

Calfeutrement des joints dans le bâtiment. Applications

par **Philippe COGNARD**

Expert auprès des tribunaux

Ancien Directeur Marketing de la société ATO FINDLEY

1. Maçonnerie traditionnelle	C 3 663 - 2
1.1 Parois et murs en maçonnerie de petits éléments	— 2
1.2 Chapes et dalles.....	— 2
2. Préfabrication lourde.....	— 2
3. Préfabrication légère	— 2
4. Vitrages.....	— 4
4.1 Définitions et exigences.....	— 4
4.2 Prescriptions de mise en œuvre des systèmes d'étanchéité	— 5
4.3 Choix et spécification des systèmes d'étanchéité	— 5
5. Doubles vitrages, fabrication et pose	— 5
5.1 Fabrication.....	— 5
5.2 Pose	— 5
6. Immeubles de grande hauteur.....	— 9
7. Verre extérieur collé (VEC)	— 9
8. Sanitaires, carrelages, pièces d'eau	— 11
9. Joints anti-feu ou coupe-feu.....	— 11
9.1 Réglementations.....	— 11
9.2 Mastics de calfeutrement coupe-feu.....	— 11
9.3 Constitution du joint coupe-feu.....	— 12
10. Joints rigides.....	— 12
11. Calfeutrement d'ouvrages existants	— 12
12. Calfeutrement de fenêtres	— 13
13. Canalisations, conduites d'air conditionné.....	— 13
14. Joints acoustiques, parasismiques.....	— 13
15. Résines d'injection, de consolidation	— 13
16. Couverture et toiture.....	— 14
Pour en savoir plus.....	Doc. C 3 664

Les applications de calfeutrement des joints dans le bâtiment sont nombreuses et variées. De la maçonnerie traditionnelle à des applications plus spécifiques comme l'acoustique ou le verre extérieur collé, en passant par les vitrages, les sanitaires, les canalisations, les toitures, la préfabrication..., les joints offrent des solutions adaptées.

Cet article traite de ces applications.

Les autres articles de calfeutrement des joints dans le bâtiment sont les suivants :

- [C 3 660] - Généralités ;
- [C 3 661] - Produits ;
- [C 3 662] - Mise en œuvre ;
- [Doc. C 3 664] - Pour en savoir plus.

1. Maçonnerie traditionnelle

1.1 Parois et murs en maçonnerie de petits éléments

Le DTU 20.1 rassemble les règles de conception et d'exécution des ouvrages en maçonnerie. Il précise, en particulier, que la distance maximale entre deux joints successifs ou entre l'extrémité d'un bâtiment et le premier joint (joint de fractionnement = dilatation et retrait) doit être appréciée en fonction du rôle des maçonneries et de la conception générale du bâtiment (cf. article [C 2 102] *Conception des ouvrages en maçonnerie*).

1.2 Chapes et dalles

D'après le DTU 26.2, lorsque des joints de construction existent dans le support, ceux-ci doivent être prolongés dans les formes, chapes et dalles. D'autres joints de fractionnement doivent être exécutés :

- tous les 25 m² et au plus tous les 8 m si la surface est destinée à rester nue ou à recevoir un film de peinture ;
- tous les 50 m² et au plus tous les 10 m dans les autres cas.

Les joints en reprise de coulage sont traités en joints secs. Les joints de fractionnement sont exécutés à sec, ou par sciage, ou par profilé plastique. Ils intéressent toute la hauteur de la dalle ou de la chape, ou un minimum de 3 cm de cette hauteur.

Les matériaux de jointoiement utilisés dans ces divers cas sont liés à la destination de l'ouvrage. Ils doivent être étudiés au cas par cas puisque aucune réglementation française ne donne de précision à ce sujet. On se reportera à l'article [C 3 684] *Revêtements de sols industriels*.

2. Préfabrication lourde

Lorsque la pression extérieure de l'air est plus grande que la pression à l'intérieur d'une façade, l'énergie cinétique de l'eau de

pluie ou de ruissellement entraînée par le vent la fait pénétrer en force au travers des joints, même les plus étanches.

Afin de réaliser un équilibre entre ces pressions, une chambre d'égalisation des pressions est souvent prévue au moment de la construction, en plus des étanchéités à l'air et à l'eau réalisées par le mastic. Une bande étanche, le plus souvent à base de feutre bitumineux, est insérée en tant que complément d'étanchéité à l'air ([C 3 660], figure 6a).

Les joints horizontaux sont généralement à deux étages. La garniture en partie haute des panneaux constitue la barrière d'étanchéité à l'air et le complément d'étanchéité à l'eau [3] ([C 3 660], figures 6d et 6e). Dans le cas particulier des appuis de baie ([C 3 662], figure 10), le DTU 20.1 fixe les dimensions minimales du rejingot.

Lorsque les joints en préfabrication lourde sont conçus à un étage, ils ne peuvent être garnis que par un mastic classé par le SNJF élastomère 1^{re} catégorie.

Le tableau 1 donne les classes et dimensionnement des mastics en préfabrication lourde et en maçonnerie traditionnelle.

3. Préfabrication légère

L'étude du calfeutrement des joints en préfabrication légère concerne une très grande variété de types de joints. Nous ne présentons ici que quelques exemples. Le lecteur se reportera à des ouvrages spécialisés pour de plus amples informations (cf. [Doc. C 3 664]).

De façon générale, les règles professionnelles du SNJF et le DTU 44-1 précisent les mastics adaptés à la **préfabrication légère** et les dimensions correspondantes. Ces documents ne traitent que des joints de dilatation de largeur inférieure à 30 mm (tableau 2). Les règles professionnelles précisent, de plus, que la réalisation de joints en solin ([C 3 660], figure 8) est actuellement admise sous réserve d'utiliser un mastic élastomère, un fond de joint plat et de respecter les dimensions minimales préconisées.

Tableau 1 – Classes et dimensionnement des mastics. Cas des joints à surfaces parallèles entre éléments de façade en maçonnerie (préfabrication lourde et/ou maçonnerie traditionnelle)

Joint		Mastic			
Type de joint	Pourcentage de mouvement maximal A	Largeur initiale L (mm)		Classe minimale des mastics utilisables	Profondeur de calfeutrement P
		mini	maxi		
Un étage	≤ 25 %	8	40	25 E	$P = \frac{L}{2}$ avec un minimum de 8 mm
Deux étages	≤ 25 %	8	40	25 E	
	≤ 12,5 %	8	40	12,5 E ou 12,5 P	

Tableau 2 – Classes et dimensionnement des mastics. Cas des joints à surfaces parallèles entre éléments de façades légères

Joint				Mastic à extruder	
Type de joint	Pourcentage de mouvement maximal A	Largeur initiale L (mm)		Classe minimale des mastics utilisables	Profondeur de calfeutrement P
		mini	maxi		
Un étage	≤ 25 %	5	30	25 E	$P = \frac{L}{2}$ avec un minimum de 5 mm
Deux étages	≤ 25 %	5	30	25 E	
	≤ 12,5 %	5	30	12,5 E ou 12,5 P	
	≤ 7,5 %	5	30	7,5 P	
Joint horizontal à deux étages	≤ 7,5 %	5 (1)		Mastic en cordon préformé	
				Section minimale 80 mm ² (Ø nominal 9,5 mm selon NF P 30-303) Écrasement minimal 30 % de l'épaisseur initiale du produit	

(1) Il s'agit de la largeur après écrasement (épaisseur minimale du produit).

Tableau 3 – Classes et dimensionnement des mastics. Cas des joints à surfaces parallèles entre gros œuvre et menuiseries extérieures

Joint		Mastic	
Largeur initiale L (mm)		Classe des mastics utilisables	Profondeur de calfeutrement
mini	maxi		
5	20	25 E ou 12,5 E	$P = \frac{L}{2}$ avec un minimum de 5 mm
		12,5 P	$P = \frac{L}{2}$ avec un minimum de 8 mm
10	20	7,5 P	P = 10 mm

En ce qui concerne les **joints entre gros-œuvre et menuiseries**, les joints verticaux doivent être traités comme des joints à un étage [3]. Seuls les joints horizontaux situés en parties haute et basse des menuiseries sont considérés comme étant à deux étages à partir du moment où une deuxième barrière d'étanchéité à l'eau existe (exemple : sous-face d'un linteau protégeant le haut d'une menuiserie).

Les dispositions minimales à respecter pour la mise en œuvre de fenêtres sont décrites dans les avis techniques du CSTB [4]. La réalisation des différents joints et les mastics correspondants y sont précisés. Les DTU 36.1 et 37.1 limitent à 20 mm la largeur maximale des joints de calfeutrement entre menuiseries et maçonneries (tableau 3).

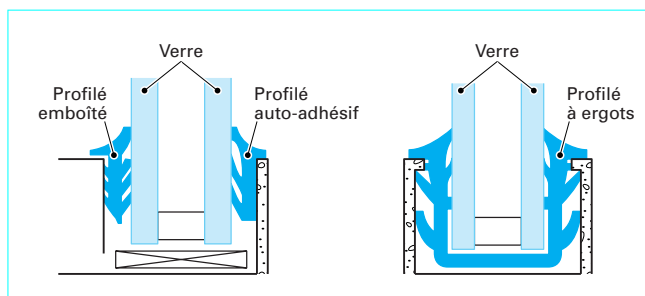
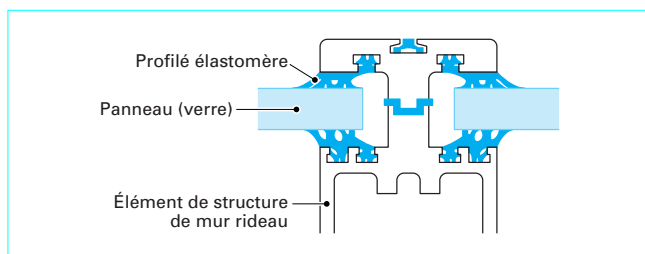
Un montage de doubles vitrages avec des profilés élastomères est donné figure 1, un joint de mur rideau avec des profilés élastomères figure 2 et des joints de vitrage de murs rideaux figure 3.

La conception d'un **joint de dilatation de mur rideau** dépend notamment de la direction et de l'amplitude des variations déclarées du joint de dilatation du gros œuvre. Si les dilatations et mouvements sont dans un même plan, une conception de joint avec

liaison fixe d'un côté et libre de l'autre peut être envisagée. Dans les autres cas, il est généralement nécessaire d'utiliser un calfeutrement souple.

Dans le cas particulier des **joints sous pièce d'appui avec rejet d'eau** et si dans ce cas on utilise un cordon préformé, ce cordon est mis en compression par la pose de la menuiserie dans les conditions suivantes :

- épaisseur initiale du mastic préformé (sens de la largeur du joint) ≥ 9,5 mm ;
- écrasement minimal : 30 % de l'épaisseur initiale ;
- épaisseur minimale après écrasement 5 mm.

**Figure 1 – Joints préformés pour vitrages****Figure 2 – Joints de mur rideau (Doc. Joints Hélios SA)**

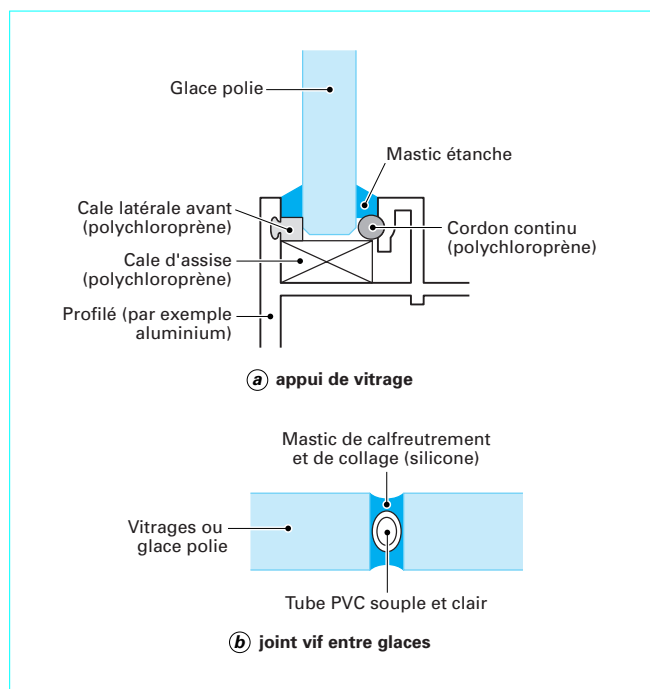


Figure 3 – Joints de vitrage de mur rideau

4. Vitrages

Les travaux de miroiterie-vitrage sont normalisés en France par le DTU 39 (référence AFNOR DTU P 78-201) de février 1987, toujours en vigueur.

Nous en avons extrait tout ce qui concerne l'étanchéité des vitrages et les règles de pose. Mais pour toutes précisions chiffrées, nous prions le lecteur de se reporter à ce DTU qui comporte 60 pages.

● Les **normes concernant les produits d'étanchéité pour vitrages** sont les suivantes :

- mastics à l'huile de lin : NF P 78-331 ;
- profilés pour joints dans les façades légères, à base de caoutchouc : NF P 85-301 ;
- mastics oléoplastiques : voir DTU 39 ;
- mastics obturateurs : voir DTU 39 ;
- mastics en bandes préformées : voir DTU 39 ;
- fonds de joints : annexe B4 du DTU 39.

Les cales doivent être soit en bois dur, soit en caoutchouc de dureté DIDC de 70 + ou - 5 ou en matériau de synthèse de dureté du même ordre.

● Le **DTU 39** indique les éléments à prendre en compte dans la définition de l'exposition d'un vitrage au vent, à l'ensoleillement et à la chaleur. Il examine aussi le cas de vitrages en toiture et inclinés. Par contre, il ne vise pas les immeubles de grande hauteur, supérieure à 100 m, pour lesquels le concepteur devra faire une étude *ad hoc*, en tenant compte de la pression du vent, de la pluie, des mouvements plus importants de la structure, etc... ni les très grands vitrages (plus de 6 m de longueur et plus de 3 m de largeur), ni le verre extérieur collé (VEC), que nous traitons au § 7.

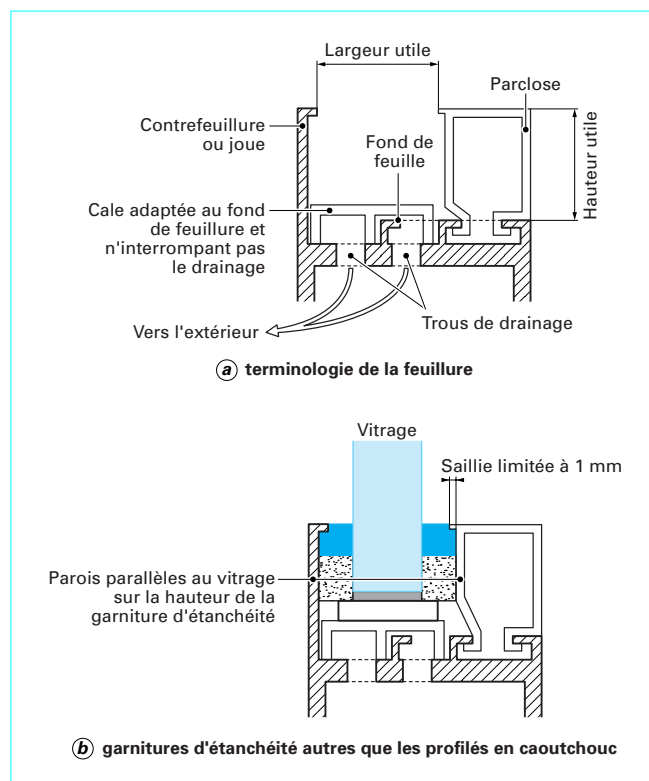


Figure 4 – Étanchéité des vitrages : feuillure

4.1 Définitions et exigences

Le DTU précise les conditions de drainage des feuillures, leurs dimensions, les hauteurs utiles minimales des feuillures, les jeux, les modes de calage des vitrages.

Le **fond de feuillure** (figure 4a) doit permettre un positionnement correct des cales périphériques et par leur intermédiaire une assise stable du vitrage. S'il n'en est pas ainsi, des cales spécialement adaptées à la forme du fond de feuillure doivent être conçues avec le châssis. Hormis le cas d'emploi de profilés en caoutchouc comme garniture d'étanchéité, les faces verticales des feuillures et des parcloes en vis-à-vis du vitrage doivent être parallèles aux faces du vitrage sur la hauteur de la garniture d'étanchéité, et ne pas comporter de saillies supérieures à 1 mm (figure 4b).

Les **jeux minimaux périphériques** j_p (figure 5) à réserver en fond de feuillure sont fonction du demi-périmètre p du vitrage. Ils sont donnés dans le tableau ci-après.

Jeu minimal périphérique	p (m)			
	$p \leq 2,5$	$2,5 < p \leq 5$	$5 < p \leq 7$	$p < 7$
j_p (mm)	3 (1)	4	5	6

(1) Dans le cas particulier des menuiseries en bois, un jeu minimal de 2 mm est toléré pour les vitrages isolants d'épaisseur au plus égale à 16 mm.

Les jeux minimaux sont mesurés après déformations éventuelles des supports.

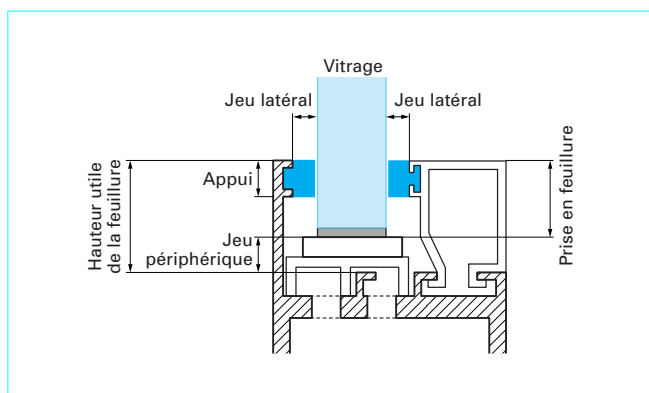


Figure 5 – Jeux en feuillure

4.2 Prescriptions de mise en œuvre des systèmes d'étanchéité

Le DTU recense les facteurs intervenant dans le choix des systèmes d'étanchéité :

- exposition à la pluie ;
- nature du châssis (bois, métaux, PVC) et plus grande dimension du vitrage, qui déterminent les mouvements différentiels qui se produiront entre vitrage et châssis lors des variations de températures ;
- choix du type de calage latéral en fonction de l'aptitude des systèmes d'étanchéité.

Le calage latéral peut être assuré par la garniture d'étanchéité lorsque la pression transmise reste inférieure aux limites ci-dessous :

— mastic oléoplastique	30 kPa ;
— bande préformée	30 kPa ;
— fond de joint	30 kPa ;
— obturateur plastique	50 kPa ;
— obturateur élastique	100 kPa.

Sinon, il faut des cales adéquates, définies par le DTU.

4.3 Choix et spécification des systèmes d'étanchéité

Les tableaux 4 et 5 fournissent les spécifications, les mises en œuvre et les limites d'emploi des divers systèmes d'étanchéité.

Le DTU fournit ensuite les prescriptions particulières pour certains types de vitrages : vitrages isolants, feuilletés, et pour certains ouvrages (toitures, vitrages inclinés, vitrages isolants).

Enfin, le DTU fournit les spécifications concernant les garnitures d'étanchéité selon les types :

- mastics de bourrage oléoplastiques, à durcissement limite (huile de lin, oléorésineux) ;
- mastics obturateurs de type élastique (essentiellement silicones) ;
- mastics obturateurs de type plastique (butyles, acryliques) ;
- mastics en bandes préformées (butyles) ;
- fonds de joints ;
- mastics bitumineux (périmés de nos jours).

Pour établir ces spécifications, le DTU utilise ici encore des méthodes d'essais voisines ou identiques à celles que nous avons étudiées en [C 3 660], § 2.2 à savoir :

- résistance minimale et maximale à la compression, pour apprécier l'aptitude au calage latéral du mastic ;
- adhésivité-cohésion à l'état initial, pour évaluer l'adhérence du mastic à son support et son aptitude à la déformation ;
- adhésivité-cohésion sous traction maintenue : norme NF P 85-508 ;
- adhésivité-cohésion par traction jusqu'à rupture : norme NF P 85-507 ;
- adhésivité-cohésion après conditionnement conventionnel ;
- adhésivité-cohésion sous traction maintenue, après insolation sous vitrage norme NF P 85-516 ;
- reprise élastique : norme NF P 85-506 ;
- essai de coulage : norme NF P 85-501 ;
- déformation maximale sous compression, essai spécifique pour les mastics en bandes préformées et aussi pour les fonds de joints ;
- stabilité pondérale pour les mastics plastiques, dont l'extrait sec est inférieur à 1 ;
- fluage et résistance à l'eau, essais spécifiques pour les mastics bitumineux (périmés de nos jours).

Pour les spécifications, nous prions le lecteur de se reporter au DTU 39.

5. Doubles vitrages, fabrication et pose

5.1 Fabrication

Leur fabrication a été étudiée en [C 961].

Les doubles vitrages sont constitués de deux vitres parallèles collées sur un espaceur – en général un profilé en aluminium mince, qui contient un absorbeur d'humidité (tamis moléculaire, silica gel), cf. figure 6.

La colle-mastic utilisée peut être soit un hot melt butyle, soit un silicone.

L'étanchéité à la vapeur d'eau et aux gaz est obtenue par une enduction à la périphérie d'un mastic thiokol (polysulfure) à deux composants, soit d'un mastic butyle hot melt, appliqué à chaud, et même parfois d'un mastic silicone à deux composants.

5.2 Pose

La pose des doubles vitrages, encore appelés vitrages isolants, est étudiée dans le DTU 39, Miroiterie Vitrerie, pages 32 et 33.

Les feuillures doivent être drainées, ce qui interdit les mastics à l'huile de lin et le bourrage complet ou partiel de la feuillure.

L'emploi de profilés en caoutchouc en U n'est autorisé que si le drainage du profilé et de la feuillure est assuré.

L'emploi de systèmes à bande préformée n'est autorisé que pour les vitrages isolants dont le verre extérieur a un coefficient d'absorption égal ou inférieur à 0,35 et dont le constituant intérieur est clair.

Pour les très grands vitrages de poids supérieur à 100 kg, la garniture d'étanchéité doit être soit un mastic obturateur sur fond de joint, soit un profilé en caoutchouc et l'utilisation de bandes préformées n'est évidemment pas admise.

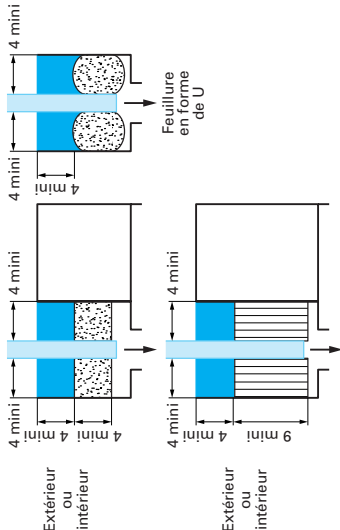
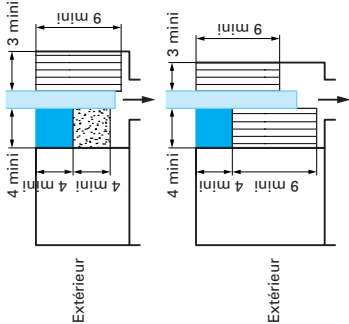
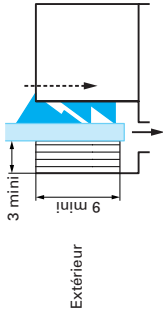
Tableau 4 – Système d'étanchéité avec drainage (d'après cahiers du centre scientifique et technique du bâtiment DTU 39 AFNOR P 78-201)						
Typologie et définition	Spécifications de mise en œuvre (cotes en millimètres)	Nature de la menuiserie	Limites d'emploi			Classe d'exposition maximale du vitrage
			Nature du vitrage		Ouverture de la feuillure	
			Simple vitrage	Vitrage isolant		
Mastic obturateur sur fond de joint ou bande préformée		Bois, minéral, acier, aluminium, matériau de synthèse	De toute nature	Le joint de scellement doit être protégé de l'insolation	Feuillure ouverte vers : — l'extérieur — l'intérieur Feuillure en forme de U	E _E
Système mixte avec bande préformée en garniture principale et mastic obturateur sur fond de joint ou bande préformée	<p>— La bande préformée se trouve obligatoirement en garniture intérieure principale, et doit être compressée manuellement de 10 à 20 %, section minimale après compression : 3 × 9 mm.</p> <p>— Le mastic obturateur doit être à l'extérieur, posé côté parclose.</p> 	Bois seulement	Verre trempé interdit Verre coefficient absorption > 0,35 interdit	Le joint de scellement doit être protégé de l'insolation Verre coefficient absorption > 0,35 interdit	Feuillure ouverte vers l'extérieur seulement	E ₃
Système mixte avec bande préformée et profilé en caoutchouc de compression	<p>— La bande préformée se trouve obligatoirement en garniture extérieure principale et doit être compressée de 15 à 25 %, section minimale après compression : 3 × 9 mm.</p> <p>— Le profilé caoutchouc est posé côté parclose intérieure.</p> 	Bois seulement	Verre trempé interdit Verre coefficient absorption > 0,35 interdit	Le joint de scellement doit être protégé de l'insolation Verre coefficient absorption > 0,35 interdit	Feuillure ouverte vers l'intérieur seulement	E ₂

Tableau 4 – Système d'étanchéité avec drainage
(d'après cahiers du centre scientifique et technique du bâtiment DTU 39 AFNOR P 78-201) (suite)

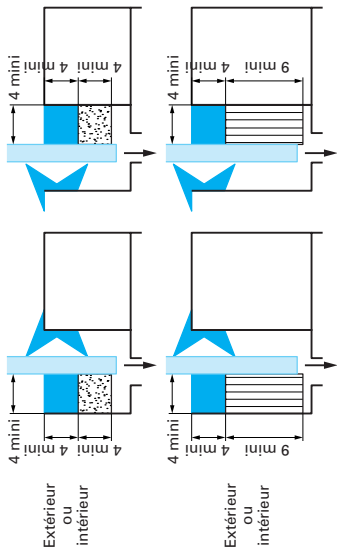
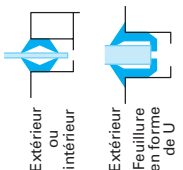
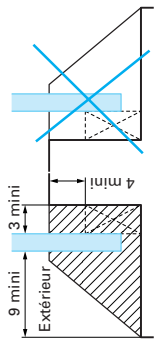
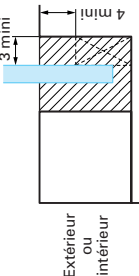
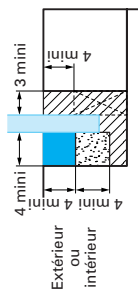
Tableau 4 – Système d’étanchéité avec drainage (d’après cahiers du centre scientifique et technique du bâtiment DTU 39 AFNOR P 78-201) (suite)						
Typologie et définition	Spécifications de mise en œuvre (cotes en millimètres)	Nature de la menuiserie	Limites d’emploi			Classe d’exposition maximale du vitrage
			Nature du vitrage		Ouverture de la feuillure	
			Simple vitrage	Vitrage isolant		
Système mixte avec mastic obturateur sur fond de joint ou bande préformée et profilés en caoutchouc	<p>— Obturateur posé en garniture principale ou secondaire,</p> <p>— Profilé caoutchouc posé en garniture secondaire ou principale selon les principes énoncés ci-dessous.</p> 	Bois, acier, aluminium, matériau de synthèse	De toute nature	Le joint de scellement doit être protégé de l’insolation	Feuillure ouverte vers : — l’extérieur — l’intérieur	EE
Profilés en caoutchouc	<p><i>Principes généraux :</i></p> <p>se référer au fascicule de documentation T 47 901, la mise en œuvre doit être aisée, sans provoquer d’allongement du profilé et permettre la continuité de l’étanchéité aux angles.</p> <p>Cela est réalisé par exemple par :</p> <ul style="list-style-type: none">— collage, ou vulcanisation des angles ;— recouvrement des lèvres, non découpage du solin extérieur ;— des pièces d’angles moulées ou rapportées. 	Bois, acier, aluminium, matériau de synthèse	De toute nature	Le joint de scellement doit être protégé de l’insolation	Feuillure ouverte vers : — l’extérieur — l’intérieur Feuillure en forme de U	EE

Tableau 5 – Systèmes d'étanchéité sans drainage (d'après cahiers du centre scientifique et technique du bâtiment DTU 39 AFNOR DTU P 78-201)									
Typologie et définition	Spécifications de mise en œuvre (cotes en millimètres)	Spécifications des garnitures d'étanchéité	Limites d'emplois				Ouverture de la feuillure	Classe d'exposition maximale du vitrage	
			Nature de la menuiserie	Simple vitrage	Nature du vitrage	Vitrage isolant			
Mastics en solins Masse de mastic homogène placée en feuillure ouverte de part et d'autre du vitrage	Si mastic à l'huile de lin : peinture obligatoire sur le solin 	Mastic à l'huile de lin	Bois					E ₁	
		Mastic oléoplastique	Bois, minéral, acier, aluminium	Épaisseur 4 mm ou épaisseur 6 mm pour verres armés		Non	Feuillure ouverte vers l'extérieur interdit en cas contraire		
		Mastic obturateur	Bois, minéral, acier, aluminium						
Mastics en bains complets Masse plastique homogène placée au pourtour du vitrage dans une feuillure fermée	S'exécute en 3 phases successives sans vide ni poche d'air 	Mastic à l'huile de lin	Bois	Non feuilleté			Feuillure ouverte vers l'extérieur ou l'intérieur	E ₁	
		Mastic oléoplastique	Bois, minéral, acier, aluminium		Toute nature	Non	Feuillure ouverte vers l'extérieur ou l'intérieur	E ₁ E ₂	
		Mastic obturateur	Bois, minéral, acier, aluminium		Toute nature	(1)	Feuillure ouverte vers l'extérieur ou l'intérieur	E _E	
Mastic obturateur sur fond de joint et bain partiel — Garniture principale : mastic obturateur sur fond de joint ou bande pré-formée — Garniture secondaire : bain partiel assurant le bourrage complet de la feuillure	Bain partiel exécuté en 2 phases, sans vide ni poche d'air 	Mastic oléoplastique	Bois, minéral, acier, aluminium					E ₃	
			Bois, minéral, acier, aluminium		Toute nature	Non	Feuillure ouverte vers l'extérieur ou l'intérieur	E _E	
(1) Les petits vitrages isolants de surface au plus égale à 0,10 m ² ou dont la plus grande dimension est au plus égale à 0,35 m peuvent être posés à bain complet de mastic obturateur.									

(1) Les petits vitrages isolants de surface au plus égale à 0,10 m² ou dont la plus grande dimension est au plus égale à 0,35 m peuvent être posés à bain complet de mastic obturateur.

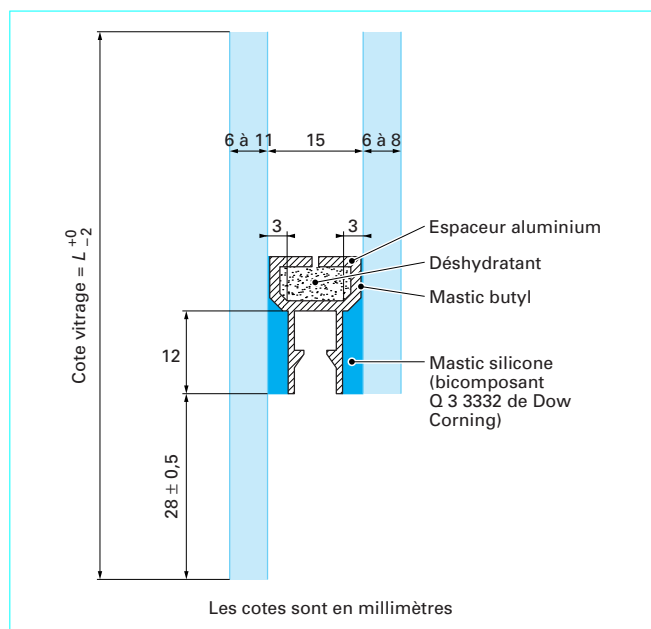


Figure 6 – Doubles vitrages isolants pour système de verre extérieur collé (d'après avis technique)

6. Immeubles de grande hauteur

Ils nécessitent une étude particulière et détaillée, car les sollicitations sont beaucoup plus sévères :

- le vent et la pluie sont très forts à 100 ou 200 m de hauteur ;
- ces immeubles subissent des déplacements importants sous le vent dans les étages élevés, qui peuvent atteindre plusieurs centimètres ou dizaines de centimètres à 200 m de hauteur, ce qui entraîne des mouvements importants des joints, particulièrement en flexion et en cisaillement ;
- le poids de ces immeubles, qui peut atteindre plusieurs dizaines de milliers de tonnes, entraîne aussi des déformations lentes au niveau des joints ;
- ils associent en général des matériaux qui présentent des coefficients de dilatation très différents : métaux, verre, panneaux divers.

Ces immeubles exigent aussi une excellente protection contre le feu, et comportent donc des portes coupe-feu et des joints coupe-feu à l'intérieur autour des portes, des cloisons, des passages de canalisations...

Il n'existe pas de DTU ou de normes particulières concernant les immeubles de grande hauteur. Étant données les exigences très importantes, seuls les mastics à hautes performances, élastomères de 1^{re} catégorie, sont utilisés, à savoir les silicones, polysulfures et polyuréthanes, à 1 et 2 composants.

7. Verre extérieur collé (VEC)

Cette technique est étudiée en [C 961] *Colles et adhésifs. Applications dans le bâtiment*.

Le CSTB (Centre Scientifique et Technique du Bâtiment) décerne des avis techniques aux systèmes complets de VEC.

Nous nous bornerons donc à donner quelques indications et règles récentes, ainsi que les caractéristiques détaillées d'un mastic silicone utilisé en France pour cette technique, le **RHODORSIL VEC 99**.

Le VEC consiste à coller en atelier des produits verriers simples ou isolants sur un cadre métallique. Cet ensemble sera ensuite fixé mécaniquement sur l'ossature de la façade.

Nous extrayons ci-dessous des précisions tirées de l'avis technique du CSTB concernant ce mastic silicone.

Le fabricant du mastic silicone contrôle de près ce collage sur divers points :

- participation au dimensionnement du cordon de mastic de collage ;
- vérification de l'adhérence du mastic sur les supports et choix du primaire d'adhérence ;
- compatibilité du mastic avec les éléments ou composants venant à son contact ;
- autocontrôle systématique de la fabrication du mastic.

■ Sécurité des collages

La résistance mécanique des produits verriers mis en œuvre par collage avec ce mastic n'est pas diminuée par rapport à la méthode traditionnelle.

Le dimensionnement du cordon de mastic, les contraintes de travail admissibles retenues et les essais effectués préalablement permettent d'estimer que le maintien du vitrage est convenablement assuré, dans la mesure où des dispositions permettant d'éviter la chute de vitrages entiers sont prises pour assurer normalement la sécurité, en cas de défaut de collage et jusqu'au terme de sa durée de vie.

■ Durabilité

Selon l'avis technique, les risques qui découlent de sa défaillance ne semblent devoir se présenter qu'à long terme, de l'ordre de 30 ans. Cependant, afin d'être sûr qu'il n'y aura aucun risque de chute des vitrages, et étant donné qu'on ne dispose actuellement que d'une expérience de 20 ans environ, il est préférable de prévoir une fixation mécanique complémentaire (ce qui existe sur certains systèmes, tel le système SG de Schüco, cf. figure 7).

Le mastic de collage ne doit pas être soumis à une traction permanente.

■ Caractéristiques techniques

Ce mastic de collage est un mastic silicone à deux composants, de type acide, qui présente les caractéristiques suivantes :

- dureté Shore A du mastic réticulé : 25 ;
- module d'élasticité en compression (selon la méthode de DTU 39, indiquée au paragraphe 226) :
 - à 12,5 % : 0,27 MPa,
 - à 25 % : 0,56 MPa,
 - à 30 % : 0,70 MPa ;
- reprise élastique selon NF 85-501 : 100 %.

Le fabricant fournit plusieurs primaires RP 10172, RP 10073 et RP A 4094, selon les matériaux utilisés.

Ce mastic est utilisable sur aluminium anodisé, aluminium laqué et acier inoxydable, avec les vitrages suivants : glace claire, glace colorée, glace trempée, glace feuilletée, glace émaillée.

■ Contrôle de l'adhérence du mastic

Il est réalisé au moyen des essais suivants :

- adhésivité-cohésion en traction après polymérisation de 28 jours (NF P 85-507) ;
- adhésivité-cohésion en traction après 7 jours d'immersion dans l'eau à 20 °C (NF P 85-518) ;
- adhésivité-cohésion en traction après 7 jours à 100 °C (NF P 85-518).

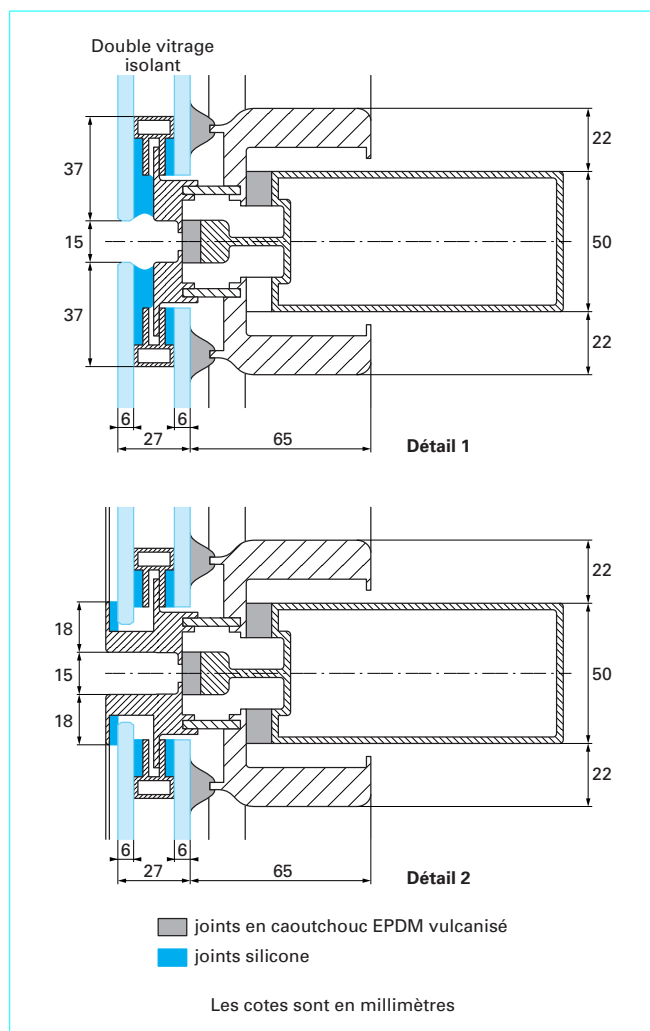


Figure 7 – Système de façades vitrées avec fixation mécanique complémentaire des vitrages pour la sécurité (Doc Schüco)

La rupture doit être de type cohésif à 100 % et la contrainte de rupture supérieure à 0,84 MPa.

■ Dimensions du cordon de mastic de collage

L'épaisseur du cordon de mastic ne doit pas être inférieure à 6 mm. Cette épaisseur est déterminée pour que la contrainte de cisaillement engendrée par le mouvement entre support et verre ne soit pas supérieure à 0,14 MPa, ce qui correspond à un déplacement relatif des plans de collage de 0,5 fois l'épaisseur du mastic.

Le poids propre du vitrage est repris par un calage d'assise. Cependant, dans le cas de vitrages monolithiques d'épaisseur inférieure ou égale à 6 mm et dont la hauteur est inférieure ou égale à 3 m, ceux-ci peuvent être mis en œuvre avec un collage périphérique en forme de L selon la figure 8.

La largeur du collage L_j (en cm) est calculée pour que la contrainte appliquée sous la dépression maximale due au vent ne soit pas supérieure à 0,14 MPa, par la formule :

$$L_j = \frac{L \Delta P}{2,6 C_t}$$

avec L largeur du vitrage,
 ΔP (MPa) dépression due au vent,
 $C_t = 0,14$ MPa.

L'abaque de la figure 8 permet de vérifier l'adéquation d'une section de mastic de collage à la largeur du vitrage et/ou à la dépression considérée.

Le temps de réticulation à 20 °C, 50 % HR est de 5 jours.

■ Contrôles de fabrication

Divers contrôles de fabrication des éléments vitrés doivent être effectués :

- homogénéité du mélange des composants ;
- régularité du cordon de mastic et respect de sa section ;
- temps hors poussière ;
- dureté Shore A après réticulation ;
- adhérence par pelage.

La norme française expérimentale NF XP P 85-600 (décembre 1997) fixe les spécifications des produits de collage utilisés selon la technique du vitrage extérieur collé (VEC).

Résistance au coulage selon NF EN 27390

Le coulage ne doit pas excéder 3 mm.

Reprise élastique selon NF EN 27389

La reprise élastique doit être supérieure ou égale à 80 % (essai réalisé au taux d'extension de 25 %).

Stabilité dimensionnelle selon XP P 85-502

La perte de volume doit être au plus égale à 10 %. L'augmentation (éventuelle) de volume doit être au plus égale à 5 %.

Déformation sous traction selon NF EN 28339

La rupture doit toujours être totalement cohésive.

La déformation à la rupture doit être supérieure ou égale à 50 %.

La contrainte de traction à 12,5 % de déformation doit être supérieure ou égale à 0,14 MPa.

La contrainte à la rupture doit être supérieure ou égale à 0,7 MPa.

Adhésivité-cohésion en cisaillement jusqu'à la rupture selon NF P 85-522

- dans le sens longitudinal ;
- dans le sens transversal.

Le déplacement relatif, exprimé en pourcentage par rapport à l'épaisseur de l'éprouvette, doit être, à la rupture, supérieur ou égal à 100 %.

La rupture doit toujours être totalement cohésive.

Adhésivité-cohésion par traction jusqu'à la rupture après insolation sous vitrage selon la norme ISO 11431

Après suppression des contraintes puis repos de 24 h, l'essai de traction doit donner lieu à des ruptures totalement cohésives.

La contrainte à la rupture ne doit pas s'écarter de plus de 20 % de la contrainte à la rupture déterminée à l'état initial.

Adhésivité-cohésion par traction jusqu'à la rupture après immersion dans l'eau selon le projet de norme EN ISO 10591 (durée de l'immersion portée à 7 jours)

La déformation à la rupture doit être supérieure ou égale à 50 %.

La valeur de la contrainte à 50 % de déformation ne doit pas s'écarter de plus de 20 % de la valeur de la contrainte à 50 % de déformation mesurée à l'état initial.

La valeur de la contrainte de rupture ne doit pas s'écarter de plus de 20 % de la valeur de la contrainte de rupture à l'état initial.

La rupture doit toujours être totalement cohésive.

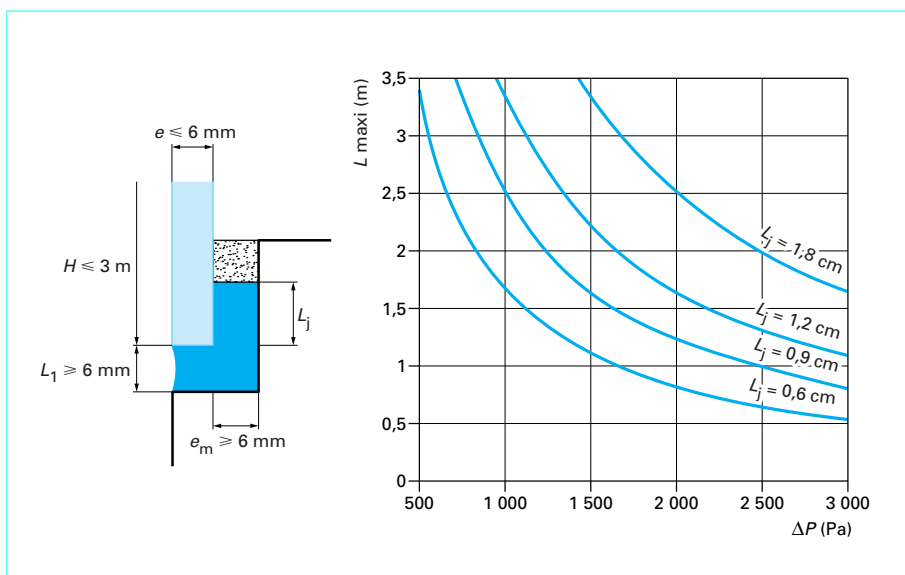


Figure 8 – Largeur maximale des vitrages en fonction de la largeur du collage et de la dépression de vent

8. Sanitaires, carrelages, pièces d'eau

Il s'agit ici d'étanchéifier un joint, en général à l'intérieur du bâtiment, contre la pénétration de l'eau répandue fréquemment sur ce joint, dans des endroits humides : salles de bains, cuisines, douches, piscines, surfaces carrelées intérieures ou extérieures.

Joints entre sanitaires et murs : il faut protéger le mur et le sol contre l'eau qui pourrait par exemple dégrader un mur adjacent ou situé au-dessous, en plâtre ou en panneaux de particules.

Surfaces carrelées : il faut protéger le mur situé au-dessous ou le local de l'étage inférieur contre la pénétration de l'eau.

Laboratoires, usines : on peut avoir besoin de protéger le plancher ou le local inférieur contre la pénétration de l'eau ou même de produits chimiques agressifs.

Dans tous ces cas, au moins un des matériaux est à base de céramique et le choix du mastic d'étanchéité se porte immédiatement sur les mastics silicones, qui ont une excellente adhérence, même sans primaire, sur verre et céramiques, carrelages et une excellente résistance à l'eau.

De plus, nous avons vu qu'ils peuvent être colorés dans la masse, en toutes couleurs assorties à celle des céramiques.

En raison de la présence presque continue d'eau, on peut craindre les moisissures, et le mastic utilisé devra être protégé contre les moisissures par incorporation dans la formule d'agent anticryptogamique.

9. Joints anti-feu ou coupe-feu

Dans les locaux publics où le risque d'incendie est amplifié du fait du nombre de personnes, il est nécessaire de protéger les locaux contre les risques d'incendie provenant des locaux adjacents. Si le feu prend dans un local, il faut l'empêcher de se communiquer aux locaux adjacents, en particulier en obturant de façon durable les joints.

Les joints coupe-feu doivent donc résister au feu, à la chaleur intense développée, et à la pénétration des gaz de combustion qui pourraient allumer d'autres incendies.

La législation distingue donc les produits selon la durée coupe-feu, avec des produits qui résistent 1, 2 ou 4 h, sans pénétration des flammes et sans dépassement de la température de $+140^\circ\text{C}$ au-dessus de l'ambiance sur la face non exposée, température qui entraînerait l'inflammation d'autres matériaux dans les locaux adjacents.

9.1 Réglementations

Diverses législations gouvernent ces problèmes :

- arrêté du ministère de l'Intérieur du 21 avril 1983 ;
- spécifications et compte-rendus du laboratoire feu du CSTB ;
- norme DIN allemande 4102 : « Schwerentflammbare Baustoffe » (matériaux de construction difficilement inflammables) ;
- assurance de qualité par le « Staaliches Materialsprufung-samt » allemand ;
- autres législations européennes (BS, TNO hollandais, standard européen « Fire resistant testing of service installations, part 4, linear joint seals ») et internationales.

Les essais de résistance au feu sont basés sur la courbe de feu selon la norme ISO 834 qui indique les variations de température dans le four d'essais et détermine la durée en heures de résistance au feu.

9.2 Mastics de calfeutrement coupe-feu

Il existe différents types de mastics coupe-feu :

- les mastics silicones à haute résistance à la chaleur, qui peuvent maintenant résister jusqu'à 200 ou 300°C ;
- des mastics intumescents qui contiennent des particules de perlite ou d'autres minéraux, qui gonflent à la chaleur et obturent ainsi complètement le joint en cas d'incendie, et résistent aussi à la chaleur élevée pendant plusieurs heures ;

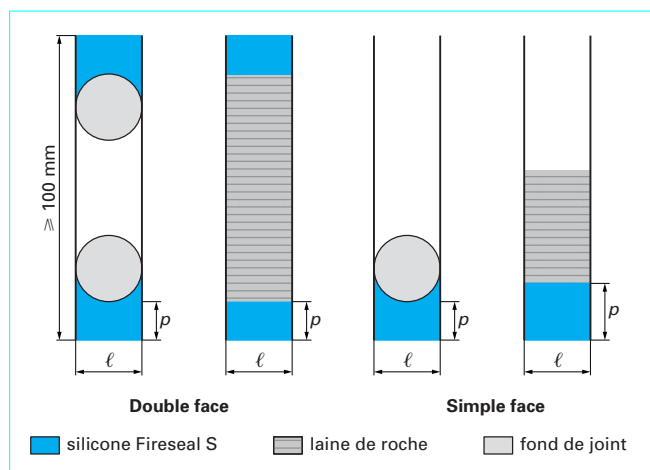


Figure 9 – Différentes configurations d'étanchéité coupe-feu

— de plus la plupart des systèmes font appel à un isolant réfractaire en laine de roche ou en laine de verre comprimé dans le joint, qui constitue la 1^{re} barrière aux flammes.

Les caractéristiques d'un mastic silicone coupe-feu **silicone Fireseal S** de la société ATO FINDLEY, ainsi que les prescriptions de pose du système coupe-feu sont les suivantes :

- silicone monocomposant, base ketoxime ;
- hors poussières 35 min ;
- résistance à la traction : 1,3 MPa ;
- élasticité à la rupture 200 % ;
- mouvement maximal admissible du joint 25 % ;
- conforme à la norme DIN 4102, classe B1, pour les joints entre matériaux en béton de 40 mm de large maximum ;
- passe le test ISO 834 : résistance au feu supérieure à 3 heures ;
- ne dégage aucun gaz toxique ou corrosif en cas d'incendie ;
- bonne adhérence sur divers matériaux du bâtiment, avec ou sans primaire : béton, ciment, verre...

Tableau 6 – Étanchéité double face avec Fireseal S de la société SIMSON/ATO FINDLEY

Exigence résistance au feu	Construction du joint		Fond de joint
	L (mm)	P (mm)	
30 jusqu'à 90 min	10	10	mousse rond/laine de roche
	15	13	mousse rond/laine de roche
	17,5	14	mousse rond/laine de roche
	20	16	mousse rond/laine de roche
120 min	10	9	laine de roche
	15	10	laine de roche
	17,5	12	laine de roche
	20	15	laine de roche
	25	19	laine de roche
	30	20	laine de roche
180 min	10	9	laine de roche
	15	10	laine de roche
	17,5	12	laine de roche
	20	19	laine de roche
	25	19	laine de roche
	30	20	laine de roche

Tableau 7 – Étanchéité simple face avec Fireseal S sur la face chauffée du mur seulement

Exigence résistance au feu	Construction du joint		Fond de joint
	L (mm)	P (mm)	
30 jusqu'à 120 min	20	13	mousse rond
180 min	20	18	laine de roche

9.3 Constitution du joint coupe-feu

Le joint peut être à simple face si le feu ne peut provenir que d'un seul côté (par exemple, parois du puits d'un ascenseur où le feu se développe bien plus rapidement en raison de l'appel d'air) ou à double face si on pense que le risque de feu existe de 2 côtés (figure 9).

Les tableaux 6 et 7 sont basés sur le rapport du labo TNO hollandais et donnent des informations sur les détails des constructions des joints, basé sur les exigences de résistance au feu. Ils se réfèrent aux constructions de joints verticaux d'un mur en béton ou maçonnerie d'une épaisseur de 100 mm minimum.

Dans le tableau 6, on a considéré le critère résistance au feu, ainsi que le critère isolation thermique (choix du fond de joint).

10. Joints rigides

Certains joints ou interstices entre deux matériaux de construction présentent, par leur nature, des amplitudes de mouvements très faibles ou lorsque les deux matériaux se déplacent simultanément de la même façon, n'entraînant alors pas ou peu de changement de la largeur du joint.

C'est le cas par exemple :

— des joints béton-béton entre murs et planchers, et aussi, dans une moindre mesure entre ossature béton (murs + planchers) et cloisons (de briques, de plâtre ou de plaques de plâtre) et pour des immeubles de faible hauteur ;

— des joints entre de nombreux éléments adjacents, entre des éléments de petites dimensions : briques, carrelages collés sur un support béton susceptible de faibles mouvements lui-même.

Dans ces cas, on réalise les joints avec des mortiers de ciment ou du plâtre, qui sont rigides par nature, ne tolèrent donc pas de mouvements supérieurs à 1 pour 1 000. Il suffit alors de prévoir des joints de fractionnement tous les 20 m par exemple, pour compenser la somme des mouvements des x éléments.

Il ne s'agit pas alors de calfeutrement ni d'étanchéité du reste, et nous n'étudierons pas ici en détail ces joints rigides, et nous renvoyons nos lecteurs à l'article [C 961].

11. Calfeutrement d'ouvrages existants

Lorsqu'un ouvrage fait apparaître, après un certain temps des ouvertures ou fissures ou des fentes susceptibles de laisser passer l'eau ou l'air, il est toujours possible de le rejointoyer ou de le reboucher par divers moyens.

Examinons le cas du **jointoiement dans des bâtiments anciens** : par suite de séchage, retrait, tassements différentiels des sols, mouvements du gros œuvre... des ouvertures ou fissures peuvent apparaître dans le gros œuvre ou entre éléments de façade. On doit alors vérifier si la fissure est vivante ou stabilisée, par exemple en plaçant des témoins en plâtre qui pontent la fissure. Si ces témoins se fissurent eux-mêmes après un certain temps, c'est que la fissure continue à s'ouvrir, et il faut alors se poser des questions sur les causes de ce mouvement anormal qui risque de se poursuivre jusqu'à un grave endommagement du bâtiment. Si les témoins de plâtre fissurent puis se referment en fonction des variations de température et d'humidité, la fissure est vivante mais normale et peut alors être rejointoyée avec un mastic souple de calfeutrement, choisi en fonction des variations dimensionnelles observées. Enfin, si au contraire les témoins de plâtre ne fissurent pas, la fissure est stabilisée et on peut la colmater avec un produit rigide, le plus souvent un enduit à base de plâtre ou de ciment. S'il apparaît nécessaire de consolider l'ouvrage, on peut aussi injecter dans la fissure une résine d'injection à base de résines époxydes, qui ressoudra les deux parties écartées de façon solide et durable (cf. § 15).

12. Calfeutrement de fenêtres

Lorsque les battants de fenêtres anciennes en bois présentent un jeu trop important laissant passer l'air, on peut les remettre en contact intime en surmoulant une bande de mastic silicone de la façon suivante :

- la fenêtre étant ouverte, nettoyer l'emplacement où sera déposé le mastic silicone ;
- appliquer une couche de primaire et le laisser sécher 20 min ;
- appliquer un cordon de mastic silicone translucide sur les emplacements préparés, l'épaisseur de ce cordon devant être supérieure au vide à combler ;
- appliquer au pinceau une couche de produit anti-adhérent fourni par le fabricant de mastic, en débordant sur les côtés du cordon ;
- dérouler le ruban plastique de démoulage fourni et l'appliquer délicatement sur le cordon de mastic encore frais ;
- refermer la fenêtre complètement : le cordon de mastic prendra alors la dimension du vide à obturer ;
- réouvrir la fenêtre 1 à 2 h après, enlever le ruban plastique de démoulage, nettoyer les bavures avec un couteau pour donner au cordon les formes exactes désirées ;
- après polymérisation complète du mastic, nettoyer avec une éponge humide les parties où a été appliqué l'anti-adhérent et essuyer.

On peut également coller dans la feuillure un profilé tubulaire en élastomère silicone avec le mastic silicone translucide.

La figure 10 montre, par des flèches, les endroits où placer les joints. Il faut de préférence les placer sur l'ouvrant et sur les feuillures situées en arrière, de façon à ne pas gêner l'évacuation de l'eau et ne pas faciliter les phénomènes de capillarité.

Il ne faut jamais colmater tous les joints d'une fenêtre, s'il n'est pas prévu dans la pièce une ventilation mécanique complète (pour éviter les phénomènes de condensation) : en général, on laisse libre la traverse haute.

13. Canalisations, conduites d'air conditionné

Les conduites de **distribution d'eau** de gros diamètres arrivant dans les immeubles sont en fonte ou maintenant en PVC, et les raccords sont jointoyés avec des profilés élastomères comprimés et démontables.

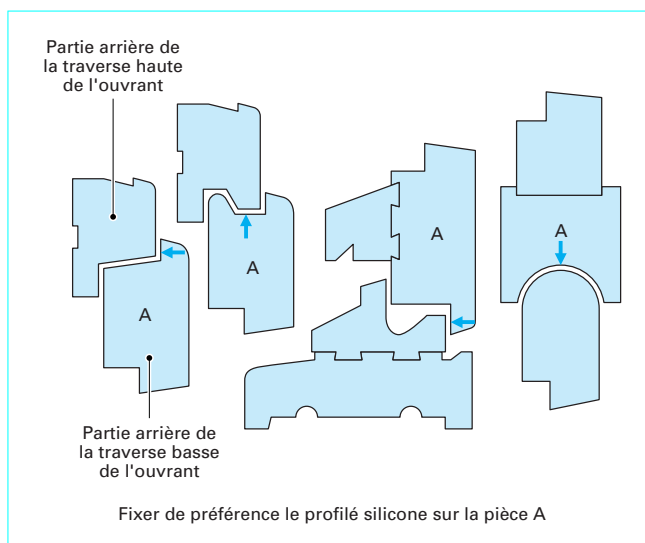


Figure 10 – Calfeutrement des fenêtres

Les conduites d'**évacuation des eaux usées** sont maintenant en PVC et sont raccordées avec des joints élastomères comprimés avec brides de serrage, et peuvent être en plus étanchéifiées avec des mastics de qualité pour garantir une longue durabilité : mastics élastomères 1^{re} ou 2^e catégorie avec primaire.

Les canalisations d'**air conditionné** sont en tôles d'acier galvanisé et les raccords sont étanchéifiés par des mastics à base de caoutchouc néoprène ou butyle, en cartouches.

14. Joints acoustiques, parasismiques

Joints acoustiques

Les produits de calfeutrement peuvent remplir d'autres fonctions, en particulier ils peuvent amortir les vibrations de l'un ou l'autre des composants qu'ils relient. Le lecteur confronté à des bruits, des vibrations indésirables, pourra insérer un mastic souple et en épaisseur suffisante pour empêcher ces vibrations, par exemple au passage de tuyaux, sur le capotage de machineries d'ascenseurs.

Joints parasismiques

Ils sont visés par le DTU « règles PS-MI 89 Construction parasismique des maisons individuelles et bâtiments assimilés, référence AFNOR DTU P 06-008 » de mai 1990. Ce DTU stipule entre autres que les joints de fractionnement doivent être plans, avoir une largeur minimale de 4 cm et être vides de tout matériau. Les couvre-joints ne doivent pas permettre à un bloc de transmettre un effort notable au bloc voisin. Entre deux bâtiments accolés il doit y avoir un joint de rupture complet d'au moins 10 cm de large.

15. Résines d'injection, de consolidation

Nous avons vu précédemment que lorsqu'apparaissent des fissures dans un bâtiment, celles-ci peuvent être scellées avec des résines d'injection très fluides, à base d'époxydes.

Ces résines époxydes présentent une adhérence très élevée sur tous les matériaux de construction et une très grande cohésion ; elles permettent donc de « recoller » solidement et durablement les deux parties en regard, et donc de consolider l'ouvrage, tout en étanchéifiant la fissure.

Citons les résines d'injection EPONAL de la société ATO FINDLEY ou SIKADUR de SIKA.

16. Couverture et toiture

Les toitures sont fortement exposées : à la pluie, au vent, à la neige, et les produits de calfeutrement doivent être choisis en fonction des conditions climatiques de chaque région ou pays.

Par ailleurs, ces toitures sont constituées de différents composants qu'il faut associer et jointoyer, calfeutrer aux solutions de continuité : tuiles et ardoises, panneaux de toiture, bacs métalliques de toiture, noquets et solins, gouttières, acrotères, parties émergentes telles que cheminées, aérations, lanterneaux, fenêtres de toitures telles que les velux, sheds, vitrages de toiture.

Les couvertures de tuiles ou ardoises ne nécessitent pas de produits de calfeutrement entre ces petits éléments car l'étanchéité est assurée par leur recouvrement serré et astucieux, mais elles nécessitent des calfeutrements aux solutions de continuité entre tuiles et ardoises et les autres matériaux.

Les autres composants nécessitent un système de calfeutrement que nous allons étudier.

■ Étanchéité des solins entre murs pignons et toiture

Les solins de toitures en ardoises ou en tuiles sont en plâtre traditionnellement, et ne sont pas totalement et éternellement étanches. On peut assurer une meilleure étanchéité en les complétant par un mastic bitume-élastomère.

■ Étanchéité de parties émergentes : souches de cheminées, sheds, bouches d'aération...

Ces pièces peuvent avoir des mouvements par rapport au reste de la couverture, et demandent donc que les joints soient calfeutrés avec des produits souples. Il existe différentes possibilités :

- utilisation de mastics élastomères comme les polyuréthanes ;
- bandes d'étanchéité autocollante à base de bitume + caoutchouc tels que Flashband d'ATO FINDLEY, Guttatband de Guttaterna, etc... Ces bandes sont recouvertes d'une feuille d'aluminium ou de plastique de différentes couleurs, et la face inférieure autocollante est protégée par un papier silicone que l'on ôte juste au moment de la pose.

Sur les supports poreux (béton, ciment, briques, bois, fibrociment), on applique d'abord un primaire bitumineux pour améliorer l'adhérence de la bande. Il suffit ensuite de dérouler la bande et de la presser en place.

Ces bandes sont largement utilisées en toiture (figure 11) pour :

- l'étanchéité des souches de cheminées, des relevés d'acrotères ;
- l'étanchéité des toitures ondulées et les raccords avec les murs ;
- l'étanchéité sous tuiles faîtières ;
- les raccords de gouttières en zinc avec les chéneaux en béton.

■ Étanchéité de toitures ondulées (en fibrociment, polyester, métal)

Ici, on utilise essentiellement trois types de produits de calfeutrement :

- les profilés préformés en butyle, faciles à dérouler sur la surface des ondulations ; on choisit le bon diamètre pour combler parfaitement l'espace entre deux panneaux ;

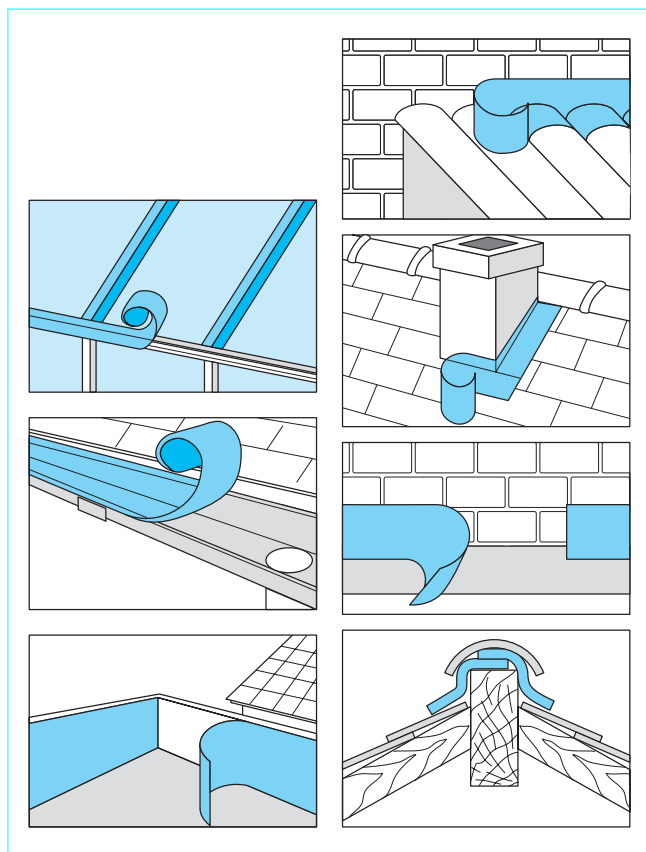


Figure 11 – Utilisation de bandes adhésives (Doc. Guttaterna)

- les bandes d'étanchéité, mais qui doivent alors être suffisamment épaisses pour combler le joint ;
- les mastics plastiques (acryliques, butyles) ou élastomères (le plus souvent polyuréthanes peu onéreux) appliqués à partir de cartouches, en cordons.

■ Toitures-terrasses

Elles sont étanchéifiées par différentes techniques : feuilles d'étanchéité élastomères, revêtements semi-épais appliqués au rouleau ou au pistolet, à base de polyuréthanes ou de caoutchouc (Rubson et similaires) qui permettent en même temps de traiter les joints et solutions de continuité.

Cependant, pour étanchéifier des toitures terrasses anciennes, il peut être nécessaire de traiter des joints ou des fissures, et pour cela, on utilise de préférence des mastics bitume-élastomère ou polyuréthanes ou des bandes autocollantes selon les travaux à réaliser et les exigences mécaniques et de performances.

■ Réparation de fissures, fuites

Différents mastics et bandes autocollantes peuvent être utilisés, selon les exigences, les travaux à réaliser, les largeurs et profondeurs des joints à calfeutrer.

Pour tous ces travaux en toiture, le lecteur se reportera au tableau général des applications en [C 3 660], tableau 1.

■ Vitrages de toitures

Le lecteur se reportera au DTU 39, Travaux de miroiterie Vitrierie.