé, inoxydable, etc.).

#### 2.1.2 MUR CREUX PARTIELLEMENT ISOLÉ

Ce type de mur comporte une lame d'air entre la maçonnerie de parement et les panneaux isolants insérés au moment de la construction. La post-isolation de la coulisserie offre l'avantage d'accroître



la résistance thermique du mur et d'empêcher la circulation éventuelle de l'air (et donc les pertes de chaleur) résultant d'une pose moins soignée de l'isolation existante.

Dans ce cas de figure, le choix du produit d'isolation devra être de nature à éviter tout risque de condensation interne entre l'isolant en place et le nouveau matériau. Par ailleurs, lors du remplissage de la coulisserie, on veillera à ne pas comprimer l'isolation existante.

### **2.1.3 MUR CREUX EXISTANT DESTINÉ À ÊTRE ISOLÉ ULTÉRIEUREMENT PAR L'EXTÉRIEUR**

Avant d'appliquer un système d'isolation par l'extérieur et un revêtement étanche à la pluie (enduit, bardage, etc.) sur un mur creux existant, il est vivement conseillé de procéder au remplissage de la coulisserie au moyen d'un matériau isolant, afin d'éviter une circulation de l'air du côté chaud de l'isolant extérieur. À défaut, des flux d'air sont susceptibles de pénétrer dans la coulisserie par les ouvertures présentes dans la paroi (autour des fenêtres, au droit des rives de toiture, etc.) et de compromettre ainsi les performances thermiques du système d'isolation extérieur. Le remplissage de la coulisserie aura en outre un effet bénéfique sur la résistance thermique globale du mur parachevé.

En présence d'un mur creux de ce type, certaines des conditions énoncées au § 2.2 peuvent ne pas s'appliquer. Selon la technique utilisée, on pourrait par exemple envisager de procéder à la post-isolation d'un mur creux d'une largeur inférieure à la valeur requise au § 2.2.1, car un manque d'homogénéité dans le remplissage n'aurait dans ce cas pas de conséquences néfastes sur les performances.

## **2.2 CONDITIONS CONSTRUCTIVES NÉCESSAIRES À L'APPLICATION DE LA MÉTHODE**

Avant de procéder à l'isolation de la coulisserie d'un mur creux existant, il y a lieu de s'assurer de l'applicabilité de la technique. À cet effet, il convient de s'intéresser, d'une part, aux caractéristiques du bâtiment susceptibles d'influencer

le comportement de la façade vis-à-vis de l'humidité et, d'autre part, aux caractéristiques des matériaux constitutifs de la paroi extérieure du mur. Les détails de raccord et les dégâts éventuellement présents feront également l'objet d'un examen attentif.

Les recommandations formulées aux §§ 2.2.1 à 2.2.4 ainsi que l'aide-mémoire proposé à l'annexe 2 serviront de guide pour mener à bien l'inspection préalable. Selon la situation sur chantier et les données disponibles quant au bâtiment, ces recommandations permettront de déterminer la faisabilité de la technique, d'identifier les aspects exigeant une attention particulière et de définir les moyens à mettre en œuvre pour limiter ou exclure les risques de dégradations ultérieures.

Si l'on envisage d'appliquer la post-isolation dans une construction neuve, les recommandations formulées ci-après devront être prises en compte dès le stade du projet et le choix des matériaux.

### **2.2.1 CARACTÉRISTIQUES DU BÂTIMENT INFLUENÇANT LE COMPORTEMENT À L'HUMIDITÉ DE LA FAÇADE**

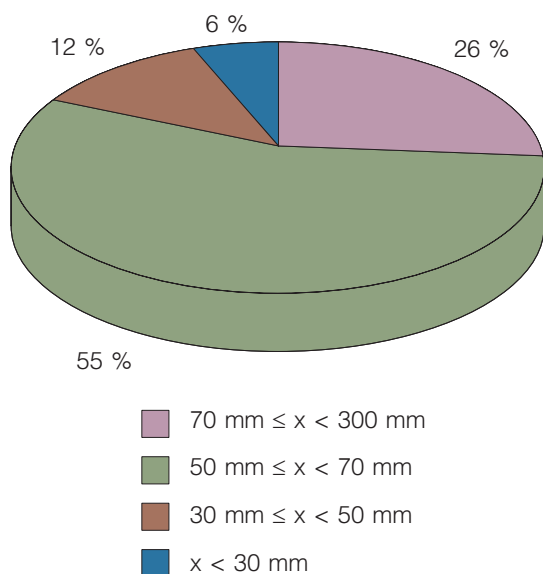
#### **2.2.1.1 LARGEUR DE LA COULISSE**

La présente NIT s'applique aux murs creux dont la coulisserie a une largeur nominale d'au moins 50 mm <sup>(2)</sup>. Les connaissances techniques sont insuffisamment étayées pour pouvoir se prononcer clairement sur les possibilités d'utilisation de la technique dans des coulissières de moins de 50 mm.

Sachant qu'en Belgique, plus de 80 % des murs creux non isolés possèdent une coulisserie de 50 mm de largeur ou plus (figure 2), on peut considérer que la technique de la post-isolation représente un potentiel considérable.

Dans le cas des coulissières de moins de 50 mm, les parois risquent d'être mises en contact par des irrégularités de la surface ou des débris tels que des déchets de mortier (cf. § 2.2.2.6). De plus, selon le type d'isolant choisi et le soin apporté à la réalisation de la coulisserie, la répartition correcte du matériau s'avérera plus malaisée, ce qui peut réduire les performances d'isolation. Enfin, plus la coulisserie est étroite, plus la résistance thermique de la couche d'isolation diminue.

<sup>(2)</sup> Dans un mur creux non isolé, la largeur nominale de la coulisserie se mesure d'une face à l'autre des parois dirigées vers la cavité. Dans un mur creux partiellement isolé, elle se mesure depuis la face intérieure du parement jusqu'à la face des panneaux d'isolation dirigée vers la cavité. La méthode de mesure est décrite au § 5.2.3.



**Fig. 2** Largeur de la coulisse des murs creux dans les maisons unifamiliales en Wallonie (statistiques élaborées sur la base de quelque 19.000 dossiers de procédure d'avis énergétique).

#### 2.2.1.2 HAUTEUR MAXIMALE DE LA FAÇADE

Les sollicitations dues au vent et aux pluies battantes sont évaluées sur la base de la hauteur des murs de façade à isoler et de la rugosité du terrain telle que spécifiée dans la norme NBN EN 1991-1-4 [B19]. La méthode de détermination de la catégorie de rugosité du terrain est explicitée à l'annexe 3.

Dans le cas de façades non protégées et exposées aux pluies battantes, la mise en œuvre de la post-isolation est réservée aux murs dont la hauteur est limitée à 25 mètres en catégorie de rugosité de terrain III et IV, et à 8 mètres en catégorie II.

Les catégories de rugosité du terrain et les hauteurs de façade maximales correspondantes sont précisées au tableau 1 (p. 10).

Si la situation du bâtiment induit des sollicitations plus sévères, le maître d'ouvrage fera procéder à un examen approfondi de la coulisse ainsi qu'à une analyse des risques; selon les résultats obtenus, il envisagera des mesures éventuelles en vue de prévenir les infiltrations d'eau (pose d'un revêtement de façade étanche à la pluie, par exemple).

#### 2.2.1.3 PROTECTION DES FAÇADES

Dans un mur creux, la paroi extérieure en maçonnerie et la coulisse drainée assurent une protection

efficace contre la pénétration de l'eau de pluie. La quantité d'eau qui peut néanmoins traverser la paroi extérieure et doit être drainée au pied de la coulisse dépend de plusieurs facteurs, à savoir :

- la catégorie de rugosité du terrain (cf. § 2.2.1.2)
- l'orientation du mur
- la perméabilité de la façade (perméabilité des briques de parement, état des joints, dégradations, etc.) (voir § 2.2.2)
- le degré de protection de la façade.

Sous nos latitudes, les murs orientés à l'ouest, au sud-ouest et au sud sont les plus exposés aux pluies battantes (figure 3, p. 10). Ces façades reçoivent non seulement de grandes quantités de précipitations, mais sont également exposées aux vents violents et aux pressions qui en résultent, ce qui peut encore aggraver les problèmes d'infiltration.

Les murs orientés au nord, au nord-est et à l'est, bien que généralement moins exposés aux pluies battantes, sont susceptibles d'être humidifiés lorsque les précipitations s'accompagnent de phénomènes tourbillonnaires (liés aux effets de bord ou à l'environnement urbanistique, par exemple). Néanmoins, pour des façades orientées du nord-ouest au nord-est, voire au sud-est, on peut admettre une catégorie de rugosité de terrain d'une classe moins sévère [S2].

Pour réduire les risques d'infiltration d'eau de pluie, les maçonneries qui font l'objet d'une post-isolation doivent être équipées d'un couvre-mur débordant suffisamment par rapport au nu de la façade. Ce couvre-mur sera constitué d'un matériau imperméable et aura une pente suffisante afin d'écarter l'eau de la surface du mur. Tous les éléments faisant saillie sur la façade (balcons, corniches, gouttières, etc.) seront munis, dans leur partie inférieure, d'un larmier adéquat disposé à bonne distance du mur.





Les façades qui, de par leur hauteur et leur localisation, seraient trop sollicitées que pour faire l'objet d'une post-isolation pourront néanmoins être supposées à l'abri de la pluie si la largeur  $L$  de l'élément en surplomb équivaut à un quart au moins de la hauteur  $H$  de la partie de mur en contrebas (figure 4, p. 10). La partie protégée de la façade (partie haute du mur) peut être négligée dans le calcul de la hauteur maximale en fonction de la rugosité du terrain.

#### 2.2.1.4 CLIMAT INTÉRIEUR

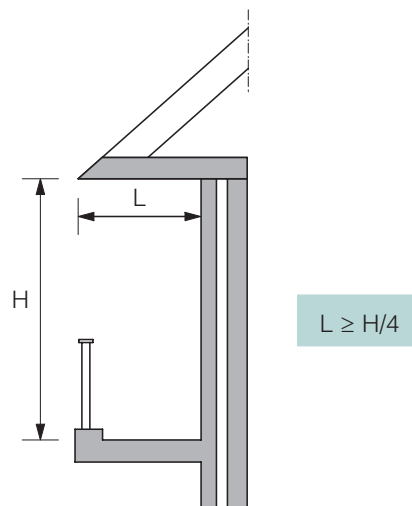
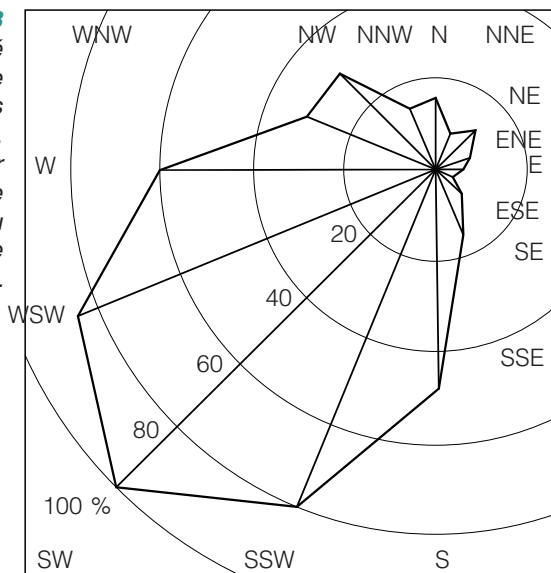
Pour prévenir tout risque d'humidification dans un

(suite du texte en p. 11)

**Tableau 1**  
Hauteur maximale des façades exposées aux pluies battantes, en fonction de la rugosité du terrain.

Catégorie de rugosité du terrain		Hauteur maximale de la façade $H_{max}$	Exemples
0	Mer ou zone côtière exposée aux vents de mer	0 m	
I	Lac ou zone à végétation négligeable et libre de tout obstacle		
II	Zone à végétation basse telle que de l'herbe, avec ou non quelques obstacles isolés (arbres, bâtiments) séparés les uns des autres d'au moins 20 fois leur hauteur	8 m	
III	Zone avec une couverture végétale régulière, des bâtiments ou des obstacles isolés, séparés d'au plus 20 fois leur hauteur (par exemple, village, zone suburbaine, forêt permanente)	25 m	
IV	Zone urbaine dont au moins 15 % de la surface est occupée par des bâtiments de hauteur moyenne supérieure à 15 m	25 m	

**Fig. 3**  
Intensité moyenne des pluies battantes, multipliée par leur durée moyenne au cours d'une année [C3].



**Fig. 4** Détermination de la largeur minimale d'un élément en surplomb.

mur creux postisolé (en raison d'une condensation interne excessive, par exemple), le climat régnant à l'intérieur du bâtiment ne peut pas être trop humide. Pour les constructions dans lesquelles le climat intérieur est de classe IV (piscines couvertes, usines à papier, etc.), la postisolation des murs creux est déconseillée, à moins que des mesures appropriées, fondées sur une étude hygrothermique, soient prises en vue de maîtriser l'humidité. Pour plus d'informations au sujet du contrôle du climat intérieur, on consultera l'Infofiche n° 11 [V1].

## 2.2.2 CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX CONSTITUTIFS DU MUR EXTÉRIEUR ET ÉTAT DE LA COULISSE

### 2.2.2.1 PERMÉABILITÉ DE LA MAÇONNERIE DE PAREMENT

Lorsque la paroi extérieure d'un mur creux est très perméable et qu'elle est exposée aux pluies battantes, de grandes quantités d'eau sont susceptibles de s'infiltrer dans la coulisserie. La perméabilité d'un mur de parement dépend de la perméabilité des briques ou des blocs et de la continuité des joints de maçonnerie. Le type de joint et l'état du jointolement ne sont pas sans importance dans ce contexte. En effet, en obturant les discontinuités de la maçonnerie, le jointoyage permet d'en améliorer sensiblement l'étanchéité à la pluie (cf. NIT 208) [C4].

En toute logique, un bloc de béton caverneux est plus perméable qu'une brique de terre cuite. De même, une maçonnerie collée à joints verticaux ouverts ou une façade dégradée dont les joints sont en mauvais état est caractérisée par une structure ouverte.

Des essais d'étanchéité à l'eau réalisés sur des maçonneries en briques de terre cuite posées en



**Fig. 5** Maçonnerie de parement soignée dont le jointolement est en bon état.

panneresse dont les joints sont en bon état font apparaître qu'en cas de pluies battantes, seuls 1 à 3 % du débit d'eau arrivant sur la façade pénètrent dans la coulisserie (selon les différences de pression). Ce pourcentage atteint entre 10 et 50 % si la maçonnerie est constituée de blocs de béton ou de briques de terre cuite collées ou non jointoyées [J1].

En présence d'une façade très perméable, il convient donc de renoncer à la postisolation, à moins que des mesures soient prises pour améliorer la protection contre la pluie. Si les joints sont simplement détériorés, il suffira de procéder aux réparations nécessaires. Dans les autres cas, on pourra envisager, par exemple, la mise en œuvre d'un bardage ou d'un enduit extérieur.

### 2.2.2.2 BRIQUES ET BLOCS DE PAREMENT

La postisolation d'un mur creux accroît l'action du gel sur le parement et restreint la vitesse de séchage si la maçonnerie est exposée aux pluies battantes. Pour prévenir les dégâts par le gel, il convient d'évaluer de manière critique la qualité des éléments de la maçonnerie extérieure. Les données relatives à la résistance au gel des matériaux sont précisées dans la documentation technique des fabricants.

Les éléments de maçonnerie qui constituent la paroi extérieure d'un mur creux destiné à faire l'objet d'une postisolation doivent présenter une résistance élevée au gel. Les briques de terre cuite doivent répondre aux prescriptions de la norme NBN B 23-002 (et ses addenda) [B1, B2, B3] ou appartenir à la catégorie d'exposition F2 telle que définie par la norme NBN EN 771-1 [B10] et déterminée sur la base d'un essai de gel direct selon la norme NBN B 27-009 (et ses addendas) [B4, B5, B6]. Les blocs de béton, quant à eux, doivent répondre aux dispositions de la norme NBN EN 771-3 [B11] et des Prescriptions techniques PTV 21-001 [P1]. En ce qui concerne les pierres naturelles, enfin, on consultera la norme NBN EN 771-6 [B12] ainsi que la Note d'information technique n° 228 du CSTC [C7].

En l'absence de données techniques précises, une première indication quant à la sensibilité au gel des éléments pourra être obtenue en examinant l'état des parties de maçonnerie très exposées aux pluies battantes et au froid, telles que les zones proches des cheminées, des rives de toiture ou des soubassements. En cas de doute, il conviendra de faire appel à un expert qui procédera à une étude détaillée basée sur des essais de gel.

Si la façade ne présente pas de dégradations par





**Fig. 6** Briques détériorées par le gel.

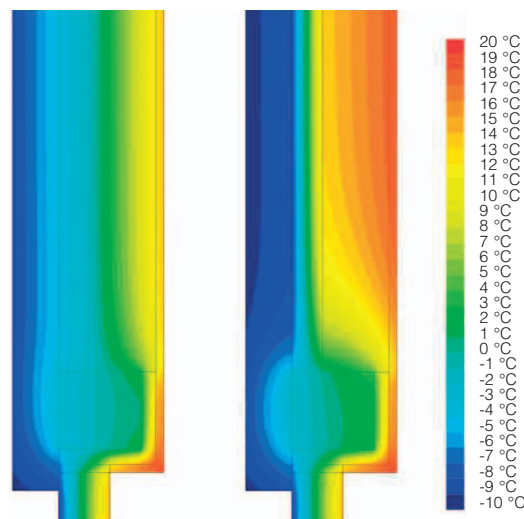
le gel, mais que la résistance au gel des éléments est mise en doute, des mesures peuvent être prises afin de réduire leur humidification lors de pluies battantes et les risques de dégâts qui en découlent. Parmi les techniques envisageables, citons l'hydrofugation de surface, l'application d'un enduit extérieur adhérent perméable à la vapeur, la pose de couvre-murs et/ou la mise en œuvre de dispositifs visant à prévenir l'humidification en pied de mur.

Si la façade est déjà détériorée par le gel, la pose d'un revêtement approprié assurant une protection durable contre l'eau de pluie (bardage ou enduit extérieur sur isolant, par exemple) la mettra à l'abri d'une dégradation ultérieure. Le cas échéant, la sensibilité au gel de la maçonnerie de parement ne constituera plus un obstacle à la postisolation du mur creux. Néanmoins, l'application seule d'un traitement hydrofuge ou d'un enduit adhérent directement sur la maçonnerie dégradée n'apportera pas de garanties suffisantes.

### 2.2.2.3 QUALITÉ DU MORTIER DE POSE ET DU MORTIER DE JOINTOIEMENT

Une fois le mur creux isolé, le mortier de pose et le mortier de jointoiment seront, eux aussi, davantage sollicités par l'action du gel. Comme déjà signalé pour les briques et les blocs de parement, l'état des parties de façade très exposées aux pluies battantes est un bon indicateur de la tenue au gel du mortier.

Les dégâts de gel sur les mortiers de pose se manifestent le plus souvent par une microfissuration d'allure horizontale, voire, dans certains cas, par la structure lamellaire du matériau (feuilletage). Un mortier dégradé que l'on raye à l'aide d'un corps dur aura en outre tendance à s'effriter en surface.



**Fig. 7** Evolution des températures dans un mur creux avant isolation (à gauche) et après isolation (à droite). On remarque l'action accrue du gel sur la maçonnerie de parement après isolation.

A noter que les dégâts de gel sur les mortiers de pose s'accompagnent souvent d'un gonflement qui entraîne le descellement des joints. Dans ce cas, un ponçage et un simple rejointoyement des éléments de maçonnerie ne suffiront pas pour remédier à la situation. Si l'on constate que la maçonnerie de parement a été récemment rejointoyée, on s'informerera sur les motifs de ces travaux.

Le mortier de jointoiment dégradé sera éliminé et remplacé par un mortier non gélif adapté à la nature de la maçonnerie et à son degré d'exposition (cf. NIT 208) [C4].

En présence d'un mortier de pose gélif, des mesures plus radicales s'imposent. On pourra ainsi opter pour la mise en œuvre d'un revêtement de façade approprié étanche à la pluie (enduit extérieur sur isolant ou bardage, par exemple), pour autant que la stabilité de la façade le permette.



**Fig. 8** Mortier de pose dégradé par le gel (zones de teinte claire) et descellement des joints.

Si le mortier de pose ne présente pas de dégâts de gel, mais que sa tenue au gel est mise en doute et que l'on ne dispose pas de données précises quant à la composition du matériau (cf. § 2.2.2.2), la prudence sera de mise, en particulier si l'on soupçonne la présence d'un véritable mortier à la chaux ou l'utilisation de sable fin lors de sa confection. En cas de doutes sérieux, on fera procéder à une analyse sur des lames minces.

#### 2.2.2.4 FAÇADES MUNIES D'UN REVÊTEMENT PARE-VAPEUR

Le fait que la postisolation d'un mur creux ôte toute possibilité de ventiler la coulisse ne porte pas à conséquence sur une maçonnerie de terre cuite non peinte, où la ventilation ne contribue guère au séchage des murs.

Par contre, dans une façade munie d'un revêtement extérieur étanche à la vapeur, la ventilation de la coulisse joue un rôle important pour le taux d'humidité du mur de parement.

Afin de prévenir les risques de dégâts par le gel, il est vivement déconseillé d'isoler *a posteriori* un mur creux dont le parement est composé d'éléments très résistants à la diffusion de vapeur d'eau (briques émaillées, carreaux, mosaïque, etc.) ou d'éléments insuffisamment résistants au gel et pourvus d'une finition moyennement ou fortement étanche à la vapeur.

La postisolation d'une façade peinte peut néanmoins être envisagée si les briques ou les blocs et le mortier utilisés présentent une résistance au gel suffisante. Toutefois, dans la mesure où le système de peinture est moyennement à fortement étanche à la vapeur, il y a lieu de tenir compte du fait que le séchage de la maçonnerie peut être considérablement ralenti si les infiltrations d'eau (par les fissures inévitablement présentes dans la façade) ne sont pas totalement exclues. Dans le cas de



**Fig. 9** Maçonnerie en briques émaillées dégradées par le gel.

façades exposées aux pluies, de telles conditions peuvent donner lieu localement au décollement de la peinture et/ou à la formation d'algues et de mousses.

La postisolation pourra également être envisagée lorsqu'on aura éliminé la finition pare-vapeur ou que celle-ci est munie ultérieurement d'un revêtement étanche à la pluie (enduit extérieur sur isolant, bardage, etc.).

L'application d'une peinture perméable à la vapeur ( $\mu_d < 0,05$  m selon la norme NBN EN 1062-1) [B14] devrait en principe suffire, mais une étude particulière s'impose en cas de doute.

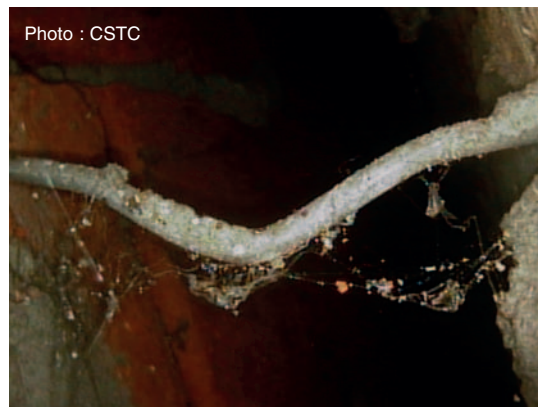
Avant d'entreprendre la postisolation d'une façade munie d'un enduit, il convient de s'assurer de l'état du revêtement, de sa bonne adhérence à la maçonnerie et de sa perméabilité à la vapeur (voir plus haut). Le cas échéant, il y a lieu de conseiller au maître d'ouvrage de faire réparer l'enduit selon les recommandations de la NIT 209 [C6].

**Remarque** : en matière d'enduits, les exigences de résistance à la diffusion de vapeur dépendent également de la capacité d'absorption du matériau (critères *Künzel*).

#### 2.2.2.5 CROCHETS D'ANCRAGE

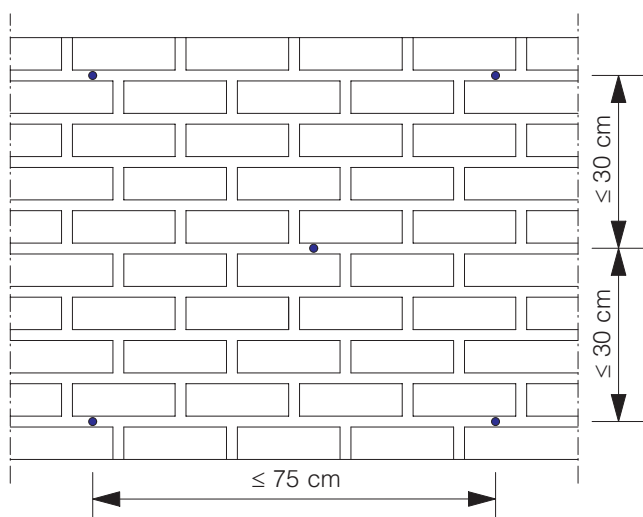
L'état des crochets d'ancrage dans un mur creux existant n'est généralement pas connu. Bien qu'il ne soit évidemment pas possible de vérifier le nombre et l'état de tous les crochets présents dans la façade, l'inspection préalable de la maçonnerie permettra de repérer les crochets rouillés ou manquants.

En Belgique, il était courant de disposer cinq crochets par mètre carré selon le schéma de la figure 11 (p. 14).



**Fig. 10** Inspection des crochets d'ancrage par endoscopie de la coulisse.





**Fig. 11** Répartition des crochets d'ancrage dans un mur creux.

La postisolation ne peut en aucun cas nuire à la stabilité de la maçonnerie ni à l'intégrité des crochets d'ancrage. Il importe dès lors d'utiliser des matériaux exempts d'effet corrosif. On consultera à ce sujet les STS 71-1 [S1]. Les murs creux dont les crochets d'ancrage sont détériorés ou dont le nombre est insuffisant requièrent des mesures appropriées.

De nombreux types de crochets adaptés à la restauration des murs creux sont aujourd'hui disponibles dans le commerce.

#### 2.2.2.6 COULISSE DU MUR CREUX

Les risques d'infiltration d'eau et de remplissage incomplet du mur creux sont plus importants lorsque la coulisse renferme des bavures et déchets de mortier, des gravats, des boutisses traversant le mur de part en part, des encastresments de poutres, etc. S'il constate des étranglements locaux, l'exécutant contrôlera par endoscopie la présence d'obstructions éventuelles afin de vérifier si la continuité du remplissage peut être assurée (figure 12).

On tiendra compte en particulier de la taille des bavures de mortier : si celles-ci réduisent l'espace localement à moins de 30 mm, le risque d'infiltration d'eau peut y être accru. Il est dès lors conseillé de prévoir davantage d'orifices de remplissage au droit des étranglements afin d'assurer une isolation uniforme de la coulisse.

### 2.2.3 DÉTAILS DE RÉALISATION DU MUR CREUX

#### 2.2.3.1 DRAINAGE DE LA COULISSE

Les murs creux sont généralement pourvus de



**Fig. 12** L'endoscopie permet de détecter des obstacles tels que déchets et balèbres de mortier tapissant la coulisse.

membranes de drainage assurant l'évacuation, via les joints verticaux ouverts, de l'eau de pluie qui traverserait éventuellement la paroi extérieure. Ces membranes sont positionnées de préférence au pied des façades et au-dessus de toutes les discontinuités de la coulisse (portes, châssis de fenêtre, etc.). Si l'absence de tels dispositifs donne lieu à des problèmes d'humidité, il conviendra d'y remédier avant d'entamer les travaux d'isolation (voir § 2.2.4.1).



**Fig. 13** Drainage de la coulisse et joints verticaux ouverts au droit d'une baie de fenêtre.

### 2.2.3.2 ETANCHÉITÉ À L'AIR

Comme précisé ci-avant, la paroi intérieure d'un mur creux doit être pourvue d'une finition suffisamment étanche à l'air afin d'éviter des problèmes d'humidification. Cette étanchéité à l'air est habituellement assurée par un enduit que l'on applique sur la face intérieure du mur porteur.

Si la paroi intérieure est constituée par une maçonnerie laissée apparente, l'étanchéité à l'air est généralement obtenue par cimentage de la face du mur orientée vers la coulisse.

Dans les garages ou les greniers inoccupés, où les murs ne sont pas systématiquement revêtus d'un enduit, la postisolation pourra néanmoins être réalisée à condition de tenir compte du fait que des taches d'humidité peuvent occasionnellement apparaître sur la face intérieure du mur lorsque celui-ci est soumis à des conditions d'exposition sévères. Vu la nature des locaux considérés, cette humidité n'occasionnera généralement pas de problèmes majeurs.

### 2.2.4 DÉGÂTS VISIBLES

#### 2.2.4.1 FAÇADES PRÉSENTANT DES SIGNES DE DÉGRADATIONS DUES À L'HUMIDITÉ

La postisolation des façades détériorées par l'humidité ne peut être envisagée sans certaines réserves. Ainsi, la présence de taches d'humidité sur la face intérieure du mur peut révéler un manque de soin lors de la réalisation et laisser supposer une résurgence des problèmes d'humidité après les travaux d'isolation. Le cas échéant, on identifiera au préalable l'origine du phénomène en accord avec le maître d'ouvrage.

Si les taches résultent d'une infiltration d'eau ou d'un problème d'humidité ascensionnelle, il convient de remédier à la situation avant de procéder à l'isolation de la coulisse. En cas d'infiltrations d'eau de pluie au droit des discontinuités de la coulisse, il suffit parfois de dégager les joints verticaux situés au-dessus des membranes de drainage (en veillant à ne pas endommager ces dernières).

Les descentes d'eaux pluviales, les rives de toiture et les couvre-murs défectueux devront, quant à eux, être réparés.

En présence de condensation superficielle ou de moisissures, la postisolation combinée au chauffage et à la ventilation des locaux permettra de remédier au problème (voir § 2.3.5).

### 2.2.4.2 FISSURATION DES FAÇADES

Les façades dont le mur de parement est fortement fissuré doivent être réparées et ce, même s'il n'y a pas d'infiltrations d'eau à l'intérieur du bâtiment.

Une fois la cause du phénomène déterminée et les fissures stabilisées, on procédera à une réparation adéquate (ouverture des fissures et remplissage au mortier, par exemple).

Les fissures importantes dues aux mouvements thermiques de la façade seront colmatées au moyen d'un matériau de jointoyage présentant des propriétés d'élasticité durables.

## 2.3 ASPECTS CONSTRUCTIFS À CONSIDÉRER LORS DE LA MISE EN ŒUVRE D'UNE POSTISOLATION

Lorsque les conditions énumérées au § 2.2 sont réunies, on peut considérer que le mur creux est apte à faire l'objet d'une postisolation. Les aspects examinés ci-après devront néanmoins être pris en considération.

### 2.3.1 JOINTS DE DILATATION

Les façades ou éléments de façade de grande longueur doivent comporter un nombre suffisant de joints de dilatation pour compenser les mouvements thermiques plus importants auxquels la maçonnerie sera soumise après l'isolation de la coulisse.

L'écartement des joints de dilatation dépendra de la nature de la maçonnerie et des ouvertures présentes dans la façade. Le tableau 2 précise l'écartement  $l_m$  préconisé pour les bâtiments neufs par la norme NBN EN 1996-2 et son annexe nationale [B21, B22]. On pourra s'inspirer de ces valeurs dans le cadre d'une analyse des risques effectuée dans un bâtiment existant dont la maçonnerie présenterait un schéma d'implantation plus clairsemé.

Si l'écartement plus important des joints de dilatation dans les constructions existantes n'exclut pas l'applicabilité de la postisolation, il convient néan-

**Tableau 2** Ecartement des joints de dilatation recommandé par la norme NBN EN 1996-2 et son annexe nationale.

Nature de la maçonnerie	$l_m$ (m)
Terre cuite ou pierre naturelle	12
Béton de granulats	6

moins de tenir compte des contraintes thermiques accrues qui peuvent en résulter, avec à la clé une éventuelle microfissuration de la maçonnerie de parement.

Les fissures occasionnées par des mouvements thermiques contrariés du mur extérieur (au droit d'un linteau bétonné *in situ*, par exemple) ont parfois tendance à s'accroître après les travaux d'isolation, étant donné que le mur est davantage sollicité par les variations de températures. La présence de joints disposés de manière judicieuse revêt donc plus d'importance encore dans ces zones. Au cas où des joints supplémentaires s'avèrent nécessaires, on veillera à ce que la stabilité de la maçonnerie soit assurée.

En présence d'un bâtiment élevé nouvellement construit, on peut également prévoir, dans le sens vertical, des possibilités de dilatation à intervalles réguliers que l'on complètera en principe par une interruption et un drainage de la coulisse.

### 2.3.2 GAINES DE VENTILATION, CONDUITS D'ÉVACUATION ET AUTRES CANALISATIONS TRAVERSANT LA FAÇADE

Il y a lieu de vérifier l'emplacement et l'état des gaines de ventilation, conduits d'évacuation et autres canalisations présentes dans les murs creux (traversées horizontales de conduits de fumées, évacuation de hottes de cuisine, ventilateurs, sèche-linge, etc.). Les conduits débouchant directement dans la coulisse seront obturés à leur périphérie au moyen d'un matériau isolant approprié. Des ouvertures seront pratiquées dans le mur extérieur de manière à faire émerger ces conduits à l'extérieur du bâtiment, puis seront obturées au moyen d'une grille adéquate.

Les traversées de conduits endommagées seront réparées avant le début des travaux.

L'entrepreneur s'informerera auprès du maître d'ouvrage de la présence éventuelle de conduites d'eau et de canalisations électriques au sein du mur creux, afin de ne pas les endommager lors du percement des orifices de remplissage. S'il constate que des conduites d'eau sont situées du côté froid de la coulisse, il en avertira le maître d'ouvrage de façon à ce que celui-ci les fasse déplacer pour les mettre à l'abri du gel.

### 2.3.3 JOINTS VERTICAUX OUVERTS

Les joints verticaux ouverts destinés à la venti-

lation de la coulisse et présents avant les travaux d'isolation devront être obturés de manière permanente s'ils se situent en partie haute du mur extérieur. Les joints en pied de façade dont la fonction de drainage est avérée ne pourront, par contre, pas être obturés; de même, les joints destinés à assurer le drainage au-dessus des linteaux, des planchers en porte-à-faux, des balcons, galeries et éléments similaires doivent pouvoir continuer à remplir correctement leur fonction.

Si la postisolation est réalisée à l'aide de granulés en vrac, les orifices à conserver dans le mur seront protégés de manière telle que le matériau d'isolation reste en place dans la coulisse sans nuire à son drainage.

### 2.3.4 VENTILATION DU VIDE SANITAIRE

Dans les bâtiments anciens, la ventilation du vide sanitaire ou de la cave est parfois assurée par des dispositifs mis en place dans la coulisse du mur creux. Cette ventilation ne peut être compromise par la mise en œuvre d'un isolant. S'il n'est pas possible de conserver le mécanisme de ventilation existant, de nouveaux dispositifs devront être installés en nombre suffisant (compte tenu de la surface totale à ventiler) et seront correctement répartis sur la façade.

### 2.3.5 PONTS THERMIQUES

La coulisse de la plupart des murs creux existants s'interrompt au droit des nœuds constructifs; c'est par exemple le cas au niveau des linteaux de fenêtre et des poutres de ceinture coulés *in situ* ou encore au droit des retours de baie. Ces zones, appelées ponts thermiques, sont le siège de déperditions calorifiques accrues et présentent dès lors des températures superficielles plus froides (voir figure 14, p. 17). Dans les bâtiments dont le climat intérieur est humide, elles peuvent donner lieu à des problèmes d'humidité qui prendront la forme de moisissures et de condensation superficielle.

Dans les bâtiments non affectés par des problèmes d'humidité, les ponts thermiques ne constituent pas un obstacle direct à la postisolation, la surface des murs isolés étant plus chaude que celle de murs non isolés. Dans bien des cas, ces températures plus élevées se manifestent également dans le plan du mur et, dans une moindre mesure, au droit des ponts thermiques. Un mur creux postisolé sera donc moins sujet à la condensation superficielle et aux moisissures.

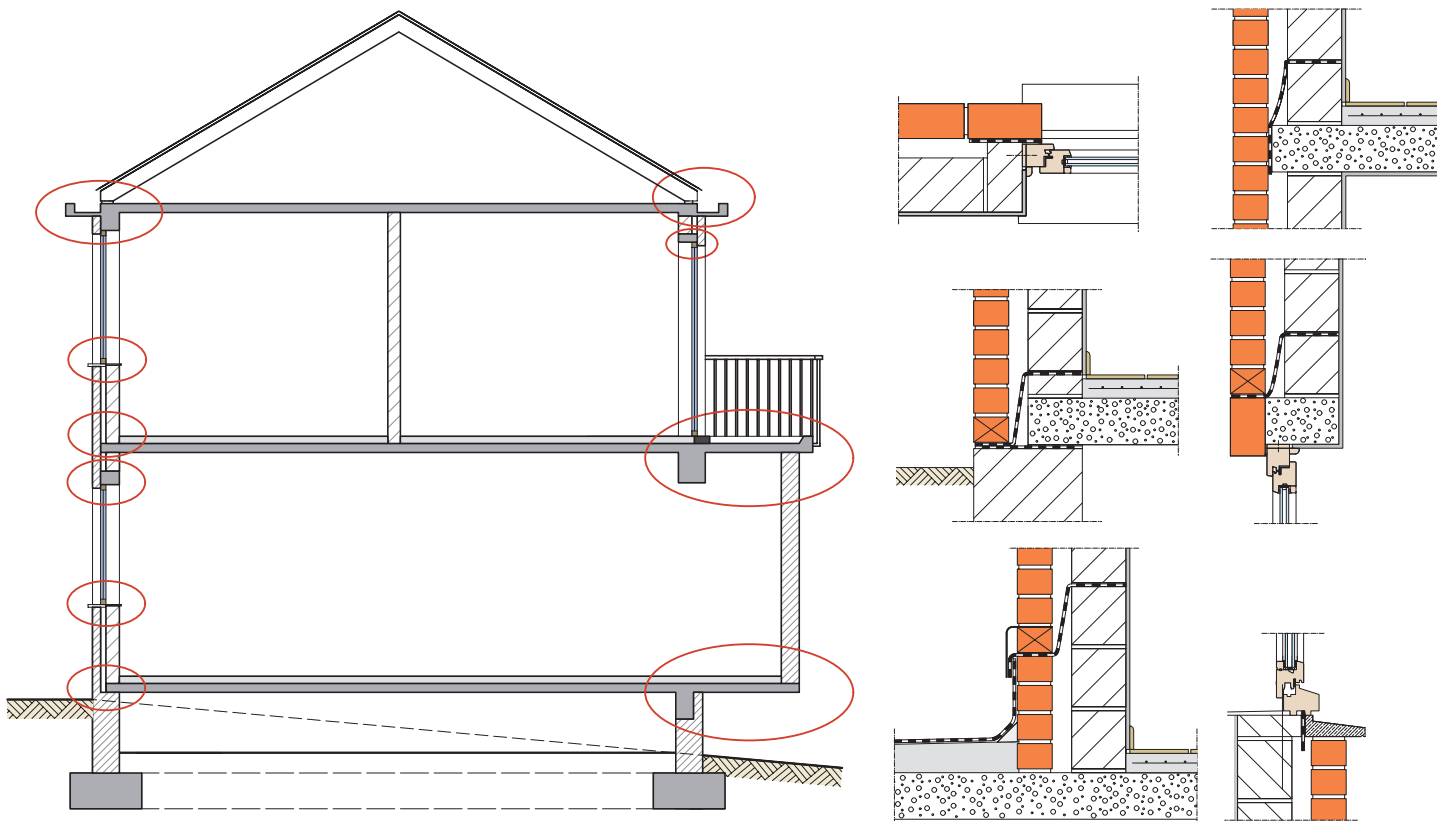


Fig. 14 Ponts thermiques fréquents dans un bâtiment existant.

La figure 15 illustre les isothermes calculées, avant et après isolation, à la surface intérieure d'un mur creux à la jonction avec une baie de fenêtre surmontée d'un linteau en béton coulé *in situ*. On observe un net réchauffement, après isolation, dans le plan du mur intérieur et dans le nœud constructif qui lui est associé (pont thermique).

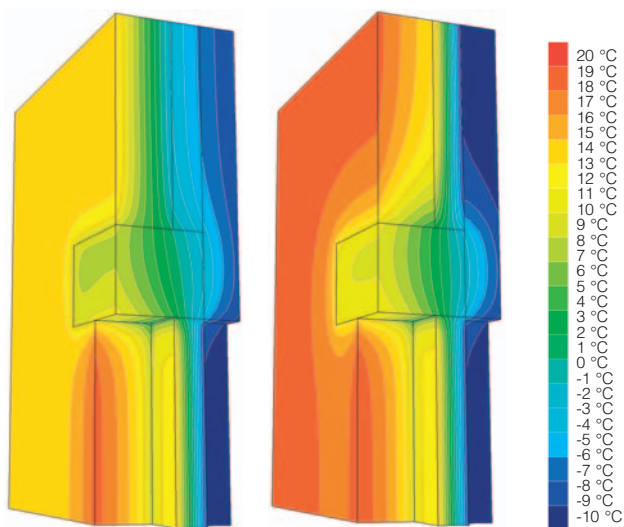


Fig. 15 Evolution de la température à la jonction d'un mur creux et d'une baie de fenêtre avant isolation (à gauche) et après isolation (à droite). La postisolation a également pour effet d'augmenter la température superficielle du pont thermique.

Si le pont thermique reste le siège d'importantes pertes de chaleur, celles-ci peuvent être réduites grâce à des mesures d'isolation complémentaires appropriées. Au cas où la mise en œuvre d'un système d'isolation extérieure s'avère impossible, on pourra procéder à la pose d'un isolant (figure 16) et d'une finition au droit des linteaux et des retours de baie à l'intérieur des locaux.

La présence de condensation superficielle et de moisissures peut toutefois révéler un déficit de

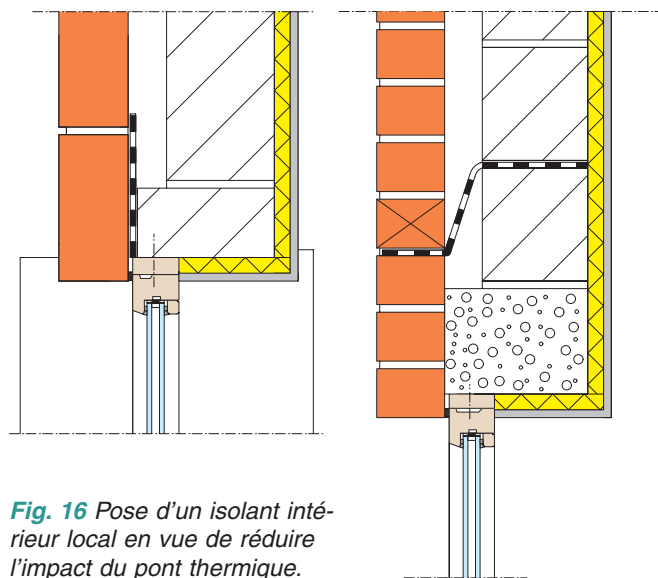


Fig. 16 Pose d'un isolant intérieur local en vue de réduire l'impact du pont thermique.

chauffage et de ventilation. Si le maître d'ouvrage est engagé dans un processus de rénovation énergétique, il pourra envisager d'installer un système de ventilation naturelle ou mécanique afin de garantir un climat intérieur confortable dans un logement que diverses interventions d'isolation auraient rendu plus étanche.

Dans l'éventualité où l'on opterait pour la post-isolation d'une construction neuve, une conception judicieuse des nœuds constructifs devra permettre de prévenir l'apparition de ponts thermiques. L'auteur de projet veillera à prolonger la coulisse sans

discontinuité sur toute la surface de la façade et à exclure l'usage de matériaux thermoconducteurs pour son obturation.

### **2.3.6 PERCEMENTS DANS LA PAROI INTÉRIEURE DU MUR CREUX**

Avant d'entamer les travaux d'isolation, il y a lieu de combler et d'obturer toute ouverture ménagée dans la paroi intérieure du mur creux et susceptible de laisser s'échapper le matériau isolant (voir § 5.1.3).





# 3 INSPECTION PRÉALABLE DE L'OUVRAGE

Il appartient à l'entrepreneur chargé des travaux de postisolation de s'assurer par une inspection préalable que le mur creux répond aux critères d'aptitude définis au chapitre 2. Cette opération, réalisée par un personnel qualifié, comprendra un examen approfondi de la coulisse (endoscopie) et des parties extérieures du mur.

Chaque bâtiment doit être évalué individuellement, dans la mesure où la situation est différente d'une construction à l'autre. L'attention portera en particulier sur les aspects bien connus de l'entrepreneur pour leur impact préjudiciable à la bonne exécution des travaux.

Le responsable de l'inspection consignera ses observations dans un rapport d'inspection (voir à ce sujet l'annexe 4).

## 3.1 EVALUATION DE L'APTITUDE DE L'OUVRAGE À BÉNÉFICIER D'UNE POST-ISOLATION

L'inspection préalable comprend au minimum un contrôle des points suivants (voir également § 2.2) :

- type de mur (mur creux isolé ou non, mur massif); l'âge de la structure peut donner une indication quant à la composition du mur, à la largeur de la coulisse et à son éventuelle isolation
- largeur de la coulisse
- hauteur de la façade et degré d'exposition
- affectation du bâtiment et climat intérieur correspondant
- état de la façade (fissurations, résistance au gel, qualité des joints, des peintures, enduits, etc.)
- signes éventuels de dégâts dus à l'humidité, tant du côté intérieur qu'extérieur
- état de la coulisse (présence et état des crochets d'ancrage, etc.)
- étanchéité à l'air du mur porteur.

Pour pouvoir déterminer la largeur et l'état de la coulisse, il est nécessaire de forer des orifices de

contrôle et de sonder le mur par endoscopie. Les résultats de cet examen seront interprétés en tenant compte d'une marge de sécurité.

L'évaluation de l'aptitude du bâtiment à faire l'objet d'une postisolation peut conduire à l'une des conclusions suivantes :

- le mur creux satisfait à toutes les conditions architectoniques énoncées au § 2.2 et se prête parfaitement à la technique de la postisolation
- le mur creux ne convient pas à la mise en œuvre de la postisolation
- le mur creux ne réunit pas toutes les conditions constructives énoncées au § 2.2, mais peut néanmoins faire l'objet d'une postisolation moyennant certaines améliorations
- une inspection plus approfondie (essais de gel, mesure du climat intérieur, etc.) est requise pour s'assurer que l'ouvrage est apte à bénéficier d'une postisolation.

## 3.2 EVALUATION DES ASPECTS ARCHITECTONIQUES IMPORTANTS POUR LA MISE EN ŒUVRE

L'examen des points suivants (et leur mention dans le rapport d'inspection) devrait permettre un calcul correct du prix et une bonne préparation des travaux :

- accessibilité des façades à isoler
- dimensions des façades à isoler
- estimation du volume de remplissage
- éléments à poser pour séparer et obturer la coulisse à la limite avec les habitations voisines ou avec les pans de façade qui ne doivent pas être isolés
- présence de joints verticaux ouverts (pour la ventilation et/ou le drainage de la coulisse) et de membranes de drainage
- présence de traversées de conduits dans le mur creux (évacuation de fumée, etc.)
- présence de dispositifs de ventilation du vide sanitaire



- présence et emplacement des canalisations d'eau et des égouts éventuels dans le mur porteur ou dans la coulisse
- ouvertures dans le mur porteur au droit des boîtiers électriques (interrupteurs, prises de courant, etc.), au niveau des combles, des placards, etc.
- présence de caissons à volet ou à pare-soleil et possibilités de démontage
- présence de joints de dilatation.

### 3.3 AMÉNAGEMENTS COMPLÉMENTAIRES

L'inspection préalable peut mettre en évidence la nécessité d'effectuer un certain nombre d'adaptations qui ne font généralement pas partie des tra-

voux d'isolation :

- réparation des fentes et fissures de mouvement affectant le mur de parement, mais ne résultant pas de la gélivité du mortier de pose
- rejointoyage ou remplacement des joints abîmés ou endommagés
- réfection des gouttières et couvre-murs endommagés (risques de fuites)
- pose de membranes de drainage au pied de la coulisse
- mise en œuvre d'un revêtement étanche à la pluie sur la façade.

Le responsable de l'inspection mentionnera dans son rapport la nature des réparations et modifications à entreprendre, en précisant si elles doivent être réalisées avant ou après les travaux d'isolation.



# 4 MATÉRIAUX D'ISOLATION

## 4.1 FAMILLES DE PRODUITS

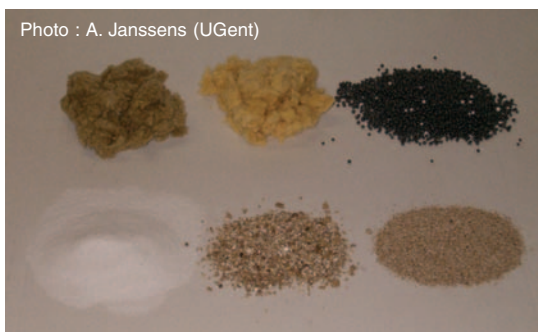
Les STS 71-1 [S1] distinguent les mousses synthétiques, les fibres et les granulés. Nous présentons ci-après les différents produits susceptibles d'être utilisés pour la postisolation, ainsi que leurs principales caractéristiques. Cette liste n'exclut nullement l'usage d'autres matériaux, pour autant qu'ils répondent aux prescriptions des STS précitées.

### 4.1.1 MOUSSES SYNTHÉTIQUES ISOLANTES

Les mousses synthétiques sont composées soit de polyuréthane (PUR), soit d'urée-formaldéhyde (UF).

La mise en œuvre des mousses de polyuréthane nécessite le mélange de deux liquides (polyol et isocyanate). Le produit de réaction obtenu est injecté dans la coulisse, puis additionné d'un agent expansif qui le fait gonfler et foisonner. La diffusion du gaz propulseur contenu dans certains types de polyuréthane fait évoluer leur valeur isolante au fil du temps. Ce 'vieillissement' est pris en considération dans le calcul de la valeur lambda déclarée par le fabricant (valeur  $\lambda_p$ ).

Le durcissement rapide du matériau nécessite le percement d'orifices de remplissage en nombre suffisant.



**Fig. 17** Produits isolants en vrac utilisés pour la postisolation. En haut, de gauche à droite : laine de roche, laine de verre et billes de polystyrène expansé (silver beads). En bas : grains de perlite (à gauche) et de vermiculite (au centre et à droite).

Les mousses d'urée-formaldéhyde se composent, quant à elles, d'eau et de résine d'urée-formaldéhyde. La mousse se forme une fois que les composants se mélangent à l'air. Après adjonction d'un durcisseur, le matériau est injecté dans la coulisse, où il subit son durcissement et son séchage. Ce dernier s'accompagne toujours d'une certaine contraction (tolérée dans les limites fixées par les STS 71-1) qui peut donner lieu au décollement de l'isolant par rapport à la paroi intérieure et/ou extérieure du mur, et induire un phénomène de convection dans la coulisse. Cet effet est pris en compte dans le calcul de la valeur lambda déclarée par le fabricant (valeur  $\lambda_p$ ).

### 4.1.2 FIBRES ISOLANTES

Bien que l'on fasse généralement la distinction entre laine de roche et laine de verre, toutes deux sont composées de fibres silicatées hydrofugées.

Les fibres sont insufflées dans la coulisse, où elles forment une masse compacte capable d'emprisonner l'air. Le matériau ainsi compacté doit posséder une masse volumique suffisante pour empêcher tout tassement et toute convection.

### 4.1.3 GRANULÉS ISOLANTS

Parmi les différents types de granulés isolants, on distingue notamment les billes de polystyrène expansé (EPS), les granulés de mousse de silicate, les granulés d'aérogel, la perlite et la vermiculite exfoliée.

Dotées d'une bonne granulométrie, les billes d'EPS, très légères, sont insufflées dans la coulisse à l'aide d'un liant en proportion adéquate de manière à éviter qu'elles ne s'envolent, mais aussi de façon à former une masse suffisamment compacte pour atteindre de bonnes performances thermiques et empêcher l'infiltration de gouttelettes d'eau.

Issus d'une roche volcanique de structure vitreuse, les grains de perlite, d'un diamètre de 1 à 3 mm, sont imprégnés d'un hydrofuge. Grâce à leur diamètre réduit et à leur masse volumique élevée, la mise en œuvre peut s'opérer aussi bien par injection dans le haut de la coulisse que par insufflation.

Comme ce mode de mise en œuvre peut entraîner une fuite du matériau au travers des fentes et fissures éventuellement présentes dans le mur, il convient d'obturer soigneusement les joints verticaux ouverts au moyen d'un fin treillis.

Les granulés de mousse de silicate (ou concassé de verre expansé) sont fabriqués à partir de verre recyclé et renferment une fraction plus fine autorisant une mise en œuvre par insufflation.

## 4.2 CONDITIONNEMENT, STOCKAGE ET ÉTIQUETAGE DES MATÉRIAUX

Les matériaux isolants sont acheminés sur le chantier de préférence dans leur emballage d'origine hermétiquement fermé, de manière à exclure tout risque de contamination.

Les composants liquides à base d'eau seront stockés à l'abri du gel. Les matières synthétiques qui nécessitent des températures de stockage plus élevées devront néanmoins être tenues à bonne distance de toute source de chaleur.

Les emballages comporteront une inscription lisible et indélébile précisant la nature et l'origine des produits.

Il convient par ailleurs d'éviter toute dégradation des emballages pendant le transport et le stockage.

## 4.3 PERFORMANCES THERMIQUES

Les performances thermiques sont déterminées conformément aux dispositions des STS 71-1 [S1] et de la norme NBN B 62-002 [B9]. Elles s'expriment à l'aide du coefficient de transmission thermique corrigé  $U_c$ , soit :

$$U_c = U + \Delta U_{cor} + \Delta U_f$$

$$U = 1/R_T$$

expression dans laquelle :

- $U$  = le coefficient de transmission thermique du mur creux (en  $W/m^2.K$ )
- $U_c$  = le coefficient de transmission thermique corrigé du mur creux (en  $W/m^2.K$ )
- $R_T$  = la résistance thermique totale du mur (en  $m^2.K/W$ )
- $\Delta U_{cor}$  = un terme de correction forfaitaire tenant compte d'une réduction de la résistance thermique totale de l'élément de construction ( $R_{cor}$ ) et calculé à l'aide de la formule suivante :  

$$\Delta U_{cor} = 1/(R_T - R_{cor}) - 1/R_T$$
 où  $R_{cor} = 0,2 m^2.K/W$ ; ce terme de correction prend également en considération l'incertitude liée aux irrégularités de la surface (bavures de mortier, par exemple)
- $U_f$  = un terme de correction applicable aux fixations mécaniques (crochets d'ancrage) traversant la couche d'isolation (en  $W/m^2.K$ ).

Nous présentons ci-après un exemple de calcul portant sur un mur creux traditionnel dont la coulisse a une largeur de 50 à 60 mm. Les caractéristiques des différentes couches utilisées pour illustrer l'exemple sont précisées au tableau 3.

On calcule la valeur  $U$  du mur creux non isolé à l'aide de deux paramètres :

- la masse volumique du mur porteur (trois variantes : massif, mi-lourd, léger)
- le degré de ventilation de la coulisse (trois variantes : très ventilée, peu ventilée, non ventilée).

On calcule ensuite la valeur  $U$  du mur creux isolé à l'aide des paramètres suivants :

- masse volumique du mur porteur (trois variantes : massif, mi-lourd, léger)
- coefficient de conductivité thermique (va-

**Tableau 3** Composition du mur creux traditionnel considéré dans l'exemple de calcul.

Couche	Épaisseur (m)	Masse volumique (kg/m <sup>3</sup> )	Valeur $\lambda$ (W/m.K)	Fraction de joints (%)
Mur de parement	0,09	1700	1,19	28
Mortier de ciment utilisé pour le mur de parement		1800	1,55	
Coulisse	0,05 à 0,06	–	–	–
Mur porteur : • massif • mi-lourd • léger	0,14	2100	0,81	16
Mortier de ciment utilisé pour le mur porteur		1800	1,00	
Enduit	0,02	1300	0,57	–

**Tableau 4** Valeurs  $U_c$  calculées pour les différentes configurations ( $W/m^2.K$ ).

Type de coulisse		Mur porteur		
		Massif	Mi-lourd	Léger
Non isolée	Très ventilée	2,17	1,72	1,43
	Peu ventilée	1,88	1,53	1,30
	Non ventilée	1,61	1,35	1,16
Postisolée (50 mm)	$\lambda = 0,050 W/m.K$	0,77	0,71	0,65
	$\lambda = 0,045 W/m.K$	0,72	0,66	0,61
	$\lambda = 0,040 W/m.K$	0,66	0,61	0,57
Postisolée (60 mm)	$\lambda = 0,050 W/m.K$	0,67	0,62	0,58
	$\lambda = 0,045 W/m.K$	0,62	0,58	0,54
	$\lambda = 0,040 W/m.K$	0,57	0,53	0,50

leur  $\lambda$ ) du matériau isolant (trois variantes : 0,050 W/m.K – 0,045 W/m.K – 0,040 W/m.K).

Les résultats de calcul présentés au tableau 4 intègrent l'influence des joints de mortier et des crochets d'ancrage (valeurs par défaut).

Selon la nature des éléments de maçonnerie composant le mur porteur, la valeur  $U_c$  du mur non isolé

s'établit entre 1,16 et 2,17 W/m<sup>2</sup>.K. La postisolation du mur creux permet de réduire le coefficient de transmission thermique d'un facteur 2 à 3 selon la composition de la structure d'origine et la résistance thermique de l'isolant mis en œuvre.

La valeur  $U_c$  du mur postisolé se situe entre 0,50 et 0,77 W/m<sup>2</sup>.K selon la variante considérée.





# 5 DIRECTIVES DE MISE EN ŒUVRE

## 5.1 TRAVAUX PRÉPARATOIRES

Dès le début des travaux, le personnel chargé de l'exécution prendra les dispositions nécessaires pour écarter tout risque de dégradation des équipements extérieurs et des abords du bâtiment, compte tenu de l'accessibilité de la façade.

Les opérations requérant l'usage d'échelles, d'échafaudages roulants ou suspendus ou de moyens de protection individuels s'effectueront dans le respect des prescriptions légales en vigueur.

Au demeurant, les travaux préparatoires consistent principalement à obturer les ouvertures de la coulisse et à délimiter l'ouvrage à isoler.

### 5.1.1 TRAVERSÉES DE CONDUITS DE VENTILATION ET D'ÉVACUATION

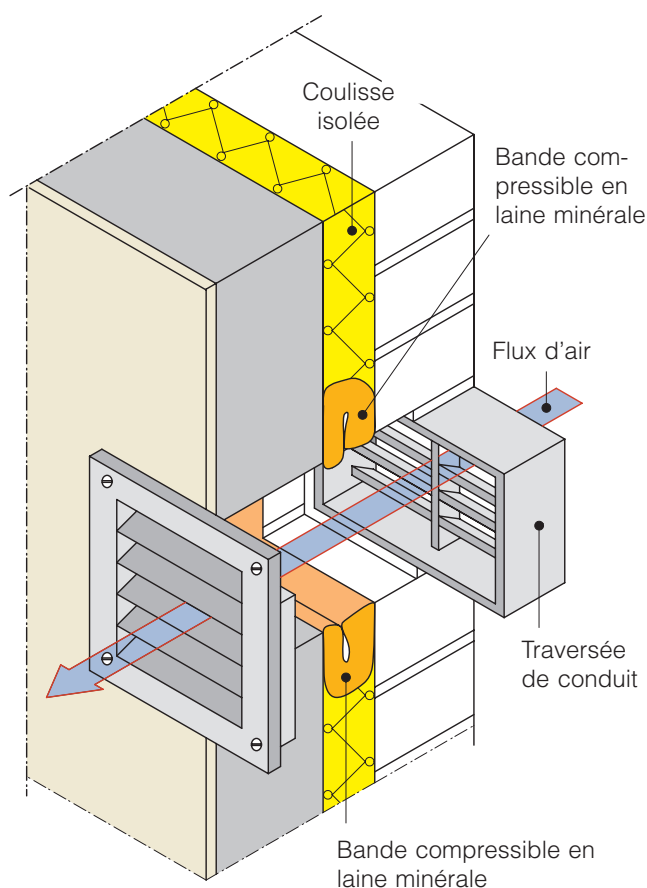
Les traversées de la coulisse par des conduits de ventilation et d'évacuation doivent être obturées à leur périphérie afin d'éviter que le matériau d'isolation n'occasionne des obstructions ou ne s'échappe par les ouvertures.

Selon le produit d'isolation utilisé, il peut également s'avérer nécessaire d'obturer les orifices éventuellement présents dans la maçonnerie de parement (traversées de canalisations électriques, jonctions avec les châssis de fenêtre, etc.).

Le passage d'un conduit de fumée au travers du mur creux présente deux types d'inconvénients : d'une part, un risque de pénétration du matériau isolant à l'intérieur du conduit (notamment si celui-ci n'est pas tubé et qu'il est composé d'une maçonnerie ajourée ou de boisseaux non jointifs) et, d'autre part, un risque d'embranchement des isolants combustibles lorsqu'ils sont soumis à de fortes chaleurs.

Pour éviter la pénétration d'isolant dans le conduit, on optera pour l'une des possibilités suivantes et ce, avant d'entamer les travaux de postisolation :

- soit fermer la coulisse sur tout le pourtour du



**Fig. 18** Obturation d'une traversée de conduit au moyen de bandes compressibles en laine minérale (par exemple).

- conduit de fumée
- soit proposer au maître d'ouvrage de procéder au tubage du conduit d'évacuation de manière à le rendre totalement étanche.

Dans l'hypothèse où le conduit de fumée serait complètement étanche, il convient en outre de vérifier l'aptitude du matériau d'isolation à être mis en contact avec la paroi extérieure du conduit. A cet effet, le maître d'ouvrage devra communiquer les caractéristiques du conduit telles que définies dans les normes NBN B 61-001 [B7] et NBN B 61-002 [B8]. En l'absence d'information à ce sujet, il y a lieu de contrôler à quel type de générateur le conduit de fumée est raccordé. Le tableau 5 précise la température maximale des gaz de combustion en fonction du type de générateur,



**Tableau 5** Température des gaz de combustion rejetés par différents types de générateurs et classe de réaction au feu du matériau d'isolation à placer dans le mur creux.

Type de générateur raccordé au conduit de fumée		Température des gaz de combustion	Classe de réaction au feu recommandée	Matériaux isolants selon la norme NBN EN 15287-1 [B42]
Gaz	Appareil à brûleur atmosphérique (non étanche)	200 °C	A2-s1, d2	P. ex. laine minérale (*)
	Appareil à air soufflé	250 °C		
	Appareil étanche	250 °C		
	Chaudière à condensation	120 °C		
Ma-zout	Appareil sans condensation	250 °C	A1	P. ex. fibre de céramique, certaines laines de roche
	Appareil à condensation	120 °C		
Com-bustibles solides	Feu ouvert ou poêle	600 °C	A1	P. ex. fibre de céramique, certaines laines de roche
	Chaudière de chauffage central	400 °C		
	Chaudière à condensation	200 °C	A2-s1, d2	P. ex. laine minérale

(\*) Bien que d'autres matériaux puissent également être utilisés à une température de 120 °C, la norme ne fournit pas davantage d'informations à ce sujet.

la classe de réaction au feu requise pour le matériau d'isolation à placer dans le mur creux ainsi que des exemples de matériaux possibles.

Tout autre matériau combustible doit se situer à plus de 150 mm de la paroi extérieure du conduit de raccordement ou d'évacuation.

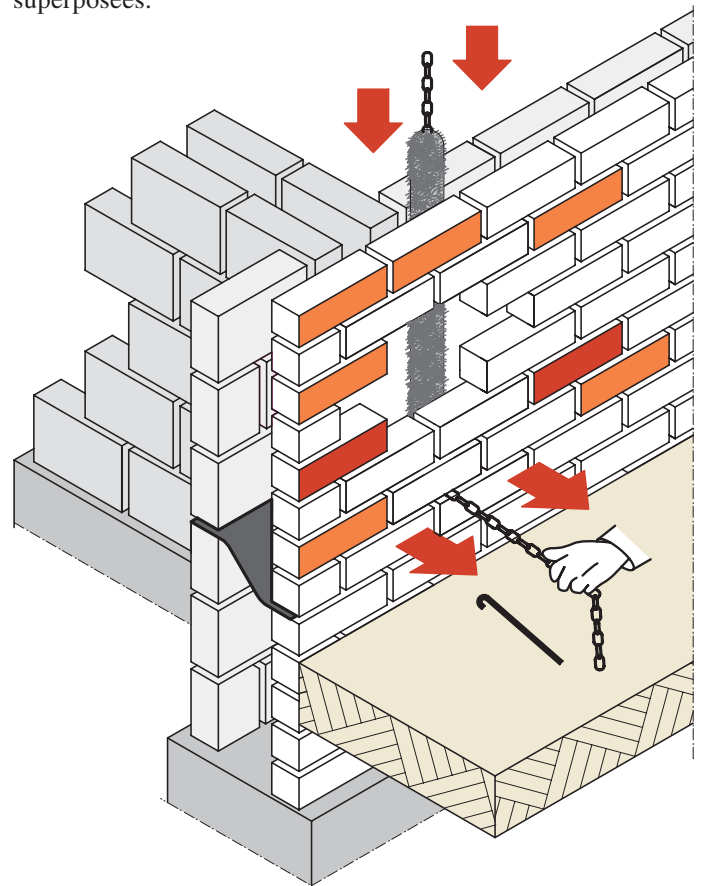
Quoi qu'il en soit, il convient d'empêcher la pénétration d'isolant à l'intérieur du conduit. Les matériaux d'isolation à l'état non lié sont dès lors interdits d'application lorsqu'ils sont en contact avec un conduit de fumée. Par ailleurs, le percement des orifices de remplissage sera effectué à cet endroit avec toute la prudence requise (voir également § 5.2.1).

### 5.1.2 OBTURATION DE LA COULISSE

Avant d'entamer les travaux d'isolation, il convient d'obturer la coulisse au moyen d'écrans verticaux afin de bien délimiter les façades ou parties de façade à isoler de celles qui ne font pas partie du marché (par exemple, garage attenant à l'habitation, façades d'immeubles voisins, etc.).

Si la postisolation s'effectue au moyen de fibres ou de granulés, la coulisse peut être obturée au moyen d'un dispositif spécialement conçu à cet effet (par exemple, un goupillon à chaîne comme illustré à la figure 19). Si l'on utilise une mousse

isolante pour le remplissage du mur, on peut obturer la coulisse en injectant le produit d'isolation simultanément dans une rangée d'ouvertures superposées.



**Fig. 19** Mise en place d'un goupillon à chaîne.

La mise en place d'écrans horizontaux n'est généralement pas admise. Si l'on opte malgré tout pour une telle solution, on veillera à ne pas laisser subsister, au-dessus du matériau isolant, des espaces libres non isolés, à moins de recouvrir la façade, à ce niveau et jusqu'au sommet du mur, d'un revêtement étanche à la pluie.

### 5.1.3 OUVERTURES DANS LE MUR PORTEUR

La paroi intérieure du mur creux ne peut présenter aucune ouverture susceptible de laisser le matériau isolant pénétrer dans les locaux à l'intérieur du bâtiment. De telles ouvertures doivent être comblées et obturées avant les travaux (au moyen de bandes de laine minérale souple, par exemple). Par ouverture, on entend :

- tout percement autour des canalisations électriques, prises de courant et interrupteurs
- tout espace entourant des conduites d'eau et canalisations d'égout incorporées dans la façade
- les orifices autour des placards, boîtes aux lettres, etc.
- les espaces autour des pannes et des chevrons encastrés dans la maçonnerie au niveau des combles
- toute cavité en contact direct avec les combles au droit des rives de toiture
- tout orifice autour des caissons à volet ou à pare-soleil (figure 20). A noter que le colmatage de ces orifices exige le démontage et le remontage des caissons.

On tiendra compte également de la présence éventuelle de pavés de verre au sein de la façade. Ceux-ci sont parfois constitués de deux parties (intérieure et extérieure) entre lesquelles le matériau d'isolation est susceptible de s'introduire.

Précisons enfin qu'un contrôle de la façade, aussi rigoureux soit-il, ne permettra jamais d'exclure totalement tout risque de pénétration d'isolant par les ouvertures présentes dans le mur porteur (voir § 5.3.3).

## 5.2 ORIFICES DE REMPLISSAGE

### 5.2.1 PERCEMENT DES ORIFICES

Avant de procéder à l'isolation de la coulisse, il convient de percer les orifices de remplissage et les événements nécessaires dans la maçonnerie. Dans le cas de bâtiments existants, ces percements sont généralement réalisés depuis le mur de parement. En présence d'un bâtiment neuf non occupé, ils



**Fig. 20** Pénétration d'isolant dans un caisson à volet : à éviter.

peuvent s'effectuer de l'intérieur dans le mur porteur.

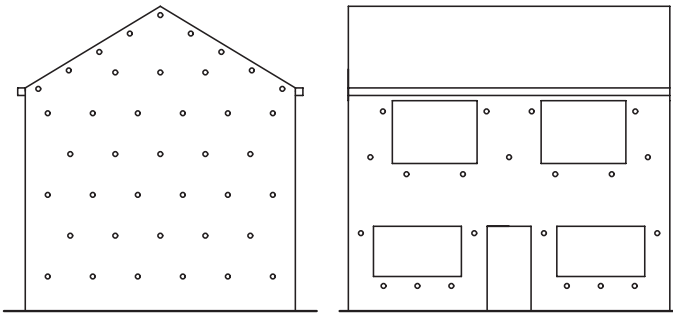
Les orifices de remplissage sont pratiqués à l'intersection des joints verticaux et horizontaux à l'aide d'une foreuse munie d'une mèche à pierre. Le diamètre de la mèche est choisi de façon à ce que les blocs ou les briques contigus subissent le moins de dégâts possibles. L'utilisation d'une foreuse pneumatique n'est pas autorisée, car elle peut détériorer la paroi de la maçonnerie de parement orientée du côté de la coulisse et entraîner des débris dans la cavité. Le risque d'épaufrures sur les arêtes des briques ou des blocs est fonction de la technique de forage (diamètre des percements) et de la largeur des joints de maçonnerie.

Le percement des orifices de remplissage au pied du mur ainsi qu'à la jonction de la coulisse avec les baies (linteaux, etc.) s'effectuera avec la plus grande prudence, afin de ne pas endommager les solins en plomb et la membrane de drainage. Vu les risques de dégradation de cette dernière, il sera parfois nécessaire de renoncer au remplissage de la zone située entre la membrane et la fermeture de la coulisse ou de ménager des orifices dans le mur porteur.

Dans le cas de façades revêtues d'un enduit, le positionnement des orifices de remplissage sera choisi minutieusement, afin d'éviter que des fragments de maçonnerie ne tombent dans la coulisse lors du forage.

### 5.2.2 IMPLANTATION DES ORIFICES DE REMPLISSAGE

Les dimensions, le nombre et la répartition des orifices de remplissage dans le mur de parement sont fonction du matériau d'isolation et de son mode de mise en œuvre. Le schéma d'implantation dépendra également, dans une large mesure, de la largeur



**Fig. 21** Exemple d'implantation des orifices de remplissage.

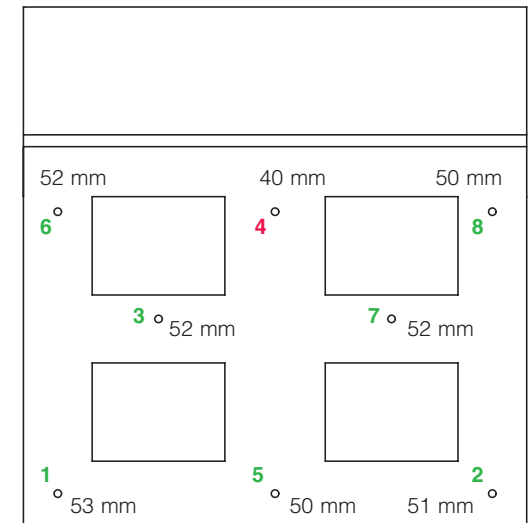
effective de la coulisse et de sa qualité intrinsèque. Dans certains cas, il conviendra d'adapter le schéma d'implantation en fonction de la largeur de la coulisse que l'on aura mesurée via les orifices de remplissage.

D'une manière générale, les orifices seront répartis de manière à permettre un remplissage homogène de la coulisse. Pour les pans de façade très étendus, on applique souvent un schéma de 'base' que l'on adapte au besoin au droit des baies de porte et de fenêtre ainsi que dans les zones critiques, de façon à assurer un remplissage homogène en tout point. Si la structure de la façade s'y prête, les zones critiques telles que baies de porte et de fenêtre seront percées d'orifices (et éventuellement d'évents) supplémentaires afin d'empêcher une occlusion d'air (par contre-pression) qui entraînerait un remplissage imparfait.

On veillera à forer suffisamment loin des angles (à la jonction de la façade avant ou arrière avec le mur pignon, par exemple), de manière à ce que les bouches ne soient pas positionnées en face de la coulisse du mur latéral. Par ailleurs, on évitera de réaliser des percements dans les murs séparatifs entre logements (maisons mitoyennes, par exemple).

### 5.2.3 MESURE DE LA LARGEUR DE LA COULISSE VIA LES ORIFICES DE REMPLISSAGE

Avant d'entamer les travaux d'isolation, il y a lieu de déterminer la largeur moyenne de la coulisse. Pour ce faire, on introduit, tous les 10 m<sup>2</sup>, dans l'un des orifices pratiqués dans la façade, une règle que l'on amène jusqu'à la paroi du mur porteur. On obtient ainsi la largeur cumulée de la coulisse et du mur de parement (à 1 mm près), l'épaisseur de ce dernier étant ensuite retranchée du résultat. Cette opération doit être répétée au moins trois fois pour chaque pan de façade. Le nombre de points de mesure sera doublé – soit une mesure tous les



Le point de mesure 4 ayant révélé une largeur de moins de 50 mm, des mesures complémentaires sont réalisées aux points 5 à 8.

**Fig. 22** Calcul de la largeur de la coulisse au moyen de deux séries de quatre points de mesure. La moyenne des mesures équivaut à 50 mm; la largeur est inférieure à 50 mm dans moins de 20 % des cas.

5 m<sup>2</sup> – si l'on constate que la coulisse se rétrécit localement à une largeur de 40 à 50 mm (figure 22).

La situation est jugée conforme aux dispositions de la présente NIT si la coulisse mesure moins de 50 mm dans moins de 20 % des cas. En outre, la largeur réduite mesurée en ces points ne peut en aucun cas être inférieure à 40 mm et la face intérieure d'une des deux parois du mur creux doit être exempte de bourrelets de mortier à ces endroits.

La largeur moyenne calculée sur la base de l'ensemble des mesures effectuées dans le pan de façade considéré ne peut être inférieure à 50 mm. Le caractère localisé des étranglements observés doit être confirmé par endoscopie. Le percement d'orifices supplémentaires au droit des étranglements devra permettre d'assurer une répartition homogène de l'isolant.

### 5.2.4 SÉQUENCE DES OPÉRATIONS DE FORAGE, DE MESURAGE ET DE REMPLISSAGE

Les travaux d'isolation ne peuvent être entamés tant que les mesures de la coulisse ne sont pas terminées. La postisolation ne pourrait en effet avoir lieu si les mesures révélaient des étranglements trop importants qui ne permettraient pas un remplissage complet et homogène.

Pour éviter que les percements n'entraînent, sur le matériau isolant déjà mis en œuvre, des gravats ou des gravillons, qui occasionneraient un pontage de la coulisserie, il est préférable de ne commencer le remplissage qu'après avoir foré tous les orifices requis dans le pan de façade considéré. Idéalement, il conviendrait de réaliser aussi les percements nécessaires dans les façades latérales éventuelles, sur toute leur hauteur et sur une bande verticale de 2 mètres de large. Dans le cas où le remplissage aurait déjà été effectué jusqu'à un certain niveau, les percements pratiqués plus bas dans les parties voisines ne devraient normalement pas poser de problèmes.

Si les façades à isoler s'étendent sur de grandes longueurs (complexes de logements, par exemple), on peut éventuellement commencer les travaux après avoir percé les orifices de remplissage et les événements sur toute la hauteur d'une surface horizontale d'au moins 10 m de large. Au cours des travaux, on veillera à maintenir cette même distance de 10 m entre le point de remplissage et le point de forage.

## 5.3 REMPLISSAGE DE LA COULISSE

### 5.3.1 MATÉRIEL DE REMPLISSAGE

Le matériel de remplissage se compose en principe des éléments suivants :

- un réservoir de stockage du matériau d'isolation
- un compresseur ou une installation de pompage pour l'acheminement du matériau vers le pistolet à injecter ou à insuffler
- un tuyau flexible de transport, totalement ou partiellement transparent (pour faciliter le contrôle visuel), destiné à amener l'isolant dans les bouches de remplissage ou les pistolets d'injection ou d'insufflation
- un appareillage auxiliaire pour le réglage, la commande et l'arrêt de l'alimentation de l'air de transport et du matériau isolant.

Avant le début des travaux, il y a lieu de vérifier le réglage du matériel en le mettant en marche et en s'assurant que la qualité de l'isolant produit satisfait aux exigences des STS 71-1 [S1].

La nature des essais réalisés à cet effet dépend dans une large mesure du type d'isolant mis en œuvre. Il convient, d'une part, de contrôler le dosage du matériau, c'est-à-dire la quantité de produit mis en œuvre par unité de temps. L'exécutant peut ainsi faire une estimation du temps de remplissage nécessaire pour chaque orifice et ce, en fonction de la largeur de la coulisserie effectivement mesurée.



**Fig. 23** Réservoir de stockage et compresseur pour le dosage d'un isolant fibreux.

D'autre part, on procède à un contrôle rigoureux de l'isolant produit dans la coulisserie. Ce contrôle s'effectue par le biais d'un examen visuel, mais également par des mesures visant à déterminer certaines caractéristiques du matériau (masse volumique, par exemple).

### 5.3.2 CONDITIONS CLIMATIQUES LORS DE LA MISE EN ŒUVRE

La mise en œuvre de certains matériaux d'isolation nécessite des conditions climatiques particulières. Il convient dès lors de tenir compte des températures et du taux d'humidité relative maxima et minima précisés par le titulaire de l'attestation d'aptitude à l'emploi.

### 5.3.3 REMPLISSAGE DE LA COULISSE

On commence le remplissage par la rangée d'orifices inférieurs, à proximité d'un angle de la façade. Une fois cette première rangée terminée, on poursuit avec la deuxième rangée et ainsi de suite jusqu'au traitement complet du mur. Pour éviter des infiltrations d'eau, il importe de réaliser le remplissage sur toute la hauteur de la façade, même si certaines zones plus élevées jouxtent un espace non chauffé tel qu'un grenier, par exemple.

Lorsque la coulisserie est ouverte dans sa partie supérieure (par exemple, à la jonction avec une toiture à versants), il convient de s'assurer que le matériau isolant ne puisse s'échapper du mur à cet endroit. Par contre, si la coulisserie est obturée dans sa partie supérieure, il peut s'avérer nécessaire de percer des événements supplémentaires afin de réaliser un remplissage complet. Il en va de même au droit des discontinuités horizontales telles que tablettes de fenêtre, balcons, etc.



**Fig. 24** Postisolation d'une façade à l'aide d'un pistolet d'injection.

Au droit des membranes en pied de mur et au-dessus des baies de fenêtre ou de porte, on s'attachera à réaliser un remplissage aussi complet que possible, sauf si cela risque d'endommager les membranes.

Un contrôle visuel via les bouches de remplissage devra permettre de s'assurer de l'homogénéité de l'isolation. Un remplissage beaucoup plus rapide en certains points peut révéler une obstruction locale. Il y a lieu, dans ce cas, d'inspecter la coulisse à l'endroit suspect (par endoscopie ou en retirant prudemment une ou plusieurs briques). En revanche, un remplissage beaucoup plus lent localement peut trahir la présence d'ouvertures non repérées précédemment, vers lesquelles le produit isolant serait refoulé pour s'introduire dans des zones telles qu'armoires à compteurs, placards, grenier, etc. Le cas échéant, les travaux seront interrompus afin de détecter les ouvertures non obturées à l'intérieur du bâtiment et de les colmater. Une inspection régulière des locaux est conseillée en tout état de cause.

## 5.4 TRAVAUX ULTÉRIEURS

### 5.4.1 OBTURATION DES BOUCHES DE REMPLISSAGE, DES ORIFICES DE CONTRÔLE ET DES ÉVENTS

Une fois les travaux d'isolation terminés, les bouches de remplissage, les orifices de contrôle et les événements seront réparés et colmatés au moyen d'un mortier de jointoiment. Celui-ci doit présenter, après séchage, une teinte analogue à celle des joints environnants.

Les orifices de remplissage doivent être obturés au mortier sur toute leur profondeur, un rebouchage partiel ou superficiel pouvant accroître le risque d'infiltration d'eau.

### 5.4.2 FINITIONS

A l'issue des travaux d'isolation, il convient de contrôler scrupuleusement si le matériau isolant n'a créé aucune obstruction dans les conduits de fumée, gaines de ventilation, conduits d'évacuation de chauffe-eau ou de poêles débouchant en façade, dispositifs de ventilation des vides sanitaires et/ou des toitures, etc. Le bon fonctionnement des volets et des pare-soleil éventuels doit également être vérifié.

On remédiera aux obstructions locales en enlevant le matériau isolant qui gêne la poursuite des travaux, mais on éliminera également la cause des obstructions. On procédera ensuite à la remise en place des éléments démontés (chapeaux, grilles de ventilation, caissons à volet, etc.).





## 6 SUIVI DES TRAVAUX

Après avoir contrôlé si la coulisse est complètement comblée et remédié aux défauts éventuels, il y a lieu d'établir un rapport des travaux.

### 6.1 CONTRÔLE DU REMPLISSAGE DE LA COULISSE

En cas de doute ou si l'on soupçonne des zones localement moins bien garnies, il convient de procéder à une inspection plus poussée de la coulisse.

Ce contrôle peut s'effectuer par thermographie infrarouge durant la saison froide. S'il révèle des zones imparfaitement remplies, on peut procéder localement à des ajouts d'isolant.

La thermographie infrarouge pratiquée dans le but d'évaluer la qualité de l'isolation d'un mur creux s'effectue conformément à la norme NBN EN 13187 [B29]. Les images infrarouges obtenues doivent être interprétées avec la prudence nécessaire et exigent souvent des examens (sondages) ou des mesures complémentaires pour pouvoir tirer des conclusions pertinentes. Ainsi, des zones plus 'chaudes' dans la façade peuvent être liées à la structure du bâtiment (ponts thermiques, par exemple) et pas forcément à des irrégularités du remplissage.

La figure 25 représente la carte thermographique de la paroi extérieure d'un mur creux postisolé. L'emplacement des linteaux et des encastremements de la dalle dans la maçonnerie s'y démarquent comme des zones plus chaudes. Le reste de la fa-

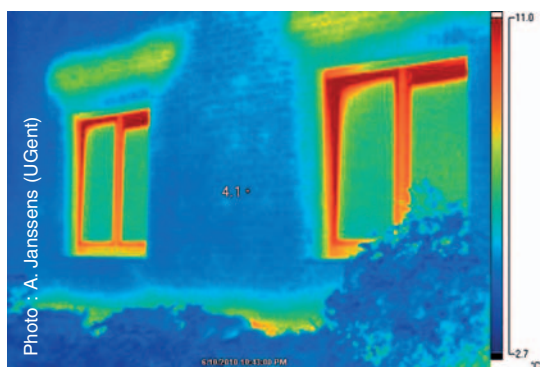


Fig. 25 Présence de ponts thermiques au-dessus des baies de fenêtre et au pied de la façade.

çade présente une température basse et homogène, ce qui est un signe de la continuité de l'isolation.

Bien que l'on ait mis tout en œuvre pour réaliser un remplissage aussi homogène que possible, on ne peut totalement exclure la présence de zones moins bien isolées et ce, pour diverses raisons :

- fermetures de la coulisse (linteaux coulés *in situ*, par exemple)
- déchets emprisonnés dans la coulisse
- membranes de drainage.

### 6.2 CONTRÔLE DE LA MASSE VOLUMIQUE DE L'ISOLANT

Au cas où la postisolation a été réalisée au moyen de fibres ou de granulés, on peut évaluer le degré de remplissage de la coulisse à la fin des travaux en déterminant la masse volumique moyenne ( $\rho_{\text{moy}}$ ) du matériau mis en œuvre. Celle-ci est calculée en divisant la quantité d'isolant incorporée par le volume de la coulisse, soit :

$$\rho_{\text{moy}} = M/V$$

où :

- M = la quantité de matériau isolant mis en œuvre (en kg)
- V = le volume de la coulisse (en m<sup>3</sup>). Celui-ci est déterminé en multipliant, pour chaque pan de façade traité, la largeur moyenne de la coulisse par la surface de mur isolée, puis en déduisant la surface des fenêtres et des portes; on additionne ensuite chacune des valeurs ainsi obtenues.

Une masse volumique moyenne nettement moindre que la valeur déclarée du matériau isolant utilisé peut trahir un mauvais remplissage de la coulisse.

### 6.3 RAPPORT DES TRAVAUX EFFECTUÉS

L'établissement du rapport des travaux (voir annexe 5) s'effectue après la réalisation des opérations relevant du processus de postisolation proprement dit et la rectification des défauts éventuels. L'objectif de ce rapport est de démontrer, par des documents *ad hoc*, que les travaux ont été réalisés compte tenu de l'inspection préalable et conformément aux di-

rectives énoncées dans la présente Note d'information technique. Le rapport servira également de base à l'octroi de l'attestation de conformité.

#### 6.4 EFFETS SECONDAIRES

En période hivernale, la maçonnerie de parement sera moins chauffée du côté intérieur que lorsque la façade n'était pas isolée. On peut donc constater un séchage plus lent au pied du mur (projections d'eau) ou aux endroits où la paroi est davantage exposée aux pluies et à l'humidité. Ce phénomène est une conséquence normale de la postisolation et démontre que le matériau isolant remplit correctement sa fonction.

Enfin, il faut être conscient du fait qu'il ne sera pas toujours possible d'éviter de légères variations de teinte ou d'aspect du mortier utilisé pour obturer



**Fig. 26** Séchage plus lent au pied d'une maçonnerie soumise à des projections d'eau.

les ouvertures de forage et qu'un vieillissement différentiel peut encore accentuer la démarcation des orifices.



# TERMINOLOGIE ET DÉFINITIONS

## *Attestation de conformité*

Document établi par un organisme certificateur et comportant des informations spécifiques au chantier. L'attestation de conformité est signée par l'entreprise en charge des travaux et transmise au maître d'ouvrage. Elle est rédigée de telle manière que le maître d'ouvrage puisse vérifier aisément la provenance des informations qui y sont stipulées.

## *Attestation technique d'aptitude à l'emploi avec certification*

Appréciation favorable d'un organisme indépendant quant à l'aptitude à l'emploi d'un procédé de postisolation pour murs creux. Cette attestation peut conduire à l'octroi d'un certificat de conformité (au minimum selon le système 5 du Guide ISO/IEC 67) [O2] par un organisme certificateur accrédité. Elle est désignée dans la présente NIT sous l'appellation abrégée 'attestation d'aptitude à l'emploi'.

## *Chantier*

Lieu de mise en œuvre des matériaux d'isolation.

## *Entreprise en charge des travaux*

Entreprise qui met en œuvre sur chantier des produits d'isolation qui lui sont fournis, prédosés ou non, en vrac, en sacs ou en conteneurs par le titulaire d'une attestation d'aptitude à l'emploi.

## *Events*

Orifices permettant l'évacuation de l'air qui s'accumule dans la coulisse au fur et à mesure du remplissage et qui peut empêcher la répartition homogène du matériau isolant.

## *Exécutant - Personnel chargé de l'exécution*

Salarié d'une entreprise de construction chargé de la mise en œuvre des produits d'isolation sur chantier. L'exécutant qualifié bénéficie d'une formation permanente assurée par le titulaire de l'attestation d'aptitude à l'emploi.

## *Inspection préalable*

Inspection effectuée *in situ* par un exécutant qualifié en vue d'examiner la conformité du mur creux aux conditions constructives autorisant la bonne mise en œuvre de la postisolation.

## *Largeur de la coulisse*

Dans un mur creux non isolé, distance mesurée d'une face à l'autre des parois dirigées vers la cavité. Dans un mur creux (partiellement) isolé, distance mesurée depuis la face intérieure du parement jusqu'à la face des panneaux d'isolation dirigée vers la cavité.

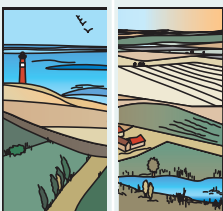
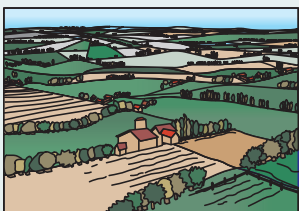


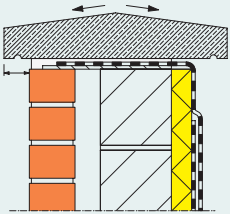
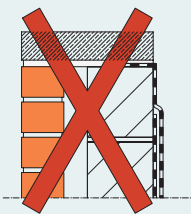
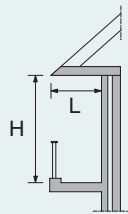
## *Mur creux*

Mur double constitué d'une paroi intérieure en maçonnerie portante ou en béton armé et d'une maçonnerie de parement, séparées l'une et l'autre par une lame d'air appelée coulisse.

## *Orifices de remplissage*

Percements effectués dans la paroi intérieure ou extérieure du mur creux dans le but d'insuffler ou d'injecter un matériau isolant de manière homogène dans la coulisse.

# AIDE-MÉMOIRE POUR LA PRÉPARATION DE L'INSPECTION PRÉALABLE

CARACTÉRISTIQUES DU BÂTIMENT INFLUENÇANT LE COMPORTEMENT À L'HUMIDITÉ DE LA FAÇADE										
Largeur de la coulisse	< 50 mm (B1)					≥ 50 mm				
	Catégorie de rugosité du terrain									
Hauteur maximale h des façades exposées aux pluies battantes	0 ou I		II			III			IV	
										
	-		≤ 4 m	4 m < h ≤ 8 m (A1)	> 8 m (B2)	≤ 12 m	12 m < h ≤ 25 m (A1)	> 25 m (B2)	≤ 18 m	18 m < h ≤ 25 m (A1)
Protection de la façade	OUI					NON (B3)				
										
	Dépassant de toiture ou balcon éventuels									
		L ≥ H/4			L < H/4 (A2)					
Classe de climat intérieur	I		II			III			IV (B4)	

**CARACTÉRISTIQUES DES MATÉRIAUX CONSTITUTIFS DU MUR EXTÉRIEUR ET ÉTAT DE LA COULISSE**

<b>Perméabilité de la maçonnerie de parement</b>	Briques ou blocs à structure fermée et joints scellés		Briques ou blocs à structure ouverte ou joints ouverts entre éléments (B5)		
<b>Éléments de parement</b>	Briques				
	Conformes à la norme NBN EN 771-1. Très résistantes au gel selon la norme NBN B 27-009/A2	Aucune donnée disponible (A3)		Non résistantes au gel. Dégâts de gel et/ou écaillage apparents (B6)	
<b>Qualité du mortier de pose et de jointoiement</b>	Blocs de béton				
	Conformes à la norme NBN EN 771-3. Résistants au gel	Aucune donnée disponible. Structure fermée (A3)		Non résistantes au gel. Dégâts de gel et/ou écaillage apparents. Structure ouverte (B6)	
<b>Qualité du mortier de pose et de jointoiement</b>	Mortier de pose				
	Conforme à la norme NBN EN 998-2 ou similaire	Aucune donnée disponible. Coloration grise et sable rude (A3)	Mortier de chaux pur, mortier au sable fin (B7)	Dégâts de gel et/ou gonflement et/ou microfissures apparents (B7)	
<b>Qualité du mortier de pose et de jointoiement</b>	Mortier de jointoiement				
	Conforme à la norme NBN EN 998-2 ou similaire	Rejointoiement récent (s'informer du motif de ces travaux) (A3)	Aucune donnée disponible (A3)	Dégâts de gel et/ou descellement des joints apparents (B7)	
<b>Revêtement de façade pare-vapeur</b>	Aucun ou peinture perméable à la vapeur	Hydrofugation (A4)	Enduit extérieur (A4)	Peinture pare-vapeur (A4)	Briques émaillées (B8)
<b>Crochets d'ancrage</b>	Inoxydables/pas de corrosion visible			Crochets en nombre insuffisant et/ou corrosion visible (B9)	
<b>Coulisse</b>	Une des faces intérieures exempte de balèvres de mortier. Pas de points de contact	Balèvres de mortier localisées. Pas de points de contact (A5)		Balèvres de mortier, débris divers et autres points de contact (B10)	
<b>DÉTAILS DE RÉALISATION DU MUR CREUX</b>					
<b>Drainage de la coulisse</b>	Membranes de drainage et joints verticaux ouverts en pied de mur et au droit des retours de baie		Problèmes d'humidité liés à l'absence de drainage efficace (B11)		
<b>Étanchéité à l'air</b>	Enduit intérieur ou cimentage de la face du mur porteur orientée vers la coulisse		Mur intérieur en maçonnerie apparente sans enduit ou finition étanches à l'air (B12)		
<b>DÉGÂTS VISIBLES</b>					
<b>Traces d'humidité à l'intérieur</b>	Au pied de la façade (B13)	En partie courante (B13)		Autour des baies (B13)	
<b>Fissuration</b>	Microfissurations dans la maçonnerie de parement uniquement (A6)			Larges fissures dans la maçonnerie de parement et/ou dans le mur porteur (B14)	

## COMMENTAIRES CONCERNANT L'AIDE-MÉMOIRE

L'aide-mémoire présenté ci-avant constitue, avec les informations fournies au § 2.2, un guide pour la mise en œuvre de l'inspection préalable. Sur la base des informations ainsi collectées et des données spécifiques au projet, l'entreprise sera en mesure de signaler au maître d'ouvrage les risques éventuels liés à la postisolation ou les travaux complémentaires à réaliser.

Si les conclusions de l'inspection préalable sont rigoureusement motivées et commentées, le maître d'ouvrage sera à même d'appréhender clairement les risques que peut engendrer la postisolation et pourra éventuellement faire procéder à des travaux complémentaires.

Certaines conditions stipulées dans l'aide-mémoire peuvent être sans objet lorsqu'on prévoit la pose d'une isolation extérieure et d'un revêtement étanche à la pluie (notamment parce qu'une épaisseur d'isolation plus importante est requise) ou que d'autres données particulières s'appliquent au projet.

## EXPLICATION DES CODES UTILISÉS

**A** : le mur creux se prête à la mise en œuvre d'un traitement de postisolation; ces critères d'appréciation sont basés sur l'état actuel des connaissances et peuvent être renforcés ou assouplis ultérieurement en fonction de l'expérience acquise.

**A1** : l'exposition aux pluies battantes dépend principalement de la hauteur de la façade et de la catégorie de rugosité du terrain. Elle peut être atténuée par la mise en œuvre de dispositifs protégeant la façade (voir A2).

**A2** : si la façade ne comporte pas de dispositifs de protection, il convient de tenir compte des effets de la pluie battante. La postisolation de la coulisse augmente l'action du gel sur les matériaux de façade et peut influencer la régulation de l'humidité.

**A3** : la postisolation de la coulisse augmentant l'action du gel sur les matériaux de façade, ceux-ci doivent présenter une résistance au gel appropriée. En l'absence de données à ce sujet, des mesures peuvent être prises en vue de réduire l'action de l'humidité et/ou du gel sur la façade. Une rénovation récente des joints peut témoigner de l'existence de problèmes antérieurs.

**A4** : les finitions qui ne s'opposent pas à l'humidification de la façade (peinture, traitement d'hydrofugation, etc.) sont susceptibles d'en ralentir le séchage. Elles doivent dès lors être perméables à la vapeur (selon l'intensité de l'humidification) pour réduire l'action de l'eau et du gel. Si la maçonnerie de parement est insensible au gel, la postisolation peut être envisagée même en présence d'une peinture moins perméable. Dans ce cas, toutefois, une teneur en humidité localement plus élevée ne pourra pas toujours être exclue dans les façades exposées aux pluies, ce qui pourra donner lieu au décollement de la peinture et/ou à un développement d'algues et de mousses. Le risque de microfissures d'origine thermique n'est jamais exclu sur une façade revêtue d'un enduit et peut encore être accru après l'isolation du mur.

**A5** : les balèvres de mortier, les déchets et autres éléments saillants se trouvant dans la coulisse sont susceptibles de réduire localement la largeur de la cavité, ce qui compromet la répartition uniforme de l'isolant et augmente, dans certains cas, le risque d'infiltration d'eau de pluie. Une endoscopie doit permettre de s'assurer de la possibilité d'isoler correctement la coulisse (moyennant le percement éventuel d'orifices de remplissage supplémentaires).

**A6** : les microfissures qui se manifestent dans les maçonneries de parement et les enduits extérieurs résultent souvent des mouvements hygrothermiques inévitables de la paroi extérieure du mur creux. Ces mouvements peuvent également donner lieu à des microfissures lorsqu'ils sont entravés localement (linteaux coulés *in situ*, par exemple). La postisolation a pour effet d'accroître les mouvements potentiels du mur extérieur et, donc, le risque de microfissures. Le fractionnement de la façade en panneaux de petites dimensions et l'implantation judicieuse des crochets d'ancrage permettront de pallier ces inconvénients. Les fissures plus larges doivent être réparées.

**B** : certaines spécificités du bâtiment peuvent rendre le mur creux inapte à la mise en œuvre d'un traitement de postisolation sans travaux complémentaires; ces critères d'appréciation sont basés sur l'état actuel des connaissances et peuvent être renforcés ou assouplis ultérieurement en fonction de l'expérience acquise.

**B1** : la présente NIT s'applique aux murs creux dont la coulisse a une largeur nominale d'au moins 50 mm. Les connaissances techniques sont insuffisamment étayées pour pouvoir se prononcer clairement sur les possibilités d'utilisation de la technique dans des coulisses de moins de 50 mm.

**B2** : la hauteur de la façade est trop élevée eu égard à la catégorie de rugosité de terrain. Une exposition sévère aux pluies battantes augmente le risque d'infiltrations. Le mur creux peut faire l'objet d'une postisolation; toutefois, la mise en œuvre d'un revêtement étanche à la pluie (enduit sur isolant, bardage, etc.) peut s'avérer nécessaire après les travaux.

**B3** : la partie supérieure de la façade doit être protégée des précipitations de manière efficace, afin de réduire la migration d'eau dans le mur et de limiter l'action de l'humidité et du gel.

**B4** : la postisolation des murs creux est déconseillée pour les bâtiments appartenant à la classe de climat intérieur IV (piscines couvertes, usines à papier, etc.), sauf si des mesures appropriées, basées sur une étude hygrothermique, sont prises pour maîtriser l'humidité.

**B5** : en cas de pluies battantes, les murs extérieurs très perméables sont susceptibles de laisser de grandes quantités d'eau pénétrer dans la coulisse; ces murs ne peuvent faire l'objet d'une postisolation sans correction préalable de leur perméabilité.

**B6** : la postisolation de la coulisse augmente l'action du gel sur les briques ou les blocs de parement et peut donner lieu à des désordres. Les éléments de maçonnerie doivent dès lors présenter une très bonne résistance au gel. Le mur creux peut faire l'objet d'une postisolation, pour autant qu'il soit à l'abri des précipitations et que la façade soit munie, après les travaux, d'un revêtement étanche à la pluie (enduit sur isolant, bardage, etc.).

**B7** : la postisolation des murs creux accroît l'action du gel sur les mortiers de pose et de jointoiment, ce qui peut donner lieu à des désordres. Le mortier doit donc être non gélif. Lorsqu'ils sont associés à certains types de briques ou de blocs, les mortiers à base de chaux et/ou préparés au moyen de sable fin présentent un risque accru de dégâts par le gel. Le descellement des joints et l'aspect feuilleté du mortier de pose peuvent mettre en évidence une détérioration due au gel. Si la maçonnerie est suffisamment stable, le mur creux peut faire l'objet d'une postisolation, pour autant qu'il soit à l'abri des précipitations et que la façade soit munie, après les travaux, d'un revêtement étanche à la pluie (enduit sur isolant, bardage, etc.).

**B8** : les finitions étanches à la vapeur (briques émaillées, par exemple) freinent les possibilités d'assèchement des maçonneries, le drainage de l'humidité s'effectuant essentiellement via la coulisse. La postisolation peut dans ce cas compromettre sérieusement le séchage de la façade. Le mur creux peut faire l'objet d'une postisolation, pour autant qu'il soit à l'abri des précipitations et que la façade soit munie, après les travaux, d'un revêtement étanche à la pluie (enduit sur isolant, bardage, etc.).

**B9** : lorsqu'il n'y a pas suffisamment de crochets d'ancrage ou qu'ils sont en mauvais état, la résistance de la paroi extérieure aux effets du vent peut être compromise.

**B10** : les balèbres de mortier, déchets et autres points de contact à l'intérieur de la coulisse entravent la répartition correcte du matériau isolant et peuvent donner lieu à des infiltrations d'eau de pluie.

**B11** : si l'absence de drainage de la coulisse du mur creux est à l'origine de problèmes d'humidité, il conviendra d'y remédier avant d'entreprendre les travaux d'isolation.

**B12** : l'étanchéité à l'air de la paroi intérieure est requise pour assurer le bon comportement du mur creux. Si cette paroi est constituée par une maçonnerie laissée apparente, l'étanchéité à l'air est généralement obtenue par cimentage de la face du mur porteur orientée vers la coulisse.

**B13** : il y a lieu de remédier aux problèmes d'humidité éventuels avant d'entamer les travaux d'isolation. Ainsi, la présence de taches d'humidité peut révéler un manque de soin lors de la réalisation du mur, laissant supposer que les problèmes ressurgiront après les travaux d'isolation. Si seules des taches de moisissure sont présentes, la postisolation pourra apporter une amélioration, pour autant que les locaux soient correctement chauffés et ventilés.

**B14** : la présence de larges fissures dans la maçonnerie de parement peut révéler un défaut de stabilité, en particulier si les fissures se manifestent également dans le mur porteur. Il convient de remédier au préalable aux problèmes de stabilité, puis de réparer les fissures stabilisées.

# DÉTERMINATION DE LA CATÉGORIE DE RUGOSITÉ DU TERRAIN

Pour tenir compte de la rugosité du terrain, on se base sur les catégories de rugosité définies par la norme NBN EN 1991-1-4 [B19]. La catégorie de rugosité à prendre en compte pour un bâtiment dépend non seulement de sa situation, mais aussi de la hauteur et de l'orientation des façades. L'annexe nationale belge de la norme NBN EN 1991-1-4 [B20] définit la procédure de détermination de la catégorie de rugosité. Celle-ci est brièvement décrite ci-après.

## 1 DÉFINITIONS

### Direction du vent

On prend en compte la direction de vent perpendiculaire à la façade considérée.

### Secteur angulaire nominal

Secteur de rayon  $x$  formant un angle de  $\pm 45^\circ$  par rapport à la direction de vent considérée (figure A.3.1 ci-contre).

### Secteur angulaire de $30^\circ$

Secteur de rayon  $x$  formant un angle de  $\pm 15^\circ$  par rapport à la bissectrice.

### Rayon du secteur angulaire $x$

Distance maximum de la construction jusqu'à

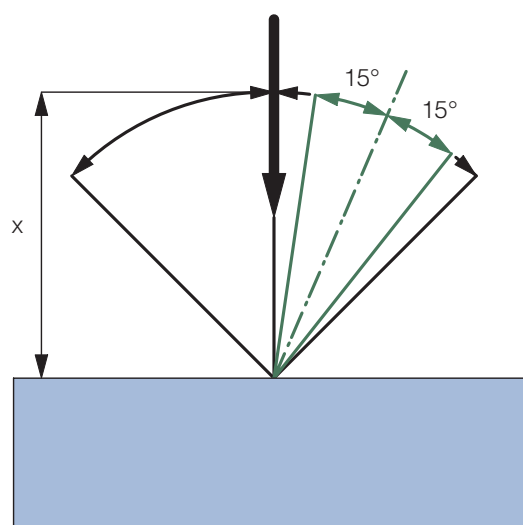


Fig. A.3.1 Secteur angulaire nominal.

laquelle la rugosité doit être étudiée (figure A.3.2 ci-dessous). Cette distance est donnée par la relation suivante :

$$x = 23 \cdot z_e^{1,2}$$

dans laquelle

- $x \geq 300$  m
- $z_e$  : la hauteur de référence pour l'action du vent ( $z_e = z - h_{\text{dis}}$ , avec  $z$  = la hauteur du bâtiment) <sup>(3)</sup>.

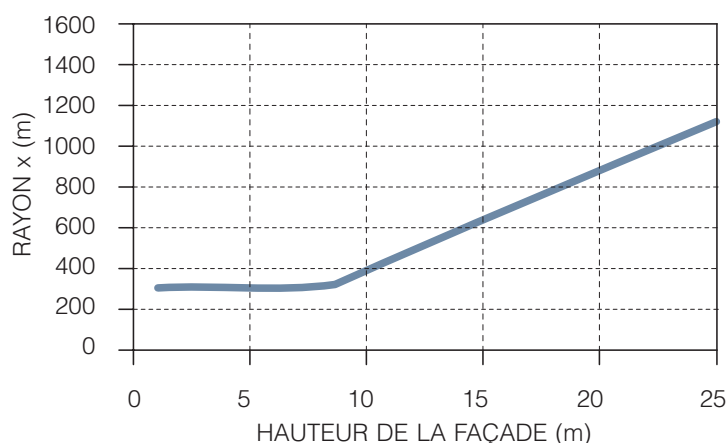


Fig. A.3.2 Rayon du secteur angulaire  $x$ .

<sup>(3)</sup> Pour la signification et la détermination de  $h_{\text{dis}}$ , on se référera à la norme NBN EN 1991-1-4 [B19].



## 2 PROCÉDURE DE DÉTERMINATION DE LA CATÉGORIE DE RUGOSITÉ DU TERRAIN <sup>(4)</sup>

1. On détermine d'abord la hauteur de référence pour l'action du vent ( $z_e$ ), puis on établit la catégorie de rugosité (0, I, II, III ou IV) la plus défavorable, c'est-à-dire celle ayant le plus petit chiffre romain se trouvant dans le secteur angulaire nominal de rayon  $x$  considéré.
2. On positionne ensuite le secteur angulaire de  $30^\circ$  de manière à inclure un maximum de surface caractérisée par la catégorie de rugosité la plus défavorable.
3. Enfin, on vérifie que la surface de catégorie de rugosité la plus défavorable représente au moins 10 % de la superficie totale du secteur angulaire de  $30^\circ$  <sup>(5)</sup> :
  - dans l'affirmative, on applique cette catégorie de rugosité la plus défavorable
  - dans la négative, on néglige cette catégorie de rugosité, on considère les catégories de rugosité restantes et on reprend la procédure au début du point 3.

<sup>(4)</sup> En pratique, pour les différentes façades d'un même bâtiment, il peut être nécessaire de considérer plusieurs catégories de rugosité en fonction de la direction du vent.

<sup>(5)</sup> La somme des surfaces d'une même catégorie de rugosité n'est pas à considérer, c'est-à-dire que chaque surface de catégorie de rugosité doit être prise individuellement.

## 3 EXEMPLE

Supposons un immeuble d'habitation comportant une façade latérale de 10 m de hauteur orientée au sud-ouest, une hauteur  $h_{dis} = 0$  et un rayon de secteur angulaire  $x = 365$  m.

On détermine la catégorie de rugosité comme suit :

- sur la vue aérienne ci-dessous, on indique le secteur angulaire de  $2 \times 45^\circ$  d'un rayon de 365 m (lignes jaunes) et on y définit la catégorie de rugosité la plus défavorable, en l'occurrence la catégorie II, c'est-à-dire une zone de basse végétation telle que de l'herbe
- on positionne ensuite le secteur angulaire de  $30^\circ$  de manière à inclure un maximum de surface caractérisée par la catégorie de rugosité la plus défavorable (lignes vertes)
- enfin, on vérifie que cette surface représente au moins 10 % de la superficie totale du secteur angulaire de  $30^\circ$ , ce qui est effectivement le cas.

On peut donc conclure que la façade considérée appartient à la catégorie de rugosité II.



**Fig. A.3.3**  
Détermination de la catégorie de rugosité du terrain à partir d'une photo aérienne.

# RAPPORT D'INSPECTION PRÉALABLE

Les constatations faites lors de l'inspection préalable à la postisolation du mur creux devront idéalement être consignées dans un rapport rédigé par l'entrepreneur en charge des travaux. L'établissement de ce rapport est d'ailleurs obligatoire si les travaux de postisolation sont réalisés dans le cadre d'un marché conforme aux STS 71-1 [S1].

L'inspection préalable a pour but d'évaluer l'aptitude du mur creux à recevoir ou non un traitement de postisolation et de déterminer la nécessité d'entreprendre des travaux préalables ou de réaliser un suivi en vue de pérenniser les performances envisagées pour la façade.

Le rapport d'inspection devra être disponible dès le début des travaux, de manière à permettre aux responsables d'identifier plus aisément les difficultés qui pourraient survenir en cours de chantier.

Outre les aspects énumérés dans le modèle présenté ci-après, de nombreux autres points peuvent évidemment être pris en considération; ils pourront être indiqués à la rubrique 16 'Autres points particuliers'.

### Rapport d'inspection préalable (modèle)

1. Nom et adresse de l'entrepreneur en charge des travaux : .....
2. Identification précise de la personne qui a réalisé l'inspection préalable : .....
3. Identification précise du bâtiment inspecté (adresse, numéro de cadastre, etc.) : .....
4. Date de l'inspection : .....
5. Identification des façades à isoler (croquis, photos, etc.) : .....
6. Estimation de la largeur moyenne de la coulisse et de la superficie de chaque pan de façade à isoler : .....
7. Superficie totale de façade à isoler : .....
8. Destination de l'ouvrage (habitation, lavoir, piscine, etc.) : .....
9. Age du mur creux (si disponible) : .....
10. Nombre d'étages ou hauteur du mur creux : .....
11. Description de la nature de la maçonnerie (brique, béton, ...) constituant la paroi extérieure et la paroi intérieure du mur creux, du parachèvement éventuel (peinture, crépi/enduit, ...) et des dégâts éventuellement constatés : .....
12. Evaluation de l'aptitude du mur creux à recevoir un traitement de postisolation (voir annexe 2). Citez les caractéristiques du bâtiment susceptibles d'influencer le comportement de la façade vis-à-vis de l'humidité et du gel, ainsi que les propriétés des matériaux constituant la paroi extérieure du mur creux. Examinez les détails de réalisation du mur creux et décrivez les désordres éventuellement présents : .....
13. Travaux à effectuer préalablement à la postisolation et non repris dans les STS 71-1 [S1] : .....
14. Autres travaux à entreprendre, hormis le remplissage de la coulisse, et non repris dans les STS 71-1 [S1] : .....
15. Accessibilité de la façade visée par les travaux : .....
16. Autres points particuliers : .....
17. Décision quant à l'aptitude de la façade à recevoir un traitement de postisolation : .....  
**Remarque** : vu les incertitudes inhérentes aux bâtiments existants, une inspection même approfondie ne permettra pas d'éliminer totalement le risque de dégradations ultérieures.
18. Date et signature du représentant mandaté de l'entreprise en charge des travaux : .....

# RAPPORT DES TRAVAUX EFFECTUÉS

Les travaux effectués feront de préférence l'objet d'un rapport établi par l'entrepreneur en charge des travaux. L'établissement de ce rapport est d'ailleurs obligatoire si les travaux de postisolation sont réalisés dans le cadre d'un marché conforme aux STS 71-1 [S1].

Le rapport des travaux effectués a pour objectif de démontrer, par des documents *ad hoc*, que les travaux ont été réalisés dans le respect de la réglementation et des règles de l'art, compte tenu des constatations faites lors de l'inspection préalable.

Si d'autres interventions s'avèrent souhaitables en complément de la postisolation, il convient d'en faire mention dans le rapport.

Outre les aspects énumérés dans le modèle présenté ci-après, de nombreux autres points peuvent évidemment être pris en considération; ils pourront être indiqués à la rubrique 15 'Autres points particuliers'.

### Rapport des travaux effectués (modèle)

1. Nom et adresse de l'entrepreneur en charge des travaux : .....
2. Identification précise de l'exécutant qualifié : .....
3. Identification précise du bâtiment ayant fait l'objet des travaux de postisolation (adresse, numéro de cadastre, etc.) : .....
4. Date(s) d'exécution des travaux : .....
5. Identification des façades isolées (croquis, photos, etc.) : .....
6. Largeur moyenne de la coulisse mesurée selon les STS 71-1 [S1] et superficie isolée par pan de façade : .....
7. Superficie totale de façade isolée : .....
8. Commentaires et/ou correctifs éventuels quant au contenu du rapport d'inspection préalable : .....
9. Contrôle des produits ou matières premières mis en œuvre :
  - identification de la famille de produits (EPS, MW, PUR, UF, ...) : .....
  - référence de l'attestation d'aptitude à l'emploi conformément aux STS 71-1 [S1] : .....
  - titulaire de l'attestation d'aptitude à l'emploi conformément aux STS 71-1 [S1] : .....
  - code(s) de traçabilité des matières premières ou composants mis en œuvre : .....
  - quantités de matières premières ou de composants mis en œuvre : .....
  - emballages des matières premières ou des composants scellés ? Oui / Non
  - présence du marquage tel que prévu dans l'attestation d'aptitude à l'emploi : oui / non
  - stockage des matières premières et des composants emballés conforme à l'attestation d'aptitude à l'emploi ? Oui / Non
10. Conditions de chantier :
  - température ambiante ( $\pm 1$  °C) : .....
  - humidité relative de l'air ( $\pm 5$  %), si nécessaire : .....
11. Informations relatives au matériel utilisé :
  - identification du matériel tel que convenu avec l'organisme certificateur : .....
  - dosage : .....
  - autres exigences éventuelles spécifiques aux produits ou au système : .....
12. Toutes les dispositions relatives à la sécurité sur chantier (échelles, échafaudages, etc.) et à l'utilisation des équipements de protection individuelle ont-elles été prises ? Oui / Non

13. Mesures et calculs :

- l'inspection préalable a-t-elle été réalisée par endoscopie ? Oui / Non
- détermination de la largeur moyenne de la coulisse : .....
- schéma d'implantation adopté : .....
- dosage réel : .....
- résistance thermique déclarée : .....
- des obstructions ont-elles été constatées dans les conduits de ventilation, les cheminées, etc. ? Oui / Non
- les orifices de remplissage ont-ils été rebouchés ? Oui / Non

14. Travaux et actions à entreprendre ultérieurement :

- travaux à effectuer pour que la postisolation réponde durablement aux performances souhaitées (travaux non précisés dans les STS 71-1) [S1] : .....
- entretien éventuel : .....
- aspects à prendre en compte lors du parachèvement ultérieur de la façade (utilisation d'une peinture perméable à la vapeur pour les façades peintes, par exemple) : .....
- contrôle du climat intérieur (production d'humidité) : .....

15. Autres points particuliers : .....

16. Les travaux de postisolation sont-ils conformes aux prescriptions ? Oui / Non  
 Commentaires ou différences par rapport aux prescriptions : .....

17. Le maître d'ouvrage recevra-t-il une attestation de conformité en concordance avec l'attestation d'aptitude à l'emploi selon les STS 71-1 [S1] ? Oui / Non

18. Si nécessaire, apposition des étiquettes des produits mis en œuvre : .....

19. Date et signature du représentant mandaté de l'entrepreneur en charge des travaux : .....



# BIBLIOGRAPHIE

## B

### *Bureau de normalisation (Bruxelles, NBN)*

- B1** NBN B 23-002:1986 Briques de parement en terre cuite (avec erratum).
- B2** NBN B 23-002/A1:1991 Briques de parement en terre cuite (avec erratum).
- B3** NBN B 23-002/A2:1996 Briques de parement en terre cuite.
- B4** NBN B 27-009:1983 Produits céramiques pour parements de murs et de sols. Gélivité. Cycles de gel-dégel.
- B5** NBN B 27-009/A1:1992 Produits céramiques pour parements de murs et de sols. Gélivité. Cycles de gel-dégel.
- B6** NBN B 27-009/A2:1996 Produits céramiques pour parements de murs et de sols. Gélivité. Cycles de gel-dégel.
- B7** NBN B 61-001:1986 Chaufferies et cheminées.
- B8** NBN B 61-002:2006 Chaudières de chauffage central dont la puissance nominale est inférieure à 70 kW. Prescriptions concernant leur espace d'installation, leur amenée d'air et leur évacuation de fumée (+ AC:2008).
- B9** NBN B 62-002:2008 Performances thermiques de bâtiments. Calcul des coefficients de transmission thermique (valeurs U) des composants et éléments de bâtiments. Calcul des coefficients de transfert de chaleur par transmission (valeur  $H_p$ ) et par ventilation (valeur  $H_v$ ).
- B10** NBN EN 771-1:2011 Spécification pour éléments de maçonnerie. Partie 1 : briques de terre cuite.
- B11** NBN EN 771-3:2011 Spécifications pour éléments de maçonnerie. Partie 3 : éléments de maçonnerie en béton de granulats (granulats courants et légers).
- B12** NBN EN 771-6:2011 Spécifications pour éléments de maçonnerie. Partie 6 : éléments de maçonnerie en pierre naturelle.
- B13** NBN EN 933-1:2012 Essais pour déterminer les caractéristiques géométriques des granulats. Partie 1 : détermination de la granularité. Analyse granulométrique par tamisage.
- B14** NBN EN 1062-1:2004 Peintures et vernis. Produits de peinture et systèmes de revêtement pour maçonnerie et béton extérieurs. Partie 1 : classification.
- B15** NBN EN 1097-3:1998 Essais pour déterminer les caractéristiques mécaniques et physiques des granulats. Partie 3 : méthode pour la détermination de la masse volumique en vrac et de la porosité intergranulaire.
- B16** NBN EN 1602:1997 Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment. Détermination de la masse volumique apparente (+ AC:1997).
- B17** NBN EN 1604:1997 Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment. Détermination de la stabilité dimensionnelle dans des conditions de température et d'humidité spécifiées (+ AC:1997).
- B18** NBN EN 1609:1997 Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment. Détermination de l'absorption d'eau à court terme : essai par immersion partielle (+ AC:1997).
- B19** NBN EN 1991-1-4:2005 Eurocode 1 : actions sur les structures. Partie 1-4 : actions générales. Actions du vent (+ AC:2010).
- B20** NBN EN 1991-1-4 ANB:2010 Eurocode 1 : actions sur les structures. Partie 1-4 : actions générales. Actions du vent. Annexe nationale.
- B21** NBN EN 1996-2:2006 Eurocode 6. Calcul des ouvrages en maçonnerie. Partie 2 : conception, choix des matériaux et mise en œuvre des maçonneries (+ AC:2009).
- B22** NBN EN 1996-2 ANB:2010 Eurocode 6. Calcul des ouvrages en maçonnerie. Partie 2 : conception, choix des matériaux et mise en œuvre des maçonneries. Annexe nationale.
- B23** NBN EN ISO 11654:1997 Acoustique. Absorbants pour l'utilisation dans les bâtiments. Evaluation de l'absorption acoustique (ISO 11654:1997).

- B24** NBN EN 12086:1997 Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment. Détermination des propriétés de transmission de la vapeur d'eau.
- B25** NBN EN 12667:2001 Performance thermique des matériaux et produits pour le bâtiment. Détermination de la résistance thermique par la méthode de la plaque chaude gardée et la méthode fluxmétrique. Produits de haute et moyenne résistance thermique.
- B26** NBN EN 13055-1:2002 Granulats légers. Partie 1 : granulats légers pour bétons et mortiers (+ AC:2004).
- B27** NBN EN 13055-2:2004 Granulats légers. Partie 2 : granulats légers pour mélanges hydrocarbonés, enduits superficiels et pour utilisation en couches traitées et non traitées.
- B28** NBN EN 13172:2012 Produits isolants thermiques. Evaluation de la conformité.
- B29** NBN EN 13187:1999 Performance thermique des bâtiments. Détection qualitative des irrégularités thermiques sur les enveloppes de bâtiments. Méthode infrarouge (ISO 6781:1983, modifiée).
- B30** NBN EN 13501-1:2010 Classement au feu des produits et éléments de construction. Partie 1 : classement à partir des données d'essais de réaction au feu.
- B31** NBN EN 13820:2003 Produits isolants thermiques destinés aux applications du bâtiment. Détermination du contenu organique.
- B32** NBN EN 14064-1:2010 Produits isolants thermiques pour le bâtiment. Isolation thermique formée sur chantier à base de laine minérale (MW). Partie 1 : spécification des produits en vrac avant l'installation.
- B33** NBN EN 14064-2:2010 Produits isolants thermiques pour le bâtiment. Isolation thermique formée sur chantier à base de laine minérale (MW). Partie 2 : spécification des produits installés.
- B34** NBN EN 14316-1:2004 Produits isolants thermiques pour le bâtiment. Isolation thermique formée en place à base de granulats légers de perlite expansée (EP). Partie 1 : spécification de produits liés et en vrac avant mise en œuvre.
- B35** NBN EN 14317-1:2004 Produits isolants thermiques pour le bâtiment. Isolation thermique formée en place à base de granulats légers de vermiculite exfoliée (EV). Partie 1 : spécification de produits liés et en vrac avant mise en œuvre.
- B36** NBN EN 15715:2010 Produits isolants thermiques. Instructions de montage et de fixations pour l'essai de réaction au feu. Produits isolants thermiques manufacturés.
- B37** NBN EN 29053:1995 Acoustique. Matériaux pour applications acoustiques. Détermination de la résistance à l'écoulement de l'air (ISO 9053:1991).
- B38** NBN EN ISO 354:2003 Acoustique. Mesurage de l'absorption acoustique en salle réverbérante (ISO 354:2003).
- B39** NBN EN ISO 4590:2003 Plastiques alvéolaires rigides. Détermination du pourcentage volumique de cellules ouvertes et de cellules fermées (ISO 4590:2002).
- B40** NBN EN ISO 10456:2008 Matériaux et produits pour le bâtiment. Propriétés hygrothermiques. Valeurs utiles tabulées et procédures pour la détermination des valeurs thermiques déclarées et utiles (ISO 10456:2007) (+ AC:2009).
- B41** NBN EN 998-2:2010 Définitions et spécifications des mortiers pour maçonnerie. Partie 2 : mortiers de montage des éléments de maçonnerie.
- B42** NBN EN 15287-1:2010 Conduits de fumée. Conception, installation et mise en œuvre des conduits de fumée. Partie 1: Conduits de fumée pour appareils qui dépendent de l'air dans la pièce.

## C

### *Cavity Insulation Guarantee Agency (Leighton Buzzard, CIGA)*

- C1** Technician's guide to best practice. Installing cavity wall insulation. Version 2.0 (juillet 2002).
- C2** Assessor's guide. Suitability of external walls for filling with cavity wall insulation. Part 1 : existing buildings. Version 1.0 (octobre 2003).

### *Centre scientifique et technique de la construction (Bruxelles, CSTC)*

- C3** Hydrofugation de surface. Note d'information technique, n° 224 (juin 2002).
- C4** Jointoiement des maçonneries. Note d'information technique, n° 208 (juin 1998).
- C5** L'isolation thermique des façades. Note d'information technique, n° 178 (décembre 1989).
- C6** Les enduits extérieurs. Note d'information technique, n° 209 (septembre 1998).
- C7** Pierres naturelles. Note d'information technique, n° 228 (juin 2006).

#### *Comité européen de normalisation (Bruxelles, CEN)*

- C8** prEN 14318-1:2009 Thermal insulation products for buildings. In-situ formed dispensed rigid polyurethane foam (PUR) products. Part 1 : specification for the rigid polyurethane dispense system before installation.
- C9** prEN 14318-2:2009 Thermal insulation products for buildings. In-situ formed dispensed rigid polyurethane foam (PUR) products. Part 2 : specification for the installed insulation products.
- C10** prEN 15100-1:2004 Thermal insulating products for buildings. In-situ formed urea-formaldehyde foam (UF) products. Part 1 : specification for the foam system before installation.
- C11** prEN 15101-1:2009 Thermal insulation products for buildings. In-situ formed loose fill cellulose (LFCI) products. Part 1 : specification for the products before installation.

#### *Commission européenne (Bruxelles, CE)*

- C12** Directive 89/106/CEE du Conseil relative au rapprochement des dispositions législatives, réglementaires et administratives des Etats membres concernant les produits de construction (CPD). Bruxelles, Journal officiel des Communautés européennes, 11 février 1989.
- C13** Règlement (UE) n° 305/2011 du Parlement européen et du Conseil du 9 mars 2011 établissant des conditions harmonisées de commercialisation pour les produits de construction et abrogeant la directive 89/106/CEE du Conseil. Journal officiel de l'Union européenne, n° L 88/5, 4 avril 2011.

## D

#### *Deutsches Institut für Normung (Berlin, DIN)*

- D1** DIN 1053-1:1996 Mauerwerk. Teil 1 : Berechnung und Ausführung (abrogée).

#### *Delghust M., Janssens A. et Rummens J.*

- D2** Retrofit cavity wall insulation : performance analysis from in-situ measurements. CESBP 2010. Proceedings of the 1<sup>st</sup> Central European Symposium on Building Physics. Kraków-Łódz, Gawin D., Kisilewicz T., 2010.

## I

#### *Instituut voor Keuring en Onderzoek van Bouwmaterialen (Houten, IKOB-BKB)*

- I1** BRL 2110 Nationale beoordelingsrichtlijn voor het KOMO attest en het KOMO procescertificaat voor het thermisch isoleren van bestaande spouwmuren met in situ materialen (2010).

## J

#### *Janssens A., Moers H. et Van Den Bossche N.*

- J1** Water penetration testing of cavity wall insulation fills. 5<sup>th</sup> International Building Physics Conference. Kyoto, 2012.

## O

#### *Organisation internationale de normalisation (Genève, ISO)*

- O1** ISO 2115:1996 Plastiques. Dispersions de polymères. Détermination de la température de point blanc et de la température minimale de la formation de film.
- O2** ISO/IEC Guide 67:2004 Evaluation de la conformité. Eléments fondamentaux de la certification de produits.

# P

## *PROBETON (Bruxelles, PROBETON)*

- P1** PTV 21-001 Eléments de maçonnerie en béton (granulats courants et légers). Classification et spécifications d'application (2006).

# S

## *Service public fédéral Economie (Bruxelles, SPF 'Economie')*

- S1** STS 71-1 Post-isolation des murs creux par remplissage in situ de la coulisse ayant une largeur nominale d'au moins 50 mm. Spécifications techniques unifiées (STS), mars 2012.

## *Stirling C.*

- S2** Thermal insulation : avoiding risks. A good practice guide supporting building regulations requirements. BR 262, Garston, BRE Press, 2002.

# V

## *Vandooren O.*

- V1** Classes de climat intérieur. Bruxelles, Centre scientifique et technique de la construction, Info-fiche n° 11, août 2004.




Editeur responsable : Jan Venstermans  
CSTC, rue du Lombard 42  
1000 BRUXELLES




## B R U X E L L E S


### Siège social

 Rue du Lombard 42  
B-1000 Bruxelles

e-mail : [info@bbri.be](mailto:info@bbri.be)


Direction générale


 02/502 66 90


 02/502 81 80

## Z A V E N T E M

### Bureaux


 Lozenberg n° 7  
B-1932 Sint-Stevens-Woluwe  
(Zaventem)


 02/716 42 11

 02/725 32 12

Avis techniques - Interface et Consultance  
Communication  
Gestion - Qualité - Techniques de l'information  
Développement - Valorisation  
Agréments techniques  
Normalisation


Publications


 02/529 81 00


 02/529 81 10

## L I M E L E T T E

### Station expérimentale

 Avenue Pierre Holoffe 21  
B-1342 Limelette


 02/655 77 11


 02/653 07 29


Recherche et Innovation  
Laboratoires  
Formation  
Documentation  
Bibliothèque

## H E U S D E N - Z O L D E R

### Centre de démonstration et d'information

 Marktplein 7 bus 1  
B-3550 Heusden-Zolder

 011/22 50 65

 02/725 32 12

Centre de compétence TIC pour les  
professionnels de la construction (ViBo)