GUIDE **PATHOLOGIES DES BÂTIMENTS**

La pathologie des façades

Diagnostic, réparations et prévention

AUTEURS

Philippe PHILIPPARIE
Jean-Luc THOMAS (4e édition)

ILLUSTRATIONS

Bernard SULLEROT
Thierry BEL
BRGM

PHOTOGRAPHIES

Philippe PHILIPPARIE
Bertrant RUOT

CSTB ÉDITIONS

AQC

Sommaire

Avant-propos 7

PARTIE 1

La fissuration des façades – Généralités 9

1. Introduction 9
2. Le vocabulaire 10
3. Les différentes fissures 11

3.1 Les fissures affectant les poutres en béton armé 11
3.2 Les fissures affectant les murs en béton ou en maçonnerie 12
3.3 Les fissures affectant les enduits ou les revêtements minces 14
3.4 La fissuration propre aux enduits hydrauliques 15

4. La réparation des fissures de façade 15

4.1 Le suivi de la fissuration 16
4.2 La réparation proprement dite 18

PARTIE 2

Les désordres affectant le gros œuvre 23

1. Les tassements du sol d'assise 23

1.1 Présentation 23
1.2 Reconnaître une pathologie de fondations 25
1.3 Le diagnostic 25
1.4 Cas des tassements sur sols argileux 28
1.5 Cas des tassements différentiels 30
1.6 Les réparations 33
1.7 La prévention des pathologies de fondations 35

2. Les effets des déformations de flexion des poutres supportant les façades 38

2.1 Position du problème 38
2.2 Identification des causes 38
2.3 La fissuration à la jonction entre le béton et les maçonneries 39
2.4 La voûte de décharge 40
2.5 Le calcul des flèches 41
2.6 Quelques situations caractéristiques 43
2.7 Les réparations 45
2.8 La prévention des désordres 45

3. Les pathologies des murs en maçonnerie et en béton 46

3.1 Présentation du phénomène de retrait et de dilatation 46
3.2 Les différents types de retrait du béton 47
3.3 Les causes du retrait du béton 47
3.4 Le retrait du béton et des maçonneries 48
3.5 Les déformations d'origine thermique (retrait et dilatation) 51
3.6 Le cas particulier des fissures de plancher 52
3.7 Les pathologies des murs en briques 52
3.8 Les pathologies des façades en pavés de verre 57
3.9 Prévenir les pathologies des murs en maçonnerie et en béton 60

4. La corrosion des armatures en acier et l'éclatement du béton 69

4.1 Présentation 69
4.2 Manifestation de la pathologie et diagnostic 70
4.3 Les réparations 72
4.4 Prévenir la formation d'éclats du béton et respecter les règles de l'art 75

PARTIE 3

Les désordres affectant les revêtements 79

1. Les pathologies des enduits de façade à base de liants hydrauliques 79

1.1 Présentation des enduits à base de liants hydrauliques 79
1.2 La fissuration des enduits 82
1.3 Les défauts d'aspect 87
1.4 Réparer les désordres 91
1.5 Prévenir les désordres 92

2. Les pathologies des revêtements de peinture épais (RPE) et des revêtements souples d'imperméabilité (RSI) 96

2.1 Présentation des revêtements 96
2.2 Les facteurs de risques communs aux RPE et aux RSI 97
2.3 Les désordres : identification et prévention 101
2.4 Comment choisir le revêtement souple d'imperméabilité pour réparer une façade fissurée ? 103

3. Les systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolant (ITE) ou ETICS (External Thermal Insulation Composite System) 105
3.1 Présentation 105
3.2 Le déroulement des travaux 105
3.3 Les désordres : identification et prévention 106
3.4 Réparer les dommages lors de travaux de rénovation grâce aux règles professionnelles ETICS 109
3.5 Pathologies nouvelles 111
4. Les pathologies des façades carrelées 112
4.1 Présentation du revêtement en carrelage collé 112
4.2 Le décollement : principale pathologie des façades carrelées 112
4.3 Diagnostic et réparations des désordres 116
4.4 Prévention et règles de l'art (d'après prescriptions particulières au NF DTU 52.2 P1-1-2) 116

PARTIE 4

Menuiseries et vitrages 119

1. Impropriété à destination 119
2. Les menuiseries extérieures 119
2.1 Le classement AEV et les performances acoustiques et thermiques des menuiseries 121
2.2 La pose des menuiseries extérieures 121
2.3 Ensembles menuisés 123
3. Vitrages 124
3.1 Le calfeutrement 124
3.2 Les vitrages isolants 125
3.3 Les vitrages ordinaires 125
3.4 Les vitrages trempés 125
3.5 Les vitrages feuilletés 126
3.6 Les verres à couches 126
3.7 L'acoustique 126

PARTIE 5

Confort thermique 127

1. Les condensations superficielles 127
2. Les ponts thermiques 128
3. La diffusion de vapeur d'eau 128
4. L'isolation par l'extérieur 129

© CSTB/AQC

Partie 1

La fissuration des façades – Généralités

1. Introduction

Que désigne le mot « fissure » ? Devant un même désordre, certains emploieront le terme « faïençage », d'autres parleront de « microfissures ». Qu'entend-on par « fissure active » ou « fissure de cisaillement » ?

Il est nécessaire de comprendre tous ces termes et d'adopter un vocabulaire précis. Savoir analyser l'origine de la fissuration est indispensable, à la fois pour déterminer le mode de réparation et la responsabilité des acteurs.

Pour éviter un mauvais diagnostic, la connaissance des principes de la résistance des matériaux est indispensable. Le simple bon sens ne suffit pas toujours, et bien des confusions sont faites en son nom.

Force est toutefois de convenir que certaines situations ne sont pas toujours simples à analyser. C'est particulièrement vrai si le désordre qui se produit est d'apparition récente et, surtout, de faible intensité.

Autre point pouvant conduire à une polémique : doit-on réparer ? La réparation relève-t-elle de la garantie décennale, voire d'une autre garantie qui s'impose aux constructeurs, ou bien du simple entretien courant ? La question posée est souvent celle-ci : la fissure qui s'est ouverte présente-t-elle un caractère de gravité ?

Le sujet est sensible. Le propriétaire d'une maison individuelle fera preuve de plus d'exigence qu'un maître d'ouvrage professionnel face à une « petite fissure ».

L'ouvrage endommagé pourrait avoir été réalisé par le même constructeur. Quant aux décisions des tribunaux, elles sont connues pour être imprévisibles.

Certains vont parler de « fissure infiltrante », d'autres de « fissure traversante ». Et s'il s'agit d'une microfissure, c'est-à-dire d'une fissure de très faible ouverture, il y a tout lieu de penser qu'un tel désordre restera sans conséquence. Au pire, il sera facile à réparer. C'est souvent exactement le cas contraire. Une très fine fissure, d'apparence banale, pourra conduire à des infiltrations d'eau dans un bâtiment et se révèlera délicate à réparer. Les travaux qui en découleront seront coûteux ; la réparation, soit le rebouchage de la fissure assorti de la pose d'un galon de pontage fibré, ne devra pas altérer l'aspect général de la façade.

Le mécanisme qui conduit à l'apparition des fissures est toujours le même :

- avant fissuration, la structure se déforme. Des contraintes se développent dans la matière. Les fissures apparaissent lorsque ces contraintes deviennent excessives, et dépassent la capacité de résistance de la matière. La fissure traduit une rupture du matériau. Il s'agit souvent d'une rupture de « traction ». Le béton et les maçonneries résistent mal à ce type de sollicitation ;
- après fissuration, la structure recherche un nouvel équilibre. Des zones non affectées peuvent à leur tour être anormalement sollicitées et vont se fissurer. Des déformations importantes se produisent, elles peuvent

© CSTB/AQC

entraîner des effondrements, ce qui est assez rare. Le plus souvent, une nouvelle situation d'équilibre est trouvée ; la structure s'est adaptée en quelque sorte aux sollicitations auxquelles elle a été soumise.

Cet ouvrage vous propose d'aborder l'étude des différentes fissures pouvant affecter une façade. Ces fissures pourront résulter :

» d'un mauvais comportement de la structure elle-même ;

» de la déformation excessive du sol d'assise.

Elles pourront affecter :

» le gros œuvre, la structure en elle-même ;

» ses équipements, revêtements divers ou enduits.

2. Le vocabulaire

La norme NF DTU 42.1 : Travaux de bâtiment - Réfection de façades en service par revêtements d'imperméabilité à base de polymères, novembre 2007 définit les termes suivants :

» faïençage : il caractérise de fines fissures superficielles qui forment un maillage irrégulier, généralement à la surface d'un enduit ou du béton ;

» microfissure : fissure dont l'amplitude reste inférieure à 0,2 mm ;

» fissure : ouverture linéaire de 0,2 mm à 2 mm ;

» lézarde et crevasse : fissure importante de plus de 2 mm.



Figure 1 : Devant un désordre de cette ampleur, on emploie le terme « lézarde » pour qualifier la fissuration qui apparaît entre deux corps de construction.

D'autres termes sont couramment employés :

» fissure traversante : elle apparaît dans un mur ou dans une poutre. Elle s'étend à l'épaisseur entière de la paroi ou de la poutre ; une fissure traversante permet le passage d'air à travers un mur de façade. En cela, elle peut compromettre l'isolation thermique de l'ouvrage ;

Remarque

La pénétration d'air en excès ou de pluie à l'endroit d'une fissure traversante peut constituer un litige relevant de la garantie décennale.

» fissure infiltrante : une fissure est dite « infiltrante » lorsqu'elle s'accompagne d'une pénétration d'eau à l'intérieur de l'ouvrage.



Figure 2 : Fissuration d'un mur en maçonnerie. Cette fissure traverse la paroi dans sa totalité. Elle peut bien entendu laisser passer la pluie et se révéler « infiltrante ».

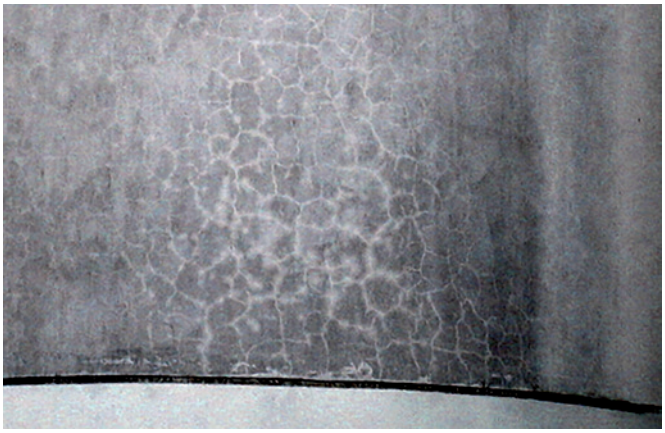


Figure 3 : Faïençage d'enduit. Seul l'enduit est fissuré.

© CSTB/AQC



Figure 4 : Le dommage revêt de l'ampleur.
Le terme « crevasse » est approprié pour le qualifier.

On les appelle les « barres longitudinales ».

Près des appuis, et toujours en raison des charges verticales auxquelles elle est soumise, la poutre tend à se casser si elle est trop chargée. La matière est sollicitée par ce qu'on appelle « l'effort tranchant ». Les contraintes qui apparaissent peuvent être à l'origine de fissures caractéristiques, d'orientation inclinée. Limiter le risque de fissurations conduit à mettre en place des armatures verticales que l'on appelle des « cadres ». Il est aussi possible de relever les armatures longitudinales en se rapprochant des appuis.

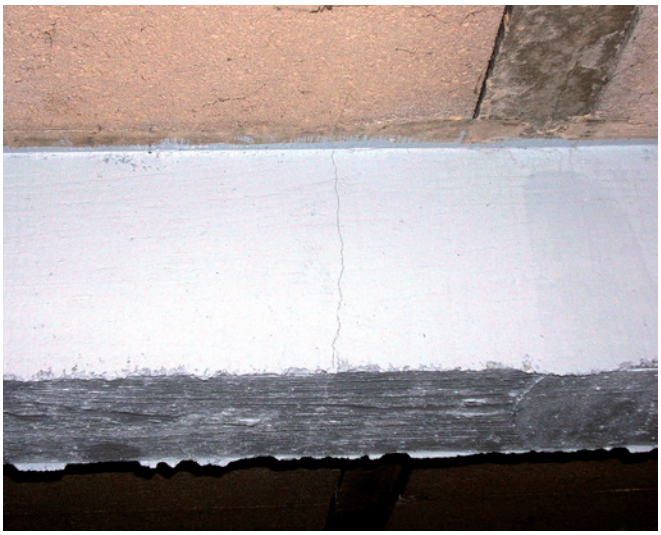


Figure 5 : La fissure visible sur cette poutre fait suite à son fléchissement. Le ferraillage est vraisemblablement insuffisant.

3. Les différentes fissures

3.1 Les fissures affectant les poutres en béton armé

La résistance des matériaux enseigne que les charges verticales appliquées sur une poutre reposant sur deux appuis sont à l'origine de deux types de sollicitation qui vont affecter la matière : le moment fléchissant et l'effort tranchant.

Le moment fléchissant exprime la déformation de la poutre vers le bas lorsqu'elle est chargée. La partie inférieure de la poutre se tend, des contraintes de traction apparaissent. La matière peut rompre sous ces contraintes. Les contraintes de flexion d'une poutre atteindront leur valeur maximale en milieu de portée lorsque la poutre est soumise à un chargement réparti. Les fissures pouvant s'ouvrir seront d'allure verticale et se refermeront vers le haut de la poutre. La partie supérieure de la poutre aura en effet tendance à se comprimer.

Chacun sait que le béton résiste assez bien en compression, beaucoup plus mal en traction. La résistance d'une poutre en béton suppose la mise en place d'armatures horizontales dans sa partie inférieure.

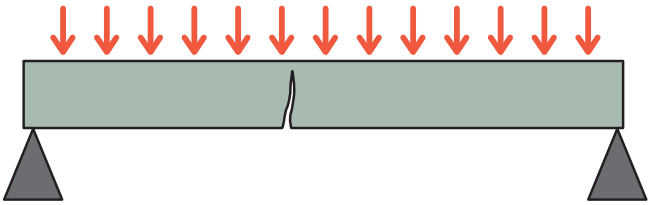


Figure 6 : Cette fissure, qui apparaît sensiblement à mi-portée de la poutre, fait suite à son fléchissement. La résistance des matériaux enseigne comment calculer le moment de flexion, puis les contraintes de compression dans la partie haute de la poutre, et les contraintes de traction en partie basse. Ce sont ces dernières qui sont à l'origine de la fissuration.

Les fissures attachées au moment de flexion d'une poutre apparaissent progressivement avec la rupture du béton en traction. Elles s'accompagnent *in fine* et préalablement à la rupture d'un allongement des armatures longitudinales. Avant cette situation extrême, les armatures supérieures ou en chapeau, mises en place au droit des appuis, seront sollicitées et permettront un nouvel équilibre. On parlera du phénomène dit d'« adaptation du béton ». Quoi qu'il en soit, la déformation anormale de la poutre est un signal d'alerte.

© CSTB/AQC

Partie 2

Les désordres affectant le gros œuvre

1. Les tassements du sol d'assise

1.1 Présentation

Les sinistres de fondations sont nombreux, parfois spectaculaires et surtout coûteux à réparer.

Lorsque la fondation d'une façade s'enfonce, des fissures vont souvent s'ouvrir dans les étages. Pour peu que le tassement ait une certaine ampleur, la fissuration pourra atteindre rapidement 1 mm, et parfois beaucoup plus ; les cloisons, les plafonds et les planchers pourront être affectés. Il s'agira le plus souvent d'une pathologie évolutive.

Les désordres correspondants compromettent la solidité de l'ouvrage et relèvent dès lors de la garantie décennale.

L'objectif de ce chapitre est de sensibiliser le lecteur aux conséquences d'un tassement du sol d'assise des fondations d'une construction et d'en comprendre les raisons. Des situations fréquentes vont être examinées sans que les concepts théoriques de la géotechnique soient abordés : il s'agit d'un exposé essentiellement pratique.



Figure 34 : Cette photo a été prise dans un pays du tiers-monde. Le constructeur méconnaissait la portance du sol sur lequel il a construit. Ce ne sont pas forcément les constructions les plus lourdes qui sont concernées par la pathologie des fondations. Cette photo en est la parfaite illustration.

© CSTB/AQC



Figure 35 : La tour de Pise. Son inclinaison ne s'est stabilisée qu'au bout d'un grand nombre d'années et après travaux. Il est faux de croire qu'un tassement se stabilise au bout de 3 à 4 ans et qu'il ne peut apparaître que sur une construction récente.

1.1.1 Les constructions légères

Paradoxalement, ce sont plutôt les constructions légères et, plus précisément, les maisons individuelles qui souffrent le plus du manque de portance de leurs fondations.

Cela tient à plusieurs circonstances :

- ce type de constructions est fondé le plus souvent sur semelles filantes, à faible profondeur, et donc sur un sol généralement peu porteur ;
- les maisons individuelles manquent de rigidité si on les compare à un immeuble comportant plusieurs niveaux de sous-sols ceinturés par des parois en béton armé ;
- les façades comportant des ouvertures seront celles qui souffriront le plus d'un tassement ;
- une maison individuelle est, sauf exception, bâtie avec des blocs de béton ou des briques. Ce sont des éléments de construction moins résistants que le béton banché, notamment vis-à-vis d'efforts de traction. Les joints entre les blocs ou les briques constituent autant de lignes faibles où se produiront les fissures ;
- le constructeur d'une maison individuelle se dispense souvent d'étude de sol.

Fondations superficielles, rigidité insuffisante de la structure, exécution maladroite et absence d'étude de sol sont les facteurs qui expliquent que les maisons individuelles sont plus touchées que les immeubles. C'est ce type de constructions que nous étudierons dans le présent chapitre.

1.1.2 Les sols argileux

Les sols de type argileux riches en grains très fins sont courants en France. Le comportement de ces sols varie notablement avec leur teneur en eau.

L'étude qui va suivre porte sur la pathologie des façades des maisons individuelles reposant sur des sols de cette nature.

Les sols, ou plutôt les argiles « gonflantes » à l'origine de nombreux sinistres ces dernières années, seront tout spécialement abordés. Le terme « argile gonflante » vise les sols argileux sensibles à l'eau, susceptibles de se rétracter lorsqu'ils s'assèchent. En se réhydratant, ces sols reprennent tout ou partie du volume perdu en période sèche.



Figure 36 : Exemple de tassement sur sol argileux « gonflant ».

1.1.3 Les tassements différentiels

Les tassements d'ensemble sont rares, ce sont plutôt les tassements différentiels qui sont à redouter. Ils se produisent lorsque la réaction du sol, sous les charges apportées par la structure, n'est pas homogène. Mais tous les tassements ne sont pas nuisibles ; ils le deviennent lorsqu'ils sont à l'origine de contraintes inacceptables par la structure.

Il convient donc de réfléchir au comportement de la structure lorsque son assise s'enfonce. Les spécialistes parlent d'« interaction sol - structure » ou plus simplement de la capacité de la structure à s'accommoder d'une déformation du sol sur lequel elle s'appuie.

Ces tassements peuvent évidemment se produire lorsque la construction repose sur des argiles « gonflantes ». En effet, l'assèchement du sol ne sera jamais homogène en périphérie de l'ouvrage. Et les vides qui apparaitront sous les semelles conduiront à un affaissement parfois brutal de la structure, mal soutenue.

L'absence de rigidité des murs et des fondations est un facteur aggravant.

© CSTB/AQC

1.2 Reconnaître une pathologie de fondations

Certaines situations sont simples : l'ampleur des désordres est telle que le doute n'est pas permis.

À l'opposé, il n'est pas raisonnable de vouloir diagnostiquer un tassement de fondations à la vue de fissures de l'ordre de quelques dixièmes de millimètre. Pourtant, le propriétaire de l'ouvrage attend souvent une explication précise et un remède définitif lors du passage d'un technicien. En pratique, ce sont les situations intermédiaires qui peuvent poser problème. La méconnaissance des bases de la résistance des matériaux sera parfois à l'origine de confusions et d'erreurs de diagnostic. Par exemple, une fissure horizontale de quelques dixièmes de millimètres qui ceinture une maison ne peut résulter d'un mouvement des fondations (figure 13).

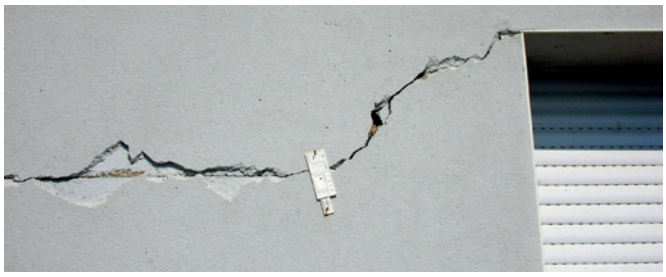


Figure 37 : Une lézarde de cette ampleur traduit nécessairement un mouvement de fondations

Il y a lieu de distinguer deux situations qui auront en définitive des effets comparables sur la façade :

- la semelle de fondation fléchit, ne pouvant plus supporter les charges de la façade alors que le sol sur lequel elle a été coulée s'est enfoncé ;
- la semelle de fondation se casse.

Le béton de la semelle de fondation souvent insuffisamment ferraillé va souffrir d'une sollicitation de type moment fléchissant excessive dans le premier cas, de type effort tranchant dans le second cas.

1.2.1 Sollicitation d'effort tranchant

- La façade se déforme puis se fissure.
- Les fissures vont se former le long de points faibles de la structure, là où elle manque de raideur et donc préférentiellement autour des ouvertures.
- Les fissures ont une inclinaison voisine de 45°.

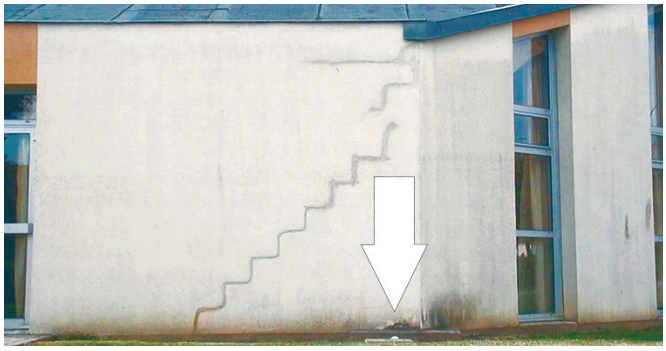


Figure 38 : Fissure caractéristique d'une façade en maçonnerie dont la fondation s'enfonce

1.2.2 Sollicitation de moment fléchissant

Les fissures liées à un défaut de portance des fondations pourront aussi avoir une allure horizontale, par exemple lorsque c'est une fondation ponctuelle qui s'enfonce et quand la fissure apparaît au niveau du soubassement.



Figure 39 : La semelle a fléchi, insuffisamment soutenue par le sol. Une fissure s'ouvre entre le plancher et le soubassement.

1.3 Le diagnostic

1.3.1 Identifier une pathologie de fondations

Il n'existe donc pas de règle simple, à la vue de fissures, pour affirmer que les désordres observés sont la conséquence ou non d'un mauvais comportement des fondations. La connaissance des bases de la résistance des matériaux est nécessaire comme une bonne expérience professionnelle du sujet. C'est ainsi qu'il est faux de conclure qu'un tassement s'accompagne toujours de fissures à 45°, mais un mur coupé par des fissures à 45° subit presque toujours les effets d'un tassement…

Il faut aussi savoir lire à travers l'enduit qui décore la façade et dissimule des renforts dans la structure qui restent invisibles et modifient le trajet escompté des fissures : il s'agit en tout premier lieu des linteaux et des chaînages.



Figure 40 : Fissuration d'une cloison de doublage en briques. Si la façade est également fissurée au droit de cette ouverture, on peut conclure que l'on est en face d'un tassement.

© CSTB/AQC

3.7.1.1 Les briques creuses (Low Density)

Les briques creuses, c'est-à-dire à alvéoles d'orientation horizontale ou verticale, sont dénommées « LD » dans la norme NF EN 771-1 ; on trouve à côté des briques classiques à alvéoles non décalées (briques G) des organisations propres à chaque fabricant. Ces briques sont destinées à être enduites ; on distingue deux familles d'éléments :

» les briques creuses pour mur de façade doublé par complexe isolant côté intérieur (épaisseur courante 20 cm) ; ce type de brique est aussi utilisé dans les murs de refend ;

» les briques creuses « Monomur » pour mur de façade du même nom, du type à isolation thermique répartie d'épaisseur courante plus forte : 30 à 37,5 cm.

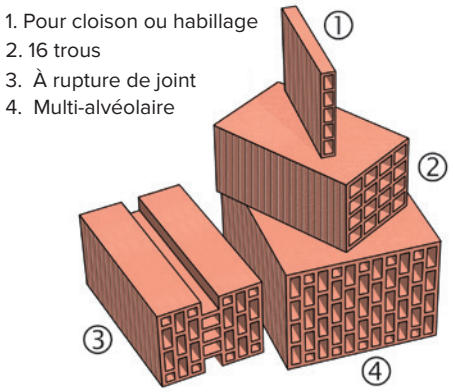


Figure 116 : Briques creuses à alvéoles horizontales

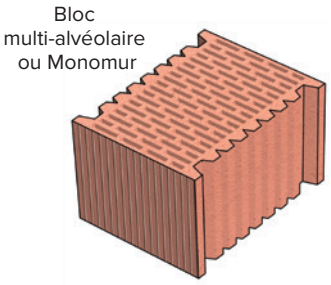


Figure 117 : Bloc creux à alvéoles verticales

Dans chacune de ces deux familles, on trouve des briques à tolérances de fabrication réduites (briques « rectifiées ») compatibles avec un montage « à joints minces » au moyen d'un mortier spécialement adapté.

Chaque gamme de briques comporte des éléments accessoires destinés à la réalisation des points singuliers. Certaines des gammes comportent en plus :

» des dispositifs facilitant la prise en main par le maçon lors de la pose (cas des alvéoles verticales) ;

» sur les faces verticales d'about des emboîtements à sec et/ou des empochements à remplir de mortier.

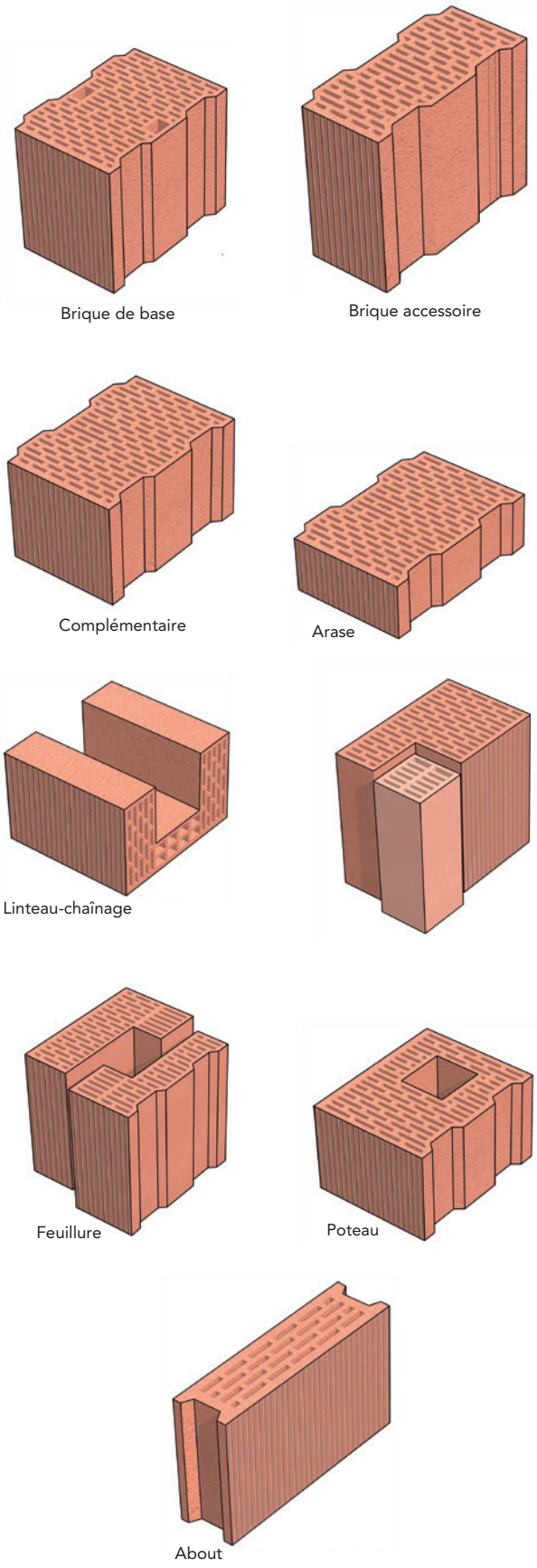


Figure 118 : Gamme d'éléments accessoires. Exemple de blocs à alvéoles verticales et isolation répartie de type Monomur.

© CSTB/AQC

Les briques peuvent être hourdées au mortier ou posées à la colle. Ce dernier montage, en développement, est à l'origine de pathologies bien spécifiques (voir § 3.7.3.4 et figure 130).

3.7.1.2 Les briques pleines ou perforées (HD)

Il s'agit de briques pleines ou perforées destinées le plus souvent à rester apparentes (briques généralement de petit format traditionnel 6 x 11 x 22 cm) ; ces briques sont dénommées « HD » dans la norme NF EN 771-1.

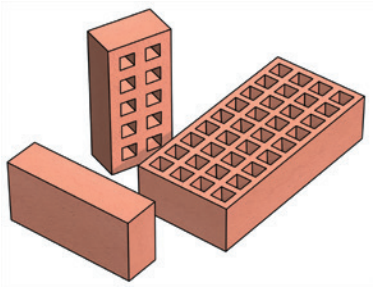


Figure 119 : Briques pleines ou perforées

3.7.2 Le comportement des murs en brique



Figure 120 : Maison individuelle construite avec des briques isolantes posées à joints minces

Les murs de façade en briques présentent de nombreux avantages (légèreté, isolation, stabilité dimensionnelle) mais ne sont pas pour autant exempts de pathologies : efflorescences, dégradation du matériau, infiltration, etc.).

La norme NF DTU 20.1 apporte toutes les informations utiles pour réaliser des murs stables et étanches. Mentionnons simplement que les briques pleines sont laissées apparentes, parfois enduites sur leur face intérieure, et que les briques creuses sont toujours enduites sur leur face extérieure. Ces enduits participent à l'étanchéité à l'eau de la paroi.

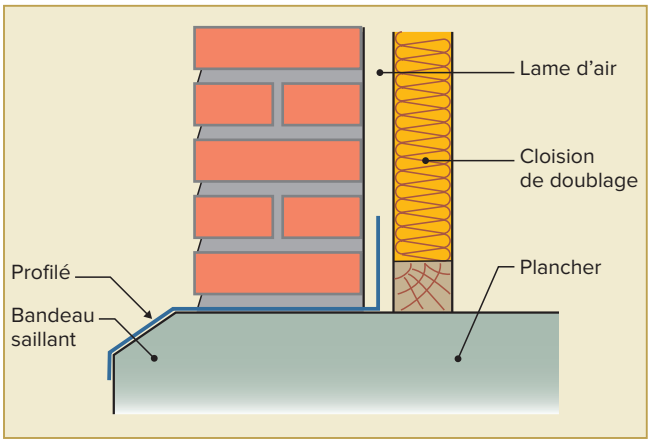


Figure 121 : Dans le cas des briques pleines, une cornière en PVC est disposée en pied des parois. Elle a pour rôle de rejeter vers l'extérieur l'eau en excès, pouvant ruisseler sur la face intérieure de la paroi. Il convient de dégarnir les joints verticaux tous les mètres en pied de mur pour permettre à la pluie de s'échapper à l'extérieur.

Ces murs, intéressants par leurs performances thermiques, restent de montage complexe. De nombreux détails doivent être gérés efficacement pour éviter des déboires, la jonction avec les ouvertures notamment. Citons également les murs doubles comportant deux parois.



Figure 122 : Mur simple. La paroi intérieure est enduite pour améliorer l'étanchéité d'ensemble de la façade.



Figure 123 : Mur double. Les briques extérieures ont un rôle essentiellement décoratif.

© CSTB/AQC



Figure 169 : Joints de fractionnement d'un acrotère

La partie supérieure des acrotères hauts doit être fractionnée et ferraillée. La densité du ferraillage dépend des régions et de la distance entre les joints de fractionnement (voir article 7.2.4.1.2 du DTU 20.12). Ce type d'acrotère est prohibé lorsqu'il surmonte des maçonneries.

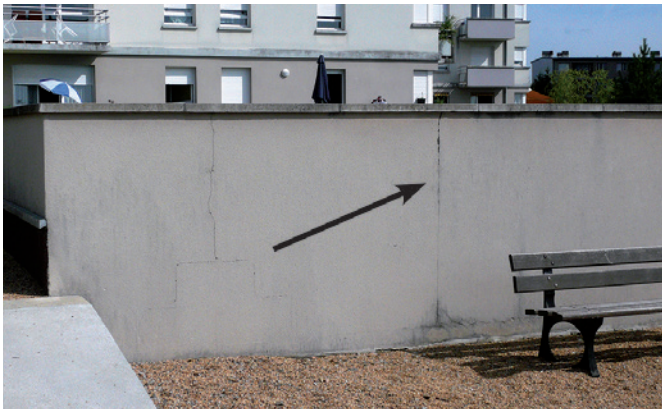


Figure 170 : Ce mur formant acrotère n'a pas été suffisamment fractionné. Il s'est fissuré.

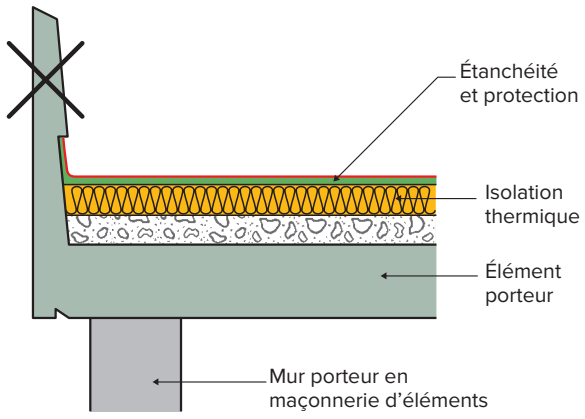


Figure 171 : Coupe sur acrotère haut

3.9.3.8 Le ferraillage des murs en béton banché

Le DTU 23.1 et la NF EN 1992-1-1 et son annexe nationale, complétées par le FD P 18-717 fixent les sections de ferraillage minimal à insérer en partie courante des murs de façade, au niveau des chaînages horizontaux à prévoir en tête des murs, à la jonction avec les planchers, sous les terrasses, autour des baies ainsi que les chaînages verticaux à couler dans les angles des bâtiments.

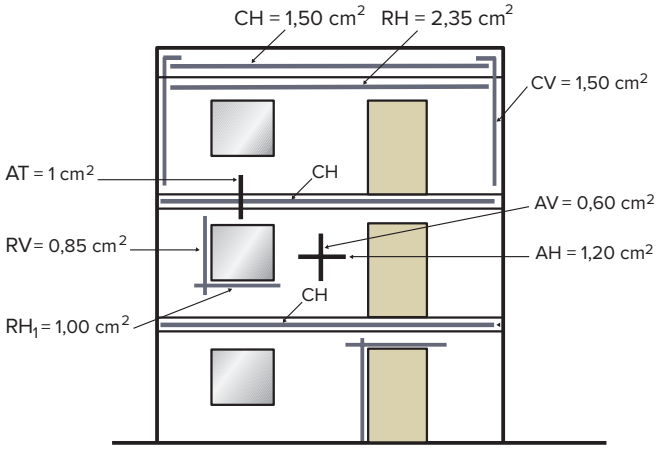


Figure 172 : Ferraillage des murs de façade en béton banché

Ferraillage des murs extérieurs de façade en béton banché avec des barres Fe 500 (limite d'élasticité égale à 500 MPa)

CH : armatures horizontales de chaînage de plancher
RH : renforcement du ferraillage sous terrasse
CV : chaînage vertical
AV : armatures verticales en partie courante
AH : armatures horizontales en partie courante
RV : armatures verticales de renfort autour des baies
RH 1 : armatures horizontales de renfort autour des baies



Figure 173 : Ce mur d'immeuble est insuffisamment ferraillé. Des fissures de retrait se sont ouvertes à partir des points faibles que constituent le châssis et le passage de la descente d'eaux pluviales.

© CSTB/AQC

4. La corrosion des armatures en acier et l'éclatement du béton

4.1 Présentation



Figure 174 : Les éclats de béton constituent une pathologie ancienne. Cette photographie a été prise sur le mur de l'Atlantique.Elle représente un blockhaus construit par les Allemands, le long d'une plage.

La construction d'ouvrages en béton armé dont les parements ont été laissés bruts s'est largement répandue après la Seconde Guerre mondiale. Des bâtiments souvent prestigieux ont alors été construits ; les architectes comme les entrepreneurs voyaient dans le béton un matériau d'avenir éternellement résistant que l'on pouvait modeler à sa guise.

La fissuration paraissait pouvoir être raisonnablement maîtrisée. Le progrès technique a conduit à réaliser des structures plus légères, comportant des voiles minces d'avant-garde pour l'époque. Les exemples d'ouvrages de cette nature sont nombreux dans les villes ayant souffert des bombardements pendant la Seconde Guerre mondiale et qui ont dû être reconstruites : Le Havre, Royan, par exemple.

Des bâtiments récents sont également touchés par cette pathologie.

À l'usage, ces structures n'ont pas été anormalement affectées de fissures et ont souvent franchi sans dommages le cap de la garantie décennale. Mais avec le temps, certaines d'entre elles, et notamment les ouvrages situés en bord de mer ou construits avec des éléments minces, c'est-à-dire ceux dont les parois pouvaient être atteintes pas des ions chlorures contenus dans les embruns ou dont les armatures étaient les plus faiblement enrobées, se sont détériorées. La peau du béton a éclaté en de nombreux endroits, des épaufrures sont apparues sans que le phénomène paraisse se stabiliser avec le temps.

Une nouvelle pathologie est ainsi apparue avec la corrosion des armatures les plus proches des parements : l'éclatement du béton. Le mécanisme est simple en apparence : les armatures se corrodent, augmentent de volume et font éclater le béton qui ne peut résister à une telle expansion.



Figure 175 : Éclat de béton autour de l'armature d'un poteau insuffisamment enrobée

Pourquoi un tel développement de la corrosion des aciers alors que le béton a l'heureuse propriété de protéger les armatures incorporées au coulage ? On dit que les armatures sont « passivées » par le béton, pérennisées en quelque sorte.

Les explications relèvent de la chimie minérale et de l'électrochimie. De nombreuses études ont été menées pour comprendre, réparer et bien sûr prévenir la formation d'éclats de béton. Les mécanismes qui seront sommairement décrits par la suite restent assez complexes. Plusieurs facteurs doivent être intégrés, notamment l'environnement de l'ouvrage.

Des méthodes traditionnelles de réparation existent. Elles présentent des lacunes. Des méthodes innovantes sont parfois mises en œuvre par des entreprises spécialisées. Elles supposent le recours à des mesures permettant de poser un diagnostic précis de l'avancement de la pathologie.

© CSTB/AQC

Pour éviter la stagnation de l'eau au niveau de ces points, il faut utiliser la pente des éléments.

Pour les jonctions avec le garde-corps, le balcon nécessite un relevé sur lequel le garde-corps est fixé.

Le relevé doit présenter une pente dirigée vers l'intérieur du balcon.

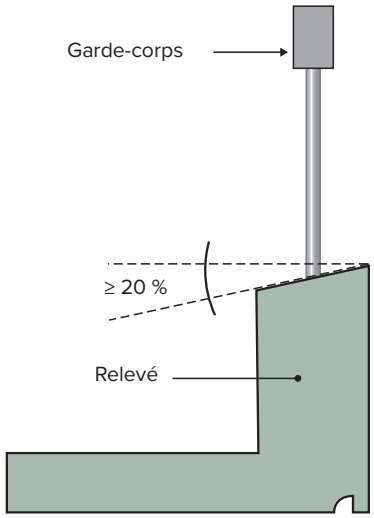


Figure 232 : Coupe sur balcon

Pour la jonction entre le balcon et la façade, il faut placer une talonnette dont la pente est également dirigée vers l'intérieur du balcon.

Par ailleurs, il est nécessaire de placer une goutte d'eau en sous-face des balcons.

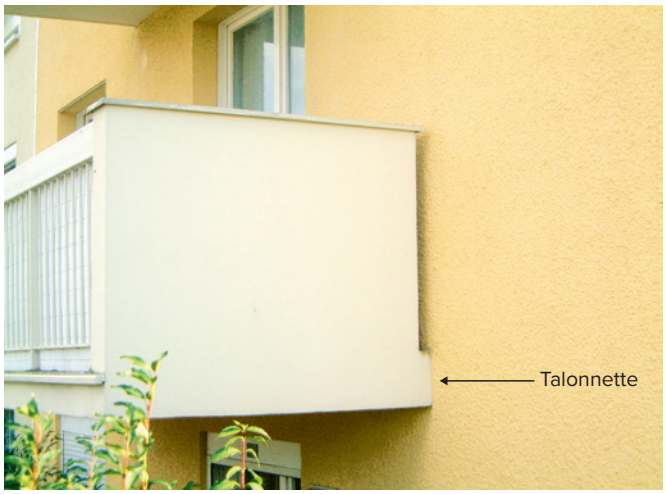


Figure 233 : Un espace a été laissé entre le garde-corps du balcon et la façade, pour permettre l'évacuation de la pluie.

1.5.3.4 Les baies

Les baies constituent un point singulier incontournable.

Sans aucune protection, les poussières et les salissures biologiques accumulées sur la partie horizontale de l'appui de baie coulent lors des périodes de pluie.

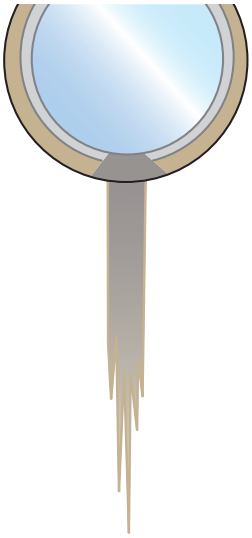


Figure 234 : Baie circulaire. L'eau s'achemine vers le point bas de la baie avant de ruisseler sous la forme d'une seule coulure le long de la façade.

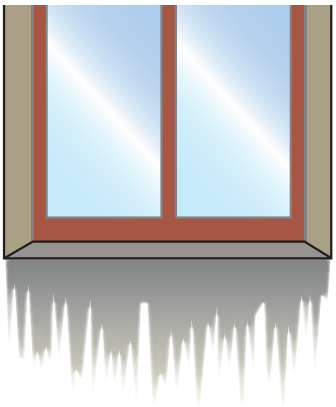


Figure 235 : Baie rectangulaire. Les coulures s'étendent sur toute la longueur de l'appui.

A. Appuis de baies débordants

Les baies rectangulaires doivent être munies d'un appui de baie débordant présentant un profil en pente vers l'extérieur et muni d'une goutte d'eau en sous-face.

Le débord doit être de 6 cm minimum par rapport au nu de la façade.



Figure 236 : Appui de baie débordant

© CSTB/AQC

Les appuis débordants doivent comporter, de part et d'autre de la baie, des relevés ou des « oreilles » d'appui.

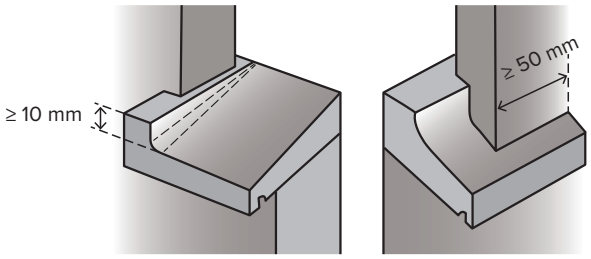


Figure 237 : Appuis de baies débordants relevés et « oreilles » d'appui

Attention

Lorsque les appuis de baie présentent des défauts de conception, l'eau s'écoule aux extrémités de l'appui et provoque alors l'apparition de « moustaches ». Ce phénomène se manifeste :

– lorsqu'un appui de baie débordant ne comporte ni relevés ni oreilles ou lorsque la longueur des oreilles est insuffisante ;

– lorsqu'un appui de baie sans débord est équipé d'une bavette ne comportant pas de rejets latéraux.

B. Cas particulier des baies sans appui débordant

De nombreuses constructions récentes disposent d'appuis de baie qui ne sont pas débordants.

La solution est d'utiliser une bavette avec goutte d'eau en sous-face et munie de rejets latéraux.

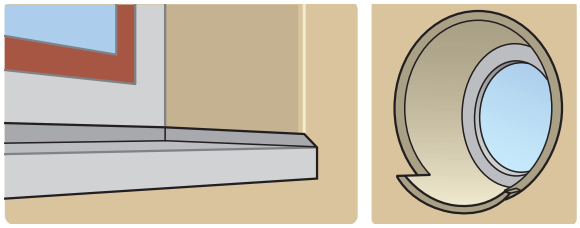


Figure 238 : Exemples de solutions pour appuis de baies non débordants

La bavette doit être correctement fixée et étanchée au dormant, afin d'éviter que l'eau ne passe derrière l'appui pour venir ruisseler sur l'allège.

La goutte d'eau doit se trouver suffisamment loin de la façade enduite (à 3 cm usuellement). Elle doit être adaptée aux conditions de précipitation de la région considérée.



Figure 239 : Moustaches aux extrémités d'un appui

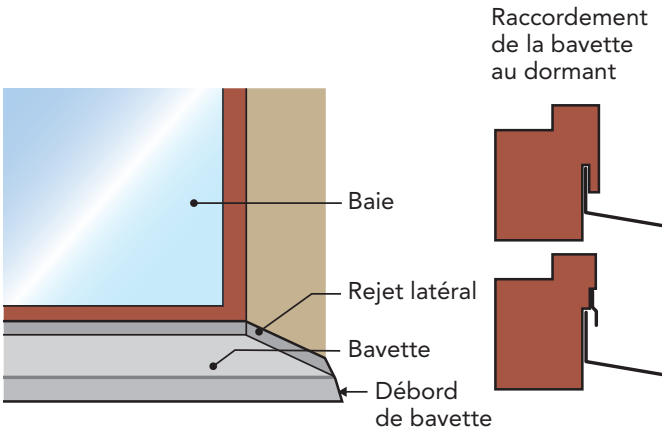


Figure 240 : Mise en œuvre de bavettes

1.5.3.5 Les couvertures

Pour éviter les coulures sur le pignon, le débord de toiture doit être suffisamment important.

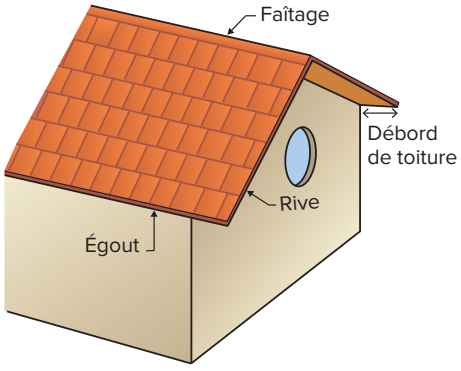


Figure 241 : Débord de toiture

Lorsque le débord n'est pas possible, l'installation de bandes de rive ou de tuiles de rive constitue un traitement possible.

© CSTB/AQC

Partie 4

Menuiseries et vitrages

1. Impropriété à destination

Les dommages compromettant la solidité de l'ouvrage relèvent de la garantie décennale. La loi Spinetta retient également que les dommages rendant l'ouvrage impropre à sa destination relèvent de la garantie décennale. La notion « d'impropriété à destination » peut paraître imprécise, contrairement aux défauts de solidité qui sont plus faciles à caractériser. Les décisions de justice qui se sont succédé ont permis de cerner ce que la notion d'impropriété à destination recouvrait : elle correspond au confort des occupants de l'ouvrage concerné.

Plusieurs critères peuvent concerner la conception et la réalisation de la façade :

- infiltrations d'eau ;
- passages d'air ;
- inconfort thermique et développement de moisissures ;
- inconfort acoustique.

L'ouverture de fissures, pathologie largement décrite dans les chapitres précédents, peut être source d'infiltrations d'eau ou d'air.

Les situations d'inconfort thermique ou acoustique conduisent à considérer la façade dans sa globalité :

- l'isolation thermique intérieure ou extérieure ;
- les menuiseries extérieures et les volets roulants ;
- les vitrages.

Il est intéressant de se pencher sur l'intégration des fenêtres dans le bâti et le comportement des vitrages qui les équipent.

2. Les menuiseries extérieures

Les matériaux bois et aluminium, voire acier, sont utilisés de longue date.

Les fenêtres en bois ont longtemps dominé le marché. Des pathologies anciennes ont quasiment disparu, comme :

- les déformations des ouvrants et infiltrations d'air ou d'eau ;
- le pourrissement ou l'altération des bois ;
- le décollement voire le cloquage des films de peinture mis en œuvre sur les bois.

La diminution de ces désordres peut s'expliquer par plusieurs facteurs :

- l'utilisation plus fréquente d'essences nobles, de bois exotiques ;
- l'accroissement de la section des profils utilisés ;
- la concurrence avec l'arrivée des menuiseries en PVC.

Des menuiseries extérieures en bois modernes ont des performances comparables aux menuiseries en PVC, et ce malgré le caractère « naturel » et donc quelque peu imprévisible du bois.

© CSTB/AQC

C'est dire que les fabricants de menuiseries en bois ont progressé. Ils ont été largement aidés par les organismes de certification qui leur ont proposé des solutions fiables.



Figure 304 : Infiltrations d'air parasites au droit d'une menuiserie extérieure

Les avancées techniques ont porté sur :

- le choix des essences et leur traitement ;
- les recouvrements entre ouvrants et dormants et entre ouvrants ;
- les assemblages d'angle ;
- les garnitures d'étanchéité ;
- le calfeutrement des vitrages, souvent réalisé en usine ;
- le drainage de la traverse basse.



Figure 305 : Exemple d'une menuiserie peu performante. La traverse basse ne peut évacuer la pluie qui s'écoule à l'intérieur du logement. La menuiserie est mal conçue.



Figure 306 : Cette menuiserie est déformée. L'assemblage traverse/montant baille. Le calage du vitrage n'a pas été bien réalisé. Le poids du vitrage a conduit à l'ouverture de l'assemblage.



Figure 307 : La dépose de l'ouvrant met en évidence l'ouverture de l'assemblage.

Les menuiseries en aluminium ont elles aussi progressé. Leurs défauts majeurs étaient bien connus : fuites dans les angles des dormants et condensations.

Les « gammistes », soit les concepteurs des menuiseries, proposent des solutions éprouvées et bien sûr des profilés dits « à rupture de ponts thermiques ». Les condensations ont disparu.

Les menuiseries en PVC ont connu un grand développement. Les pathologies sont peu nombreuses. Seule la dilatation à la chaleur du matériau a généré des litiges, souvent simples à résoudre.

© CSTB/AQC

Partie 5

Confort thermique

Les défauts de solidité, notamment la fissuration des façades, lesinfiltrations d'air et d'eau ont été examinés dans les parties précédentes. Les occupants peuvent aussi souffrir d'une sensation de froid au voisinage de la façade, quand ce n'est pas du développement de moisissures.

Il convient de s'intéresser aux phénomènes de condensation, en surface de la paroi intérieure, aux ponts thermiques et aux condensations dans la masse. Ces dernières, invisibles, peuvent à long terme provoquer des dommages qui vont dégrader les éléments constitutifs de la façade et altérer les performances des isolants.

La réflexion portera également sur les avantages de l'isolation par l'extérieur.

1. Les condensations superficielles

Dans quelles conditions des condensations vont apparaître ? Sont-elles à l'origine de moisissures ?

Quand des condensations se produisent à la surface de matériaux sensibles comme le plâtre ou le bois, des moisissures peuvent se développer. Dans le temps, le matériau, et par conséquence le bâti, se dégradent.

Le diagramme de Mollier permet de mieux comprendre les phénomènes de condensation et la notion de pont thermique.

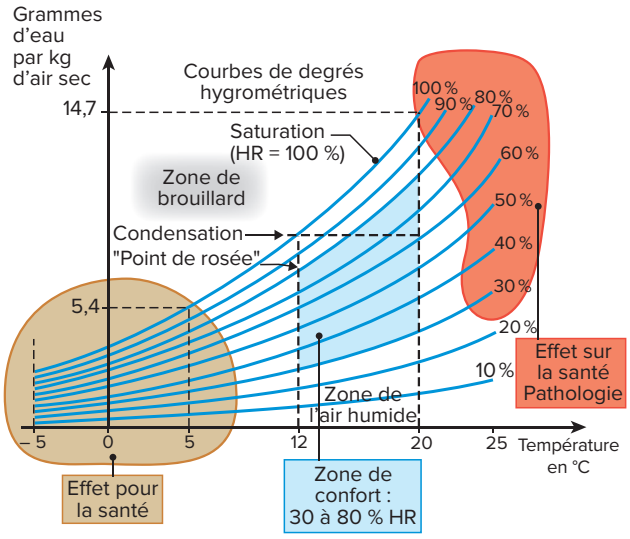


Figure 320 : Diagramme de Mollier

Le diagramme porte en abscisse la température de l'air intérieur, en ordonnée la quantité d'eau contenue dans l'air. Les courbes représentent l'humidité relative de l'air. Lorsque sa valeur est égale à 100 % (maximum), l'air est saturé.

Une quantité d'air à une température donnée contient une certaine quantité de vapeur d'eau.

© CSTB/AQC

Par exemple, à 20 °C et à 100 % d'humidité relative (HR), 1 kg d'air contient 14,7 g d'eau sous forme de vapeur. A 5 °C, l'air pourra contenir uniquement 5,4 g de vapeur d'eau dans le meilleur des cas (en saturation à 100 % HR).

Dans une pièce chauffée à 20 °C dont l'air est à 60 % d'humiditérelative, des condensations vont se former au contact d'un point de la paroi donnant sur l'extérieur dès lors que la température de surface est égaleà 12 °C. Cela peut être :

» un vitrage peu isolant ;

» le dormant d'une menuiserie en métal ;

» une paroi donnant sur un espace non chauffé.

On dira communément que de la buée se forme ou que le point de rosée est atteint. Cela reste sans gravité s'il s'agit d'un phénomène ponctuel lié par exemple à l'utilisation d'eau chaude (cuisine, douche) : il suffit d'aérer, la buée disparait. La condensation observée traduit malgré tout un défaut d'isolation et de ventilation ou une modification subite des conditions intérieures.

Le diagramme de Mollier met clairement en évidence que tout se passerait bien, à température intérieure égale, si le vitrage et la menuiserie étaient plus performants ou si l'humidité relative de l'air était plus faible.

Deux facteurs essentiels apparaissent :

» l'humidité de l'air, la ventilation, et plus généralement les possibilités d'échange de vapeur d'eau entre l'extérieur et l'intérieur ;

» la température de surface des éléments constitutifs de la façade, et plus précisément, la température de surface de la façade, côté intérieur.

Le point de rosée peut aussi se situer à l'intérieur de la paroi. La condensation va alors altérer ses performances isolantes.

2. Les ponts thermiques



Figure 321 : Formation de moisissures en plafond sous une terrasse.Dans le cas présent l'acrotère constitue un pont thermique. Le plafond se refroiditdans l'angle de la pièce, sous l'acrotère. La vapeur d'eau contenue dans l'airse condense, des moisissures se forment.

La notion de pont thermique est attachée à une zone froide du bâti. Il convient de limiter les ponts thermiques pour éviter la formation de moisissures, mais aussi pour économiser l'énergie.

La RT2020 définit la valeur maximale de ces ponts thermiques. Elle conduit à disposer des rupteurs de ponts thermiques le long des planchers bas, hauts, intermédiaires et des balcons.



Figure 322 : L'appui de fenêtre n'a pas été isolé. Les condensations qui se produisent régulièrement le longde ce pont thermique ont provoquéle décollement de l'enduit plâtre.

3. La diffusion de vapeur d'eau

Les lois de la physique enseignent que l'humidité de l'air intérieur cherche à s'équilibrer avec l'humidité de l'air extérieur : la vapeur d'eau contenue en excès dans l'air d'un logement va avoir tendance à migrer vers l'extérieur, en traversant les matériaux constitutifs de la façade. Un tel échange pourra être intense par froid sec, en hiver. Les risques de condensation dans la masse sont alors importants si l'échange est freiné par un film de « peinture étanche » appliquée à la surface extérieure de la façade, en l'absence de pare-vapeur intérieur.

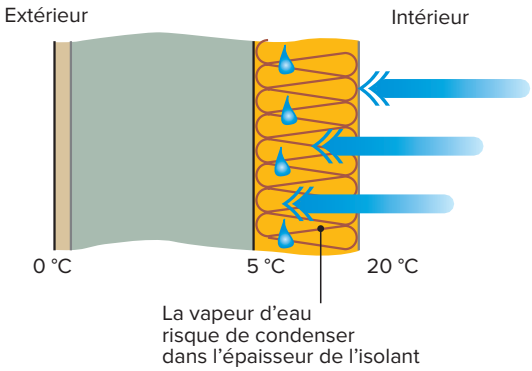


Figure 323 : Condensations dans la masse.L'isolant perd ses performances et peut se dégrader.

© CSTB/AQC





La pathologie des façades

Diagnostic, réparations et prévention

Cet ouvrage de synthèse aborde les principales pathologies des façades, qu'elles soient liées au gros œuvre ou aux revêtements :

- tassement du sol d'assise et fondations ;
- déformations des poutres, corrosion des armatures ;
- pathologies des murs en maçonnerie et en béton ;
- pathologies des enduits de façades, des RPE et RSI ;
- pathologies des systèmes d'isolation thermique extérieure ;
- pathologies des façades carrelées.

Grâce à ce guide, vous pourrez facilement identifier les différents types de fissures, comprendre leurs origines, analyser la gravité du sinistre et mettre en œuvre les remèdes adaptés.

Pour l'ensemble des cas étudiés, une approche systématique vous permettra de réaliser un bon diagnostic et de prescrire des solutions techniques conformes aux dispositions prévues dans les normes et normes-DTU.

Pour faciliter et renforcer la compréhension des désordres abordés, vous disposez de plus de 250 photos, schémas, détails de construction et tableaux de synthèse.

Initiée par le CSTB et l'AQC, cette collection de guides illustrés basés sur des cas réels, est consacrée aux principales pathologies des bâtiments.

L'objectif est de mettre à disposition des maîtres d'ouvrage, des maîtres d'œuvre, des bureaux d'études, des experts et des entreprises, un outil pédagogique qui contribue à l'amélioration de la qualité des constructions et à la diminution de la sinistralité.

Les auteurs

Philippe PHILIPPARIE, Ingénieur en bâtiment, expert en bâtiment au sein de la SOCABAT, GIE filiale de la SMABTP pendant 30 ans.

Jean-Luc THOMAS (4e édition), Ingénieur génie civil, expert-conseil en bâtiment au sein de SOCABAT depuis 2008.

PARTIE 1 : La fissuration des façades – Généralités
PARTIE 2 : Les désordres affectant le gros œuvre
PARTIE 3 : Les désordres affectant les revêtements
PARTIE 4 : Menuiseries et vitrages
PARTIE 5 : Confort thermique

Agence Qualité Construction
11bis, avenue Victor Hugo | 75116 Paris
www.qualiteconstruction.com

CSTB ÉDITIONS
84, avenue Jean Jaurès - Champs-sur-Marne - 77747 Marne-la-Vallée cedex 2
Tél. +33 (0)1 64 68 82 82 - informations.editions@cstb.fr • boutique.cstb.fr

Photos couverture : Philippe Philipparie - Sylvie Boutet © AQC - 2014