

Calfeutrement des joints dans le bâtiment. Généralités

par **Philippe COGNARD**

Expert auprès des tribunaux

Ancien Directeur Marketing à la société ATO FINDLEY

1. Généralités	C 3 660 - 2
1.1 Terminologie	— 2
1.2 Nécessité et rôle des joints dans la construction.....	— 5
1.3 Documents normatifs et réglementaires	— 8
1.4 Autres fonctions des produits de calfeutrement.....	— 8
1.5 Origines et tolérances des mouvements des joints.....	— 8
1.6 Choix des procédés ou des produits de calfeutrement.....	— 10
2. Caractéristiques des produits de calfeutrement	— 11
2.1 Caractéristiques de mise en œuvre.....	— 11
2.2 Caractéristiques physico-chimiques et mécaniques, méthodes d'essais et de caractérisation.....	— 13
2.3 Caractéristiques de durabilité.....	— 16
2.4 Choix d'un mastic de calfeutrement	— 16
2.5 Réglementation française	— 17
Pour en savoir plus	Doc. C 3 664

Le calfeutrement des joints dans le bâtiment consiste à mettre en place dans le joint les produits appropriés pour prévenir la pénétration de l'humidité, de l'eau, des insectes et du vent coulis.

Dans ce premier article, après avoir donné la terminologie usuelle, rappelé le rôle des joints dans la construction et cité les documents normatifs et réglementaires, on étudiera les autres fonctions des produits de calfeutrement, les mouvements des joints puis le choix des procédés ou des produits ainsi que les caractéristiques de ces produits.

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

- C 3 661 - « Produits » ;
- C 3 662 - « Mise en œuvre » ;
- C 3 663 - « Applications » ;
- Doc. C 3 664 - « Pour en savoir plus ».

1. Généralités

1.1 Terminologie

Elle reprend les termes définis par la **norme internationale ISO 6927**, auxquels nous avons ajouté :

- les termes définis par les normes SNJF (Syndicat National des Joints et Façades) et par le DTU 44-1 (DTU pour document technique unifié) concernent le calfeutrement des joints de façades et des joints extérieurs de construction, à l'exclusion des joints de miroiterie/vitrerie qui en France relèvent du DTU 39 et des joints de sols non normalisés ;
- les joints de miroiterie/vitrerie (cf. [C 3 663], § 5) ;
- quelques autres termes généraux ou concernant d'autres joints spéciaux.

1.1.1 Terminologie générale

Calfeutrer (et non jointoyer) : mettre en place dans le joint les produits appropriés pour prévenir la pénétration de l'humidité, de l'eau, des insectes et/ou du vent coulis entre les éléments, composants et ouvrages réalisés à partir de matériaux différents ou identiques.

Fond de joint (cf. [C 3 661], § 2.6) : matériau rapporté qui limite la profondeur du mastic et en définit le profil arrière.

Étanchéifier : empêcher la pénétration de l'eau dans un ouvrage.

Drainage : il se fait en trois étapes :

- évacuation vers l'extérieur de l'eau qui pénètre ;
- équilibrage entre la pression partielle de vapeur d'eau du volume d'air intérieur d'un bâtiment et celle de l'air extérieur ;
- équilibrage des pressions d'air intérieur et extérieur afin de limiter la tendance à la pénétration de l'eau vers l'intérieur (par exemple, sous l'effet du vent) et de favoriser son évacuation.

Il y a donc deux types de drainages :

- les drainages fonctionnels qui permettent l'évacuation vers l'extérieur de l'eau de pluie (exemple : drainage de la partie extérieure du seuil d'une fenêtre) ;
- les drainages d'infiltration accidentelle qui permettent l'évacuation vers l'extérieur de l'eau qui pénétrerait accidentellement (par exemple : drainage d'une feuilure de vitrage).

Cales : morceaux de bois durs ou de caoutchouc interposés entre les composants, dans le but de délimiter la profondeur du joint.

Primaire (cf. [C 3 661], § 1.4) : couche à appliquer sur les faces du joint avant la mise en œuvre du mastic, pour en assurer l'adhérence. Le **temps ouvert du primaire** est la durée, après l'application du primaire, pendant laquelle la mise en œuvre du mastic peut être efficacement effectuée.

Serrage et lissage (cf. [C 3 662], § 4).

Le **serrage** est l'opération consécutive à la mise en place du mastic et destinée à assurer son contact avec les surfaces d'adhérence.

Le **lissage** est l'opération de finition destinée à améliorer l'aspect de la surface libre du mastic.

Températures

La **température d'application** est la température du support ou la température ambiante lors de la mise en œuvre du mastic dans le joint.

Les **températures de service** sont les températures extrêmes entre lesquelles le mastic, mis en place dans le joint, conserve toutes ses propriétés.

La **température de surface** est la température atteinte à la surface de chaque matériau.

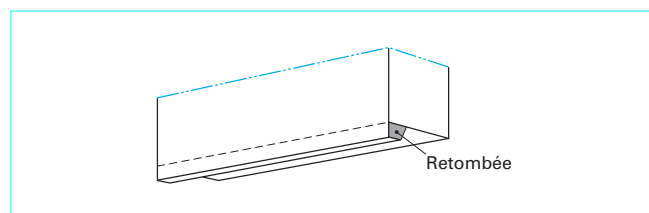


Figure 1 – Retombée

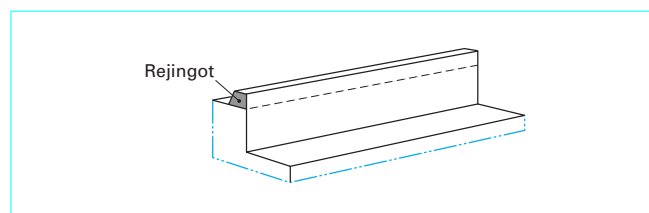


Figure 2 – Rejingot

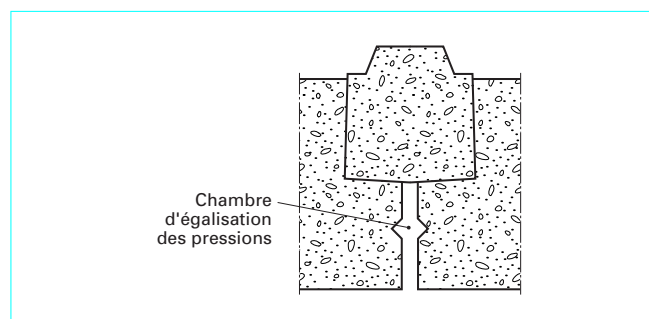


Figure 3 – Chambre d'égalisation des pressions

Retombée : saillie affectant vers le bas la longueur de la tranche intérieure d'un élément et généralement située dans le plan du parement extérieur (figure 1). Une retombée a pour but d'assurer l'écoulement de l'eau de pluie sans qu'elle puisse atteindre le joint (et le mastic).

Rejingot : saillie affectant vers le haut toute la longueur de la tranche supérieure d'un élément. Le rejingot est nécessairement situé en retrait du plan de parement extérieur. Avec le glacis situé en son pied, il constitue une forme complémentaire à celle de la retombée (figure 2) et assure l'écoulement de l'eau de pluie sans qu'elle puisse atteindre le joint (et le mastic).

Chambre d'égalisation des pressions (ou chambre de décompression) : volume continu aménagé en partie arrière d'un joint entre les extrémités des panneaux préfabriqués lourds (figure 3).

1.1.2 Terminologie relative aux mastics

Mastic : matériau pâteux, malléable, plastique ou élastique, appliqué dans un joint, à l'état non formé, constituant un calfeutrement en adhérent aux surfaces à l'intérieur de ce joint.

Mastic du type élastomère (cf. [C 3 661], § 1.3) : mastic qui, après mise en œuvre, présente un comportement essentiellement élastique, c'est-à-dire que les contraintes rémanentes induites dans le mastic sont sensiblement proportionnelles à la tension résultant du mouvement des panneaux adjacents.

Mastic du type plastique (cf. [C 3 661], § 1.2) : mastic qui, après mise en œuvre, conserve des propriétés essentiellement plastiques, c'est-à-dire que les contraintes induites dans le mastic, résultant du mouvement des panneaux disparaissent rapidement.

Mastic à un composant : mastic prêt à l'emploi.

Mastic à plusieurs composants : mastic livré sous forme de plusieurs composants séparés, à mélanger avant la pose suivant les indications du fabricant.

Mastic préformé (ou préboudinés) (cf. [C 3 661], § 1.2.4.2) : mastic plastique livré prêt à l'emploi en éléments de section géométrique définie (boudins, profilés de formes diverses).

Les **caractéristiques des mastics** sont définies de la façon suivante.

Compatibilité : pour un mastic, propriété de rester en contact avec un autre matériau sans interaction physico-chimique défavorable.

Cohésion : propriété d'un mastic, soumis à une contrainte de traction, de maintenir sa résistance interne.

Rupture cohésive : rupture dans la masse d'un mastic.

Adhésivité : propriété d'un mastic d'adhérer à un support défini.

Rupture adhésive : rupture, à l'interface, entre un mastic et un support.

Reprise élastique : propriété d'un mastic de reprendre partiellement ou totalement ses dimensions après suppression des forces responsables de la déformation.

Coulage : écoulement du mastic fraîchement appliqué hors d'un joint à surface verticale.

Temps d'ouvrabilité ou DPU (durée pratique d'utilisation) (cf. § 2.2) : durée pendant laquelle le mastic peut être mis en œuvre à partir du mélange de ses constituants (ou de l'ouverture d'une cartouche de mastic à un composant).

Adhésivité-cohésion (cf. § 2.2.2).

Temps hors poussière (cf. § 2.1.11) : durée après laquelle la surface d'un mastic perd son pouvoir collant de telle sorte que la poussière n'y adhère plus.

Réticulation : transformation irréversible d'un mastic de l'état liquide ou pâteux à l'état solide durci ou élastique.

Durabilité : durée de vie probable d'un mastic dans des conditions données d'utilisation, exprimée en années.

Durée de vie en durabilité : durée entre la première application du mastic dans le joint et le moment où il cesse de remplir ses fonctions parce qu'il est dégradé.

Temps de stockage : durée, à partir de la fabrication, pendant laquelle un mastic, stocké dans des conditions définies, peut être mis en œuvre et conserver ses caractéristiques fonctionnelles.

Module d'élasticité (cf. § 2.2.4).

Module sécant en traction (cf. § 2.2) : rapport, pour un mastic, entre la contrainte en traction et l'allongement relatif correspondant.

Fluage (cf. § 2.2.5).

Extrudabilité (cf. § 2.1.4).

Élongation maximale de service (cf. § 2.2.8).

1.1.3 Terminologie relative au joint

Un joint peut être :

- soit un volume laissé libre entre deux éléments de construction ;
- soit une liaison assurée entre deux éléments de construction par la mise en œuvre de mastics (ou procédés) susceptibles de prévenir la pénétration de l'eau et/ou de l'air dans la limite des mouvements relatifs prévisibles.

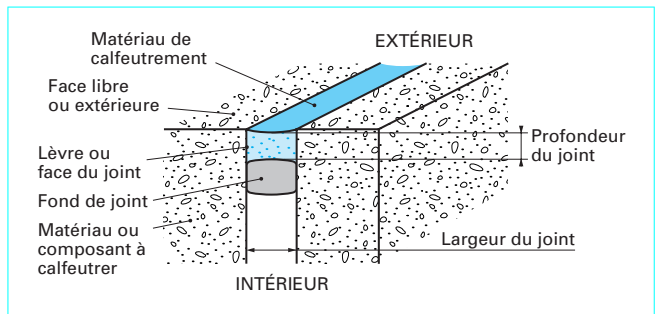


Figure 4 – Terminologie relative au joint

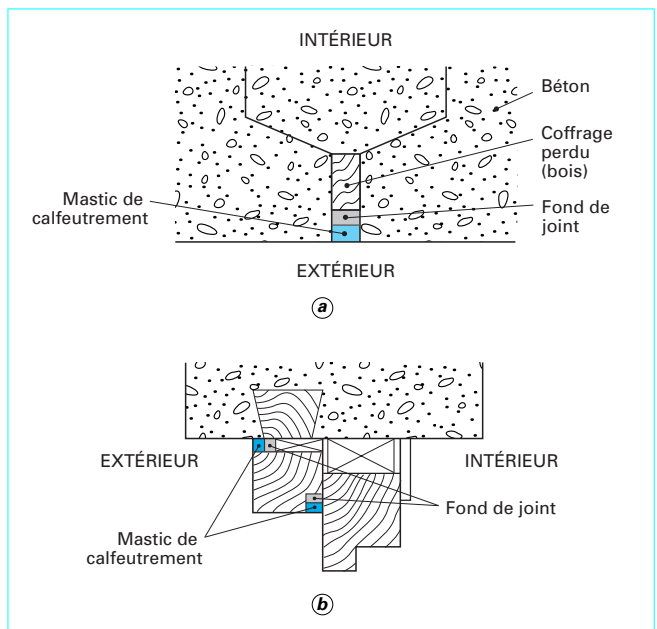


Figure 5 – Joints à un étage

Tout joint comporte (figure 4) :

- une face libre par laquelle le matériau de jointoiement est mis en place (parfois dénommée surface du joint) ;
- des lèvres ou interfaces sur lesquelles le matériau de jointoiement est appelé à adhérer soit par le serrage pour les mastics pâteux, soit par compression pour les mastics préformés ;
- un fond de joint qui est le plus souvent déterminé par un produit rapporté ou parfois un épaulement faisant partie intégrante des éléments de construction (cas réservé à certains mastics du type plastique de 2^e catégorie).

Les **dimensions du joint** sont définies comme suit :

Largeur nominale du joint : distance prévue entre deux lèvres, par l'architecte.

Largeur initiale du joint : distance mesurée entre deux lèvres au moment de la mise en œuvre du matériau de jointoiement. Cette distance varie en fonction de la température et de l'humidité.

Profondeur du joint : distance entre la face libre (ou surface) et le sommet du fond de joint.

Il existe différents **types de joint**.

Joint à un étage : joint dans lequel le matériau de calfeutrement assure seul l'étanchéité à l'air et à l'eau (figures 5a et b).

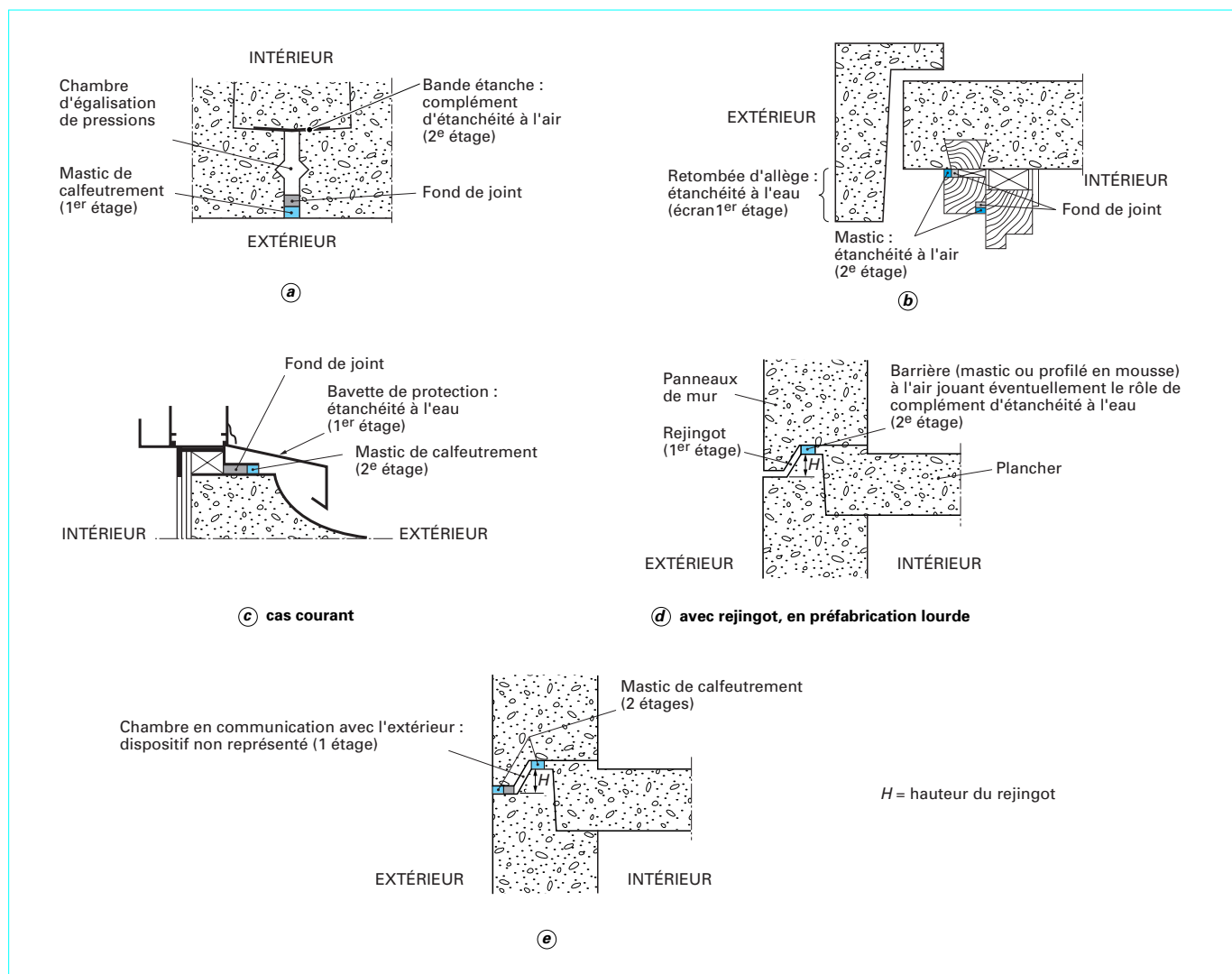


Figure 6 – Joints à deux ou plusieurs étages

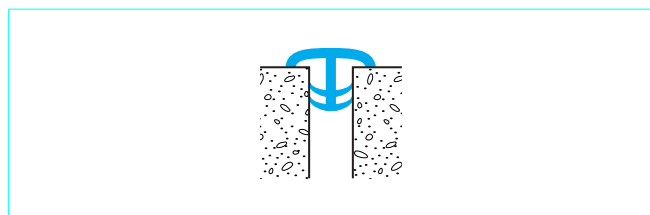


Figure 7 – Couvre-joint élastomère

Joint à deux ou plusieurs étages : joint dans lequel l'étanchéité à l'air et à l'eau est assurée par un matériau de calfeutrement (figures 6a, b, c et d), associé à un autre système. Si ce dispositif prévoit la réservation d'une chambre d'égalisation des pressions (parfois dénommée « vide de décompression »), celle-ci doit être remise en communication avec l'extérieur (figure 6e) :

- à tous les niveaux de la construction pour les joints verticaux ;
- au moins tous les 6 m pour les joints horizontaux.

Cette communication est établie par la mise en place de dispositifs appropriés (busettes...).

Couvre-joint (figure 7) : profilés caoutchouc ou métallique comportant un dispositif d'ancrage, insérés dans les joints de structure et de dilatation utilisés en dallages béton, maçonnerie lourde ou légère.

Joint en solin en préfabrication légère (en réfection exclusivement) : joint de section triangulaire dont les deux lèvres d'accrochage sont adjacentes et la face libre est constituée par l'hypoténuse (figures 8a, b, c).

Nota : dans le cas de calfeutremments destinés à arrêter le revêtement d'étanchéité et/ou d'imperméabilisation de façade, la mise en place d'un fond de joint n'est pas obligatoire.

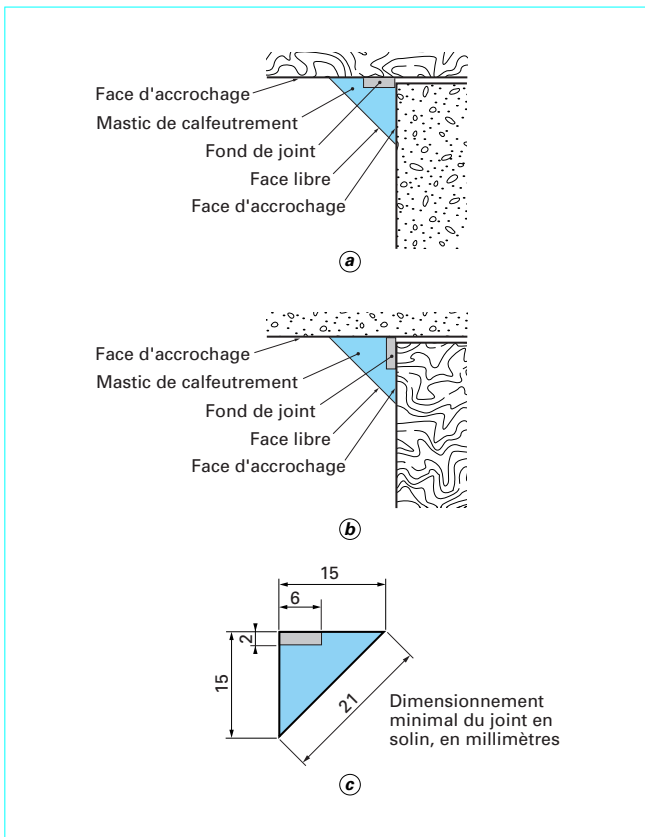


Figure 8 – Joints en solin en préfabrication légère

Les **caractéristiques des mouvements du joint** sont les suivantes.

Amplitude de mouvement du joint ou **élongation maximale de service** : différence de largeur du joint considéré entre ses deux positions extrêmes, occasionnée par les mouvements relatifs des deux éléments adjacents (figure 9a) sollicitant le calfeutrement en traction et en compression.

Glissement maximal de service : longueur maximale du déplacement ℓ , mesurée parallèlement aux mouvements de glissement, de deux points des flancs du joint initialement situés sur une perpendiculaire à l'axe du joint (figures 9b et c) sollicitant le calfeutrement au cisaillement.

1.2 Nécessité et rôle des joints dans la construction

Tout bâtiment est réalisé par assemblage et juxtaposition de divers matériaux, de divers composants soit traditionnels (béton, briques, poutres d'acier ou de béton, verre...) soit modernes, préfabriqués ou synthétiques (portes, fenêtres, panneaux, plastiques...) et il est nécessaire de prévoir des interstices ou joints entre ces matériaux et composants différents, car ils présentent des variations dimensionnelles différentes en fonction des variations de température ou d'humidité et aussi des mouvements différents sous l'effet du vent, des fixations, du poids de l'ouvrage, du fluage de certains composants, du tassement des sols.

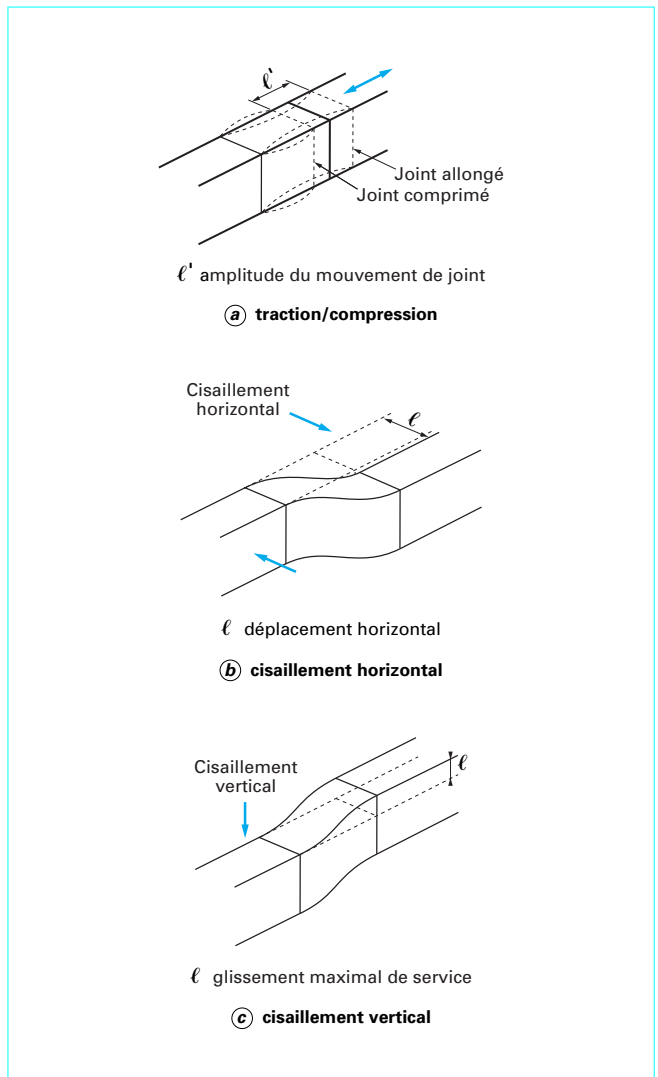


Figure 9 – Divers axes de mouvements de joint

Le mot « joint » désigne donc :

- soit la ligne séparative et le garnissage ou calfeutrement d'un interstice entre deux éléments quelconques de même nature ou de nature différente ;
- soit une solution de continuité voulue, c'est-à-dire une rupture rectiligne ménagée dans un ouvrage pour absorber des différences de mouvement ou de comportement.

Mais ces joints doivent ensuite être comblés avec des produits de calfeutrement, et le joint désigne alors aussi l'ensemble de l'interstice et du produit de calfeutrement utilisé pour l'obturer.

Il existe donc de très nombreux joints du bâtiment comme le montrent les figures précédentes et le tableau 1.

Tableau 1 – Produits d'étanchéité/calfeutrement en fonction des travaux du bâtiment à réaliser

Travaux à réaliser	Produits de calfeutrement												
	Oléorésineux	Bitumineux et bitumeux modifiés	Acryliques émulsions	Mastics butyles (cartouches)	Butyles préboudinés	Silicones acétiques	Silicones neutres	Thiokols 1 et 2 composants	Polyuréthannes	MS Polymères	Mousses polyuréthannes 1 et 2 composants	Profilés élastomères	Bandes d'étanchéité
Maçonnerie extérieure, sols, murs													
— joints de dilatation			X			X	X	X	X	X			
— joints de retrait.....			X			X		X	X				
— joints de fractionnement			X			X	X	X	X				
— joint diapason						X		X	X				X
— joints de rupture							X	X	X				
— joints de dallage (sols béton, carrelés)						X	X	X	X				
— joints de désolidarisation.....						X	X		X				
— réparation fissures en terrasses et murs			X	X					X				X
— réfection des joints de façades.....						X	X		X	X			
Préfabrication lourde													
— joints horizontaux à deux étages	X	X	X	X	X				X				X
— joints horizontaux à un étage							X	X	X	X			X
— joints verticaux.....			X	X			X	X	X				X
— raccordement panneaux de façade/ossature .									X				
— réfection des joints de façade et intérieurs ...			X	X		X	X		X	X			X
Préfabrication légère, façades-rideaux													
— joints horizontaux à deux étages				X	X		X	X	X				
— joints verticaux à un étage.....						X	X	X	X	X			
— joints entre planchers et murs de façade				X				X	X		X		
— bardages (raccordement entre eux).....			X	X	X		X	X	X	X			
— bardages, raccord avec maçonnerie, poutres			X		X								
— cas particulier immeubles grande hauteur.....						X	X	X	X				
— étanchéité traverse, précadre/maçonnerie					X			X	X				
Menuiserie bois, métal et PVC													
— calfeutrement autour des menuiseries métal-métal, bois-béton, PVC-béton.....			X		X	X	X	X	X	X			
— étanchéité des dormants de menuiserie (portes et fenêtres).....			X	X		X	X	X	X	X			
— joint élastomère entre ouvrant et dormant												X	
— isolation thermique/phonique entre ouvrant et dormant						X	X						
— joint étanche de menuiserie et mur rideau			X	X	X		X	X	X	X			
— étanchéité de vérandas, patios.....						X	X	X					
— cas particulier immeubles grande hauteur.....						X	X	X	X				
— étanchéité coupes d'onglet, vis			X				X						
— réfection étanchéité autour des menuiseries .			X			X	X	X	X	X			
Couverture-toiture													
— étanchéité des toitures ondulées (fibrociment, polyester, métal).....	X	X	X	X	X				X				
— étanchéité des parties émergentes (cheminée, lanterneaux, sheds, velux).....		X	X	X		X	X	X	X	X			X
— assemblages étanches de bacs métalliques ..								X	X	X			
IGH : immeuble de grande hauteur.													

Tableau 1 – Produits d'étanchéité/calfeutrement en fonction des travaux du bâtiment à réaliser

Travaux à réaliser	Produits de calfeutrement													
	Oléorésineux	Bitumineux et bitumeux modifiés	Acryliques émulsions	Mastics butyles (cartouches)	Butyles préboudinés	Silicones acétiques	Silicones neutres	Thiokols 1 et 2 composants	Polyuréthannes	MS Polymères	Mousses polyuréthannes 1 et 2 composants	Profilés élastomères	Bandes d'étanchéité	
— étanchéité solins entre murs pignon et toiture, bandes de rives.....		X	X						X				X	
— étanchéité de jonction entre lés des feuilles d'étanchéité		X											X	
— fissures de gouttières, chenaux, cheminées ..			X	X					X	X			X	
— joints d'acrotères, balcons, toitures terrasses				X					X				X	
— réparation étanchéité de terrasses.....		X		X					X				X	
Vitrerie-miroiterie														
— vitrages simples dans les châssis métalliques	X			X	X	X	X			X		X		
— vitrages simples dans les châssis bois, PVC ..				X	X	X	X			X				
— fabrication doubles vitrages				X		X	X	X						
— pose de doubles vitrages et survitrages						X	X		X	X				
— étanchéité de serres, verrières, vérandas.....					X	X	X							
— cas particulier immeubles de grande hauteur						X	X						X	
— verre extérieur collé.....						X	X							
— assemblage entre vitrages (vitrines, IGH)						X	X						X	
— vitrages spéciaux, de sécurité, plastiques, vitrines.....							X	X			X		X	
Cloisons, aménagement intérieur														
— calfeutrement entre menuiseries intérieures, cloisons et plafonds, planchers.....			X	X	X	X				X	X			
— joints entre murs et escaliers.....			X	X					X		X			
— passages conduites entre murs et planchers.											X			
— joints coupe-feu						X	X							
— étanchéité conduits de conditionnement d'air				X	X				X	X				
Sanitaires, carrelages														
— raccord entre sanitaires et murs ou carrelages					X	X	X							
— raccord entre plans carrelés et murs ou planchers						X	X		X					
— raccord entre carrelages et joints de dilatation						X	X		X					
— raccord entre carrelages et joints antiacides (laboratoires)						X	X	X						
— revêtements pierre naturelle, joint non tachant cas intérieur, cas extérieur.....			X			X	X			X				
Électricité														
— isolation de câbles et boîtiers électriques									X			X		
Travaux spéciaux														
— étanchéité coupe-feu						X	X							
— étanchéité piscines, bassins, réservoirs						X	X							
— joints parasismiques									X					
— cas des climats extrêmes très chauds, très froids.....						X	X	X	X					
— réparation de fissures en façade			X	X					X			X		
— chambres froides						X	X		X					
IGH : immeuble de grande hauteur.														

IGH : immeuble de grande hauteur.

Ils peuvent être laissés vides ou recouverts simplement d'un couvre-joint, comme le sont par exemple les joints parasismiques.

Le plus souvent, ils contiennent un produit ou un système de calfeutrement.

Tous les joints rencontrés dans le bâtiment ont des largeurs comprises entre quelques millimètres et quelques centimètres, afin d'accommoder les mouvements différentiels des matériaux et des composants.

On distingue les différents types de joints.

■ **Joints de structure du gros œuvre** : ces joints sont destinés à découper verticalement une construction de grandes dimensions en plusieurs parties indépendantes l'une de l'autre pour parer d'une part aux retraites et dilatations thermiques, et d'autre part aux tassements différentiels des fondations ou du sol. Ces joints de structure se subdivisent en :

- **joints de dilatation**, qui compensent les variations dimensionnelles (cf. [C 3 663], § 3) ;

- **joints de rupture** qui séparent deux bâtiments de charges inégales ou qui reposent sur des fondations de résistances inégales ;

- **joints diapason** sur les parois très exposées aux différences thermiques telles que les terrasses.

L'espacement maximal entre deux joints de structure consécutifs ne dépasse pas 20 à 30 m selon les régions et les variations climatiques, en France.

■ **Joints de retrait** : ces joints sont créés afin d'absorber le retrait consécutif à la prise des bétons et mortiers. Ils constituent des points de rupture voulus rectilignes dans l'ouvrage, de façon à concentrer sur eux les fissurations inévitables dues au retrait, évitant ainsi une formation désordonnée et inesthétique des fissures de retrait. Ces joints sont obtenus :

- **par réservation**, pendant la réalisation de l'ouvrage, de joints creux à l'aide de baguettes servant de cales d'épaisseur et qui sont retirées après durcissement de la maçonnerie ;

- pour les chapes et terrazzos, **avec des profilés scellés sur le support** (joints perdus) ;

- **par sciage ultérieur**, on recoupe les dalles ou chapes sur la moitié de leur épaisseur lorsque le mortier a commencé à durcir, puis on regarnit éventuellement la fente sciée soit avec un mastic souple, soit avec un couvre-joint.

■ **Joints de façades légères** : ce sont des joints de dilatation nécessités par les dilatations différentes des structures métalliques, du gros œuvre et des vitrages.

■ **Joints de préfabrication lourde** : ce sont des joints de dilatation.

■ **Joints de construction, de coffrage ou de reprise de bétonnage** : ils résultent d'une interruption dans la construction et jouent le rôle de joints de retrait, de dilatation ou d'isolement.

■ **Joints de désolidarisation ou d'isolement** : surtout autour des poteaux et des socles de machines, ils concernent toute l'épaisseur des dalles de planchers. Ils permettent le mouvement horizontal des dalles causé par le retrait, et les mouvements verticaux provoqués par les différentes pressions exercées sur les sols.

■ **Joints de vitrages** : ils sont situés entre vitrage et encadrements des baies ou entre verre et verre dans le cas de verre extérieur collé, ainsi que les joints de doubles vitrages (cf. [C 3 363], § 5).

■ **Joints rigides** : ce sont des joints situés entre des éléments qui ne bougent pas tels que des petits éléments : briques, parpaings, carrelages et ils sont donc réalisés avec des mortiers de ciment rigides. Ils ne rentrent pas dans le cadre du présent ouvrage, mais sont traités ailleurs dans les Techniques de l'Ingénieur (cf. [C 2 100]).

■ **Joints spéciaux**, citons :

- les **joints antiacides** réalisés dans certains locaux techniques (industries chimiques, agroalimentaires, laboratoires, bassins de

traitements des eaux usées) soit en résines époxydes, soit avec des mastics bitumineux ou brai-époxy ;

- les **joints coupe-feu** (cf. [C 3 363], § 9) ;
- les **joints antisismiques**.

Ces joints remplissent deux fonctions : la fonction principale, correspondant à leur dénomination, et une fonction complémentaire, qui est en général celle de joint de dilatation.

1.3 Documents normatifs et réglementaires

En France, les différentes techniques de construction sont normalisées ou codifiées par divers documents émanant du Centre Scientifique et technique du Bâtiment CSTB. Citons par exemple le **DTU 20** pour la maçonnerie, le **DTU 39** pour les travaux de miroiterie-vitrerie, etc. et le **DTU 44.1** pour les joints de façades, les **avis techniques** pour les techniques non traditionnelles, et depuis quelques années des **normes françaises, européennes CEN** ou **internationales (ISO)**.

Par ailleurs, les travaux de calfeutrement des façades ont été codifiés depuis 1989 par le SNJF, Syndicat National des Joints et Façades, qui a émis des règles professionnelles, elles-mêmes adossées à un **Label SNJF** qui est un label de qualité décerné aux produits de calfeutrement qui satisfont à la batterie d'essais prévue par le SNJF et que nous étudierons plus loin (§ 2.5).

1.4 Autres fonctions des produits de calfeutrement

Outre leur fonction de base d'antipénétration (de l'air, des insectes, des poussières, des gaz et flammes en cas d'incendie, des fluides divers), les produits précédents peuvent assurer d'autres fonctions complémentaires :

- fixation, scellement ou ancrage (par exemple, des poteaux métalliques dans les dalles de plancher...) ;

- isolation acoustique, rôle antivibratoire, joints antisismiques, (cf. [C 3 363], § 14) ;

- isolation électrique (exemples : boîtiers électriques de connexion enterrés dans le sol, étanchéité de capots de transformateurs) ;

- assemblage rigide (exemple assemblage collé verre sur verre par des mastics silicone à haut module). On est alors ici à la limite entre le collage et le calfeutrement.

Ces fonctions complémentaires seront évoquées en [C 3 663].

1.5 Origines et tolérances des mouvements des joints

1.5.1 Fixation des matériaux et éléments de construction

Leurs types et leurs emplacements ont une influence sur les mouvements des joints, et donc leur conception et leurs dimensions.

1.5.2 Variations de température

Les matériaux de construction subissent des variations dimensionnelles liées aux variations de température. Il faut donc évaluer :

— la température minimale ou hivernale t_m ; on peut prendre la température ambiante de l'air, par exemple la moyenne des 20 à 100 h les plus froides, car la température extérieure des murs sera voisine de la température ambiante ;

— la température maximale ou estivale t_M ; contrairement aux périodes hivernales, les murs reçoivent les radiations solaires qui échauffent les matériaux ; la température maximale des murs t_M est donnée par la formule :

$$t_M = t_A + Ks$$

avec t_A température maximale de l'air ambiant,
 s coefficient d'absorption solaire du mur (tableau 2),
 K constante dépendant de la capacité calorifique des matériaux,
 = 56 pour les matériaux à faible capacité calorifique (murs rideaux métalliques bien isolés...),
 = 42 pour les matériaux à capacité calorifique élevée (béton, briques),
 = 72 quand la radiation solaire est réfléchiée (par des murs adjacents ou autres matériaux, surface de l'eau de bassins, piscines...) sur des matériaux à faible capacité calorifique,
 = 56 quand la radiation solaire est réfléchiée sur des matériaux à capacité calorifique élevée.

Tableau 2 – Coefficients d'absorption solaire [1]

Matériaux	Coefficient s
Aluminium, finition transparente.....	0,60
Aluminium peint.....	0,40
Briques couleurs pâles.....	0,50 à 0,70
Briques rouges.....	0,65 à 0,85
Briques blanches.....	0,25 à 0,50
Béton, gris sans finition.....	0,65
Cuivre.....	0,65 à 0,80
Acier galvanisé brut.....	0,90
Acier galvanisé peint blanc.....	0,26
Verre transparent 6 mm.....	0,15
Verre teinté 6 mm.....	0,48 à 0,53
Verre réfléchissant.....	0,60 à 0,83
Marbre blanc.....	0,58
Surfaces colorées en général noires.....	0,95
gris foncé.....	0,80
gris clair.....	0,65
blanches.....	0,45
Bois.....	0,78
Panneaux fibrociment brut.....	0,75
peint en blanc....	0,61

1.5.3 Variations d'humidité : mouvements réversibles

Certains matériaux se dilatent en absorbant l'humidité et se contractent en séchant. C'est le cas du béton, du bois, des briques et cela constitue un mouvement réversible.

Les effets des variations d'humidité viennent se cumuler avec les effets des variations de température.

Mais il faut bien voir que la teneur en humidité de ces matériaux diminue lorsque leur température s'élève et inversement : les deux phénomènes se compensent donc en partie mais ils ne se

produisent pas tout à fait simultanément et la résultante n'est pas toujours facile à calculer.

Les fabricants des divers matériaux de construction fournissent des coefficients de variation dimensionnelle en fonction de la teneur en eau des matériaux, qui sont indiqués au tableau 3 en pourcentage dans la colonne « Mouvements réversibles ».

Tableau 3 – Mouvements dus aux variations d'humidité [1]

Matériaux	Mouvements	
	réversibles (%)	irréversibles (%)
Béton avec agrégats courants.....	de 0,02 à 0,06	– 0,03 à – 0,07
Béton avec agrégats légers.....	de 0,03 à 0,06	– 0,03 à – 0,08
Blocs de béton/parpaings avec agrégats courants.....	de 0,02 à 0,04	– 0,02 à – 0,06
Blocs de béton/parpaings avec agrégats légers.....	de 0,03 à 0,06	– 0,02 à – 0,06
Briques.....	0,02	+ 0,02 à + 0,07
Calcaire.....	0,01	non
Grès.....	0,07	non

1.5.4 Retrait des matériaux : mouvements irréversibles

Après avoir été coulé, le béton se contracte de façon irréversible en séchant. 70 % du retrait final est obtenu au bout d'1 an et 90 % au bout de 5 ans.

Par contre, pour les briques il y a un allongement ou gonflement après leur cuisson, lorsqu'on les met en équilibre avec une atmosphère plus ou moins humide.

Dans le tableau 3, nous indiquons les mouvements irréversibles des principaux matériaux de construction qui sont affectés d'un signe – ou + selon qu'il s'agit de retrait dans le temps ou de gonflement.

1.5.5 Charges actives

Les fléchissements sous charges actives (trafic ou entreposages lourds...) peuvent provoquer des variations de largeur des joints horizontaux (joints au niveau des planchers dans les immeubles de grande hauteur).

La largeur du joint peut varier d'un étage à l'autre et d'un endroit à l'autre au même étage. Cela se produit en général après le calfeutrement.

1.5.6 Action du vent

La pression ou la dépression due aux vents modifie la forme des façades et donc des joints. Cette action est très importante pour les immeubles de grande hauteur.

1.5.7 Compression élastique et fluage des bâtiments de grande hauteur

Ces bâtiments, qu'ils soient en béton ou dans une moindre mesure en acier, se compriment et s'affaissent légèrement sous leur poids et les surcharges après construction. Cela entraînera une diminution de la largeur des joints horizontaux.

1.5.8 Tolérances dimensionnelles de construction

Ce sont :

- les tolérances sur les matériaux de construction : briques, parpaings ;
- les tolérances de fabrication sur les éléments préfabriqués, par exemple ± 2 mm sur des cadres métalliques préfabriqués en usine ;
- les tolérances d'érection sur site, par exemple un élément de mur rideau ne doit pas être installé à moins de 3-4 mm d'un élément adjacent ;
- les défauts d'alignement, de verticalité ou d'horizontalité de l'ordre de 1 à plusieurs millimètres.

1.5.9 Déformations des produits de calfeutrement

Du fait des différents mouvements étudiés précédemment, on distingue plusieurs types de déformation des mastics (figure 10) :

- la compression, si le mastic a été appliqué en hiver ; lorsque l'été arrivera la dilatation des matériaux le comprimera ;
- l'extension inversement si le mastic a été appliqué en été, en hiver la contraction des matériaux élargira le joint ;
- le cisaillement longitudinal ;
- le cisaillement transversal.

On aura donc en général une combinaison de ces différents mouvements.

1.6 Choix des procédés ou des produits de calfeutrement

L'emploi d'un produit donné peut paraître adapté pour l'étanchéité d'un joint à un étage (assurant seul l'étanchéité à l'air et à l'eau), mais surabondant pour un joint à deux étages qui aura nécessairement deux barrières d'étanchéité, l'une à l'eau et l'autre à l'air. De même, un mortier de chaux et ciment, ou du plâtre suffisent souvent pour calfeutrer des joints qui ne travaillent pas, mais ne peuvent en aucun cas être employés pour des joints de dilatation. Aussi faut-il attacher une grande importance au choix du système de calfeutrement.

Les familles les plus couramment rencontrées pour le calfeutrement de joints sont :

- les garnitures en mousses imprégnées ou enrobées d'un matériau plastique (butyle ou bitume) ;
- les profilés élastomères, plastiques ;
- les bandes (bitumineuses, PVC, silicone) ;
- les mastics élastiques ou plastiques, mono ou bicomposants ;
- les couvre-joints métalliques ou plastiques ;
- les matériaux à base de liants hydrauliques ;
- les mousses rigides de polyuréthane ;
- les matériaux spécifiques.

(B.) Martin [2] présente une classification morphologique en trois grands groupes de produits, en se référant à la norme ISO 2444 :

- les **matériaux de jonction**, sans forme définie (mortier, colle, mastic, etc.) ;
- les **profilés de jonction**, de section définie, mais de longueur non spécifiée (parcloles, profilés élastomères, bandes, etc.) ;
- les **composants de jonction**, rigides, tels les clous, vis, ancrages, etc., qui constituent une entité distincte que nous n'étudierons pas ici.

Choisir parmi toutes ces familles le produit ou le système le mieux adapté au joint que l'on veut traiter revient, en fait, à établir un véritable **bilan des contraintes actuelles et futures** de ce joint en rapport avec sa fonction. Un tel bilan peut être basé sur l'étude des paramètres suivants.

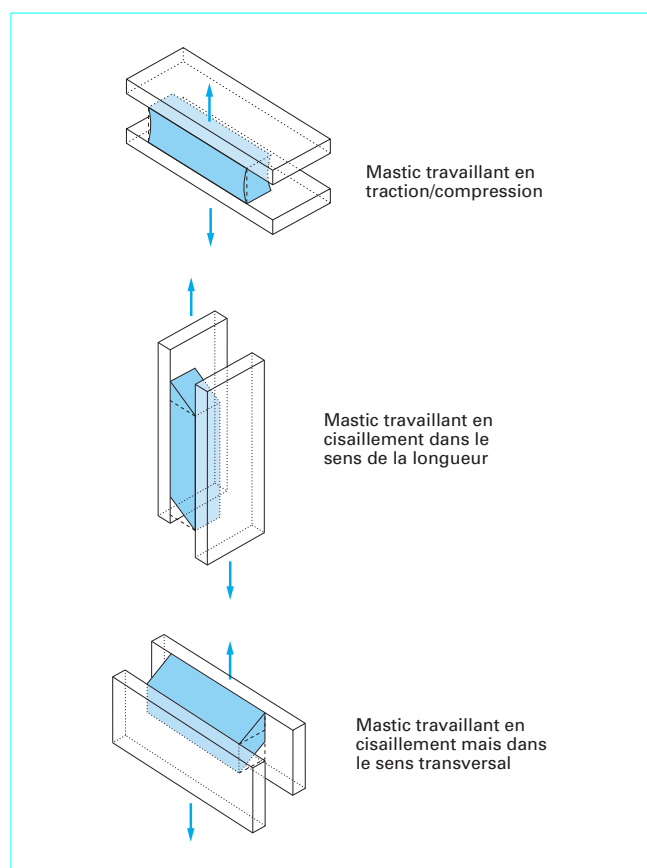


Figure 10 – Modes de déplacement des joints

Type de joint en question :

- de quel joint s'agit-il (retrait, dilatation, rupture...) ?
- quelle est sa fonction principale (étanchéité, calfeutrement, rebouchage) ?
- s'agit-il de travaux neufs ou d'une réhabilitation ?
- quels sont les matériaux supports ? En quel état sont-ils ?

Contraintes d'aujourd'hui et de demain :

- contraintes de mise en œuvre ;
- contraintes mécaniques, mouvements des joints et matériaux ;
- contraintes chimiques et physiques ;
- contraintes thermiques ;
- exigences de durabilité ;
- contraintes d'aspect, de design, de dimensionnement ;
- contraintes économiques.

Réglementation en vigueur

(B.) Martin [2] présente l'analyse des fonctions multiples d'un joint dans le bâtiment d'après la norme ISO 3447 ; ces fonctions dépendent essentiellement des facteurs suivants :

- facteurs d'environnement ;
- aptitude à supporter les contraintes ;
- sécurité ;
- écarts dimensionnels ;
- fixation des composants ;
- aspect esthétique ;
- économie ;
- durabilité ;
- entretien, réparations.

2. Caractéristiques des produits de calfeutrement

2.1 Caractéristiques de mise en œuvre

2.1.1 Matériaux sur lesquels adhérer

Les matériaux les plus fréquemment rencontrés dans nos pays sont le béton, utilisé pour le gros œuvre, murs et planchers, les briques, les pierres, les panneaux préfabriqués et les métaux en préfabrication légère.

Mais les produits de calfeutrement peuvent aussi être appliqués sur :

- les menuiseries du bâtiment en bois, PVC, métaux (aluminium anodisé ou prélaqué, acier) ;
- les vitrages et panneaux de verre, verre émaillé ;
- les panneaux et plaques en fibrociment ;
- les cloisons en plâtre, plaques de plâtre, briques, panneaux de particules ;
- les sanitaires et carreaux de céramique ;
- les canalisations en fonte, plastiques, les canalisations d'air conditionné en acier ;
- les poteaux métalliques ;
- des supports anciens en rénovation.

Nous verrons au paragraphe 2.2.3 quelles sont les adhérences des divers mastics d'étanchéité sur ces divers matériaux.

2.1.2 Préparation des surfaces

Les surfaces doivent être propres, débarrassées de toute pollution ou de tout produit non adhérent (par exemple, peintures écaillées...) par grattage, grenaillage, séchées (car certains mastics d'étanchéité réagiraient excessivement avec l'humidité, comme par exemple les mastics polyuréthane), saines et solides.

Si l'adhérence des mastics n'est pas suffisante, il faut utiliser un primaire d'accrochage, recommandé par le fournisseur de mastic.

2.1.3 Température et humidité de travail

Elles doivent être conformes aux exigences des fournisseurs, compte tenu du type de mastic et du mode de prise.

Exemple : pour un mastic silicone, l'application doit se faire entre + 5 et + 40 °C.

Il est cependant préférable d'appliquer le mastic dans des conditions moyennes de température et d'humidité, au printemps ou en automne, à 15-22 °C et 50 à 60 % d'humidité relative HR afin que ses mouvements ultérieurs restent compatibles avec ses caractéristiques (§ 2.2.7, § 2.2.8).

2.1.4 Viscosité, consistance et résistance au coulage, extrudabilité

Il faut distinguer deux types de joints :

- les joints verticaux, qui exigent des produits non coulants, donc de viscosité élevée et de rhéologie adaptée (NF P 85-501) ;
- les joints de sols qui demandent au contraire des produits coulés en place, donc fluides.

Les mastics peuvent aussi se présenter en profilés secs, plastiques, de différentes formes et sections qui peuvent être comprimés, écrasés entre les panneaux préfabriqués.

Exemple : profilés butyle ou oléorésineux.

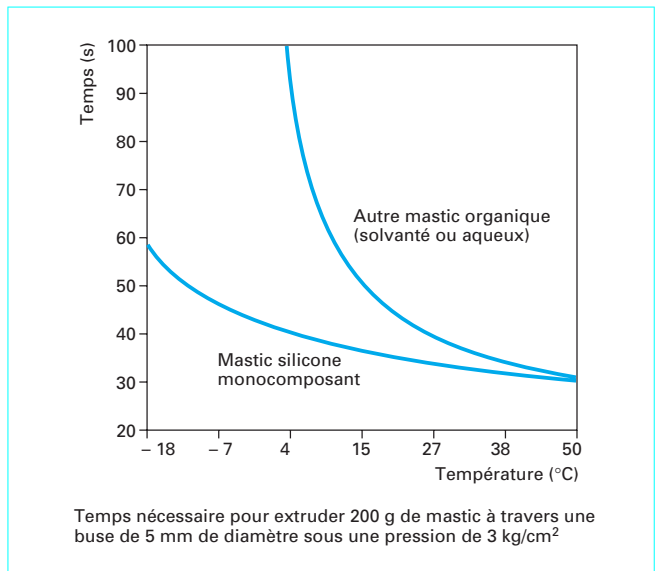


Figure 11 – Extrudabilité

Les mastics doivent être extrudables facilement, à partir de cartouches en général, même après un certain temps de stockage, ce qui a tendance à les épaissir. L'extrudabilité peut se mesurer en g/mn sous une certaine pression.

La courbe de la figure 11 indique le temps nécessaire pour extruder 200 g de mastic silicone à travers un orifice de 5 mm de diamètre, sous une pression de 3 kg/cm² et à différentes températures (méthode d'essai ASTM C 603-83).

La méthode ASTM C 639-83 mesure les propriétés rhéologiques des mastics élastomères.

2.1.5 Extrait sec

C'est la teneur en matières actives exprimée en pourcentage du mastic :

Matières actives = polymère de base
+ résine + charges + adjuvants + plastifiants

2.1.6 Mode de prise, réticulation

La plupart des mastics d'étanchéité élastomères utilisés dans le bâtiment sont des produits qui « réticulent » (c'est-à-dire polymérisent) par réaction avec l'humidité de l'air ambiant. C'est le cas des mastics polyuréthanes et silicones monocomposants.

Les mastics polysulfures font leur prise par réticulation sous l'action d'un catalyseur.

On utilise aussi mais plus rarement, des mastics à deux composants à mélanger juste avant emploi, qui font leur polymérisation ou réticulation par réaction chimique entre les deux composants.

La réticulation ou la polymérisation sont des réactions chimiques de « pontage » des molécules, qui font passer le mastic de l'état pâteux ou fluide à un état plastique ou élastique, résistant à la déformation.

Les mastics acryliques, qui sont le plus souvent en milieu aqueux, font leur prise par séchage : l'eau contenue s'évapore à l'air ou est absorbée par les supports, s'ils sont absorbants (tels le béton ou le bois).

Tableau 4 – Modes de prise des mastics de calfeutrement

Types de mastics de calfeutrement	Mode de prise	Paramètres influant sur la prise	Vitesse de prise pour 5 mm d'épaisseur	Types chimiques
Monocomposants durcissant par action de l'humidité	réaction avec l'humidité de l'air ambiant	taux d'humidité température ambiante réactivité chimique	1 à plusieurs jours	silicones polyuréthanes polymercaptans/thiokols mousse PU en bombes
Monocomposants durcissant par oxydation avec catalyseur	réaction avec l'oxygène de l'air plus ou moins catalysée	catalyseur incorporé	1 à plusieurs jours	polymercaptans polysulfures (thiokols)
			très long	huile de lin oléorésineux
Bicomposants	réaction chimique entre les deux composants	réactivité chimique température	< 1 jour	polyuréthanes thiokols silicones
Émulsions aqueuses	évaporation de l'eau et absorption par les supports absorbants (béton, ciment)	température humidité absorption des supports	10 jours	acryliques VAE (vinyl acétate-éthylène)
Mastics en solution	évaporation des solvants	température ambiante	5 à 10 jours	acryliques butyle
Mastics sans solvant (100 % extrait sec)	pas de prise au sens classique restent thermoplastiques	certaines peuvent durcir lentement par oxydation (huile de lin, oléorésineux)		butyle oléorésineux huile de lin
Préformés (100 % extrait sec)	pas de prise restent plus ou moins mou thermoplastiques	durcissement lent par oxydation		butyles préformés oléorésineux mousses imprégnées
Jointes coulés à chaud (utilisés en Travaux publics) et Hot melts	par refroidissement de la masse préalablement fondue à 100-160°	température	prise en quelques minutes par refroidissement	bitumineux, asphalte éventuellement modifiés par élastomères (Travaux publics) Hot melts butyles pour doubles vitrages
Jointes rigides à base de ciment ou de plâtre	durcissement par réaction avec l'eau de gâchage	réactivité de la formule, température	base plâtre : \approx 1 h base ciment : 5 à 15 h	ciments - colles jointes base ciment plâtres - colles

D'autres mastics solvantés font leur prise par évaporation des solvants.

Les mastics préformés, livrés en cordons ou en bandes ou en profilés divers, sont des mastics plastiques qui restent mous et adhérents de façon plus ou moins permanente. Ils ne sont pas censés durcir ou réticuler.

Le tableau 4 indique les divers modes de réticulation des mastics de calfeutrement et d'étanchéité utilisés dans le bâtiment et les travaux publics.

2.1.7 Largeur et section

Nous verrons au paragraphe calcul et dimensionnement des joints (cf. [C 3 662], § 1) que pour accommoder au mieux les variations dimensionnelles du joint, on a intérêt à avoir un joint large, afin de minimiser le pourcentage de déformation requis pour le mastic.

Exemple : si le mastic doit supporter 6 mm de déformation et si le joint ne fait que 8 mm de large, cela donnera une déformation inacceptable de 75 %. Si on utilise un joint plus large de 12 mm, la déformation ne sera que de 50 % ; s'il fait 24 mm, elle ne sera plus que de 25 %, ce que peut tolérer un mastic silicone.

Il y a donc une largeur ou section minimale qui prend en compte l'allongement et le module d'élasticité des mastics utilisés.

Pour des raisons de coût, d'esthétique, de solidité, de difficultés d'application et de dimensionnement, la largeur maximale du joint sera de l'ordre de 30 mm.

2.1.8 Rapport largeur/profondeur

Se reporter en [C 3 662], § 1.

2.1.9 Consommation

La consommation *C* se mesure en millilitres par mètre linéaire et elle dépend de la section des joints.

Les tableaux 2 et 3 en [C 3 662], § 4 fournissent la consommation en fonction des sections, en mètres linéaires réalisables avec une cartouche standard de 310 ml.

2.1.10 Durée pratique d'utilisation (DPU) des mastics à deux composants

La DPU varie avec la réactivité des composants et la température. Elle est en général de 1 à 2 h, afin de permettre une mise en œuvre convenant à la vitesse de travail des ouvriers et l'obtention d'une adhérence suffisante.

2.1.11 Temps hors poussière

Le temps de formation d'une peau non adhérente est le temps hors poussière.

Exemples :

silicones monocomposants : 1 h, bicomposants 30 min
polyuréthanes : monocomposants 3 à 12 h, bicomposant 2 à 3 h

La méthode ASTM C 679-71 permet de mesurer le temps hors poussière des mastics élastomères.

2.1.12 Durée de réticulation (ou de prise)

La durée de réticulation est celle au bout de laquelle le mastic atteint ses caractéristiques optimales et où l'on peut soumettre le joint à des mouvements normaux du gros œuvre.

Selon les types de produits, elle peut varier de quelques heures pour des mastics à deux composants (lorsque l'on a besoin d'une prise rapide, par exemple en usine en préfabrication) à 24 ou 48 h ou davantage pour des mastics à un seul composant pour une réticulation à cœur, mais il y a néanmoins formation d'une peau de surface dans un temps beaucoup plus court, par réaction avec l'humidité ambiante.

On ne doit pas modifier la forme du mastic tant qu'il n'a pas fait sa prise complète. Des tableaux comparatifs (cf. [C 3 661], § 1.4) indiquent des valeurs moyennes de durée de prise sur 5 mm de profondeur.

2.1.13 Retrait éventuel

Les mastics qui font leur prise par réaction chimique et qui ont un extrait sec voisin de 100 %, ne font pratiquement pas de retrait en général : c'est le cas des silicones, polyuréthanes et thiokols.

Par contre, les mastics en émulsion aqueuse ou en solution (acryliques, butyles, bitumineux) qui ont un extrait sec de 50 à 85 % et qui font leur prise par départ d'eau ou de solvant manifestent un certain retrait puisque le volume et le poids après séchage est plus faible qu'avant, d'où une contraction inversement proportionnelle à leur extrait sec, que le fabricant doit indiquer.

Comme ces mastics sont en général des mastics plastiques, ce retrait n'entraîne guère de tensions internes mais seulement un léger creusement du mastic.

La méthode ASTM C 733-82 permet de mesurer le retrait en volume des mastics émulsions.

2.1.14 Possibilité de surpeinture

Dans certains cas, on désire peindre le joint de calfeutrement, par exemple en façade, souvent avec des peintures à l'eau. Certains mastics, en particulier les silicones, sont antiadhérents vis-à-vis des peintures.

Par contre, les mastics acryliques peuvent être surpeints, par exemple avec des peintures à base de latex acryliques, mais les peintures n'étant pas élastiques, lorsque le joint variera de largeur, elles fissureront et s'écailleront. Le mieux est donc de laisser le mastic nu et de bien choisir sa couleur (cf. § 2.2.1).

Les joints rigides à base de ciment peuvent être peints avec divers types de peintures ou plus simplement colorés dans la masse par des pigments et les fournisseurs proposent divers coloris pour s'accorder aux coloris de sanitaires.

2.1.15 Durée de stockage

Tous les mastics d'étanchéité doivent être conditionnés et stockés dans des cartouches parfaitement étanches, car leur contact

avec l'air ambiant provoquerait un début de prise soit par séchage, soit par réaction avec l'humidité de l'air.

Leur durée de stockage, à 20 °C environ, est comprise entre 9 mois pour les monocomposants les plus réactifs et 12 mois.

2.2 Caractéristiques physico-chimiques et mécaniques, méthodes d'essais et de caractérisation

2.2.1 Couleur, aspect

Les mastics destinés aux joints visibles sont en général colorés pour un meilleur aspect esthétique, de façon à s'appareiller à la couleur des matériaux et des composants adjacents.

Beaucoup de couleurs sont en général possibles avec les silicones, et les acryliques, et aussi dans une moindre mesure avec les polyuréthanes, par exemple gris, marron, blanc, translucide (uniquement avec les silicones pour le verre), couleurs diverses appareillées aux sanitaires dans le cas de silicones, couleur aluminium pour les métaux.

Les couleurs ne jouent pas sur les performances.

Pour les thiokols ou polysulfures, cela dépend du système de durcisseur, et des charges de renforcement (noires s'il s'agit de noir de carbone) ; ces produits sont donc le plus souvent noirs.

Les bitumineux ne peuvent être évidemment que noirs.

2.2.2 Adhésivité, cohésion sous traction maintenue

Lorsque le mastic est en extension, il sollicite plus ou moins fortement le plan de collage, d'autant plus que son module est élevé (cf. § 2.2.6).

C'est pourquoi, selon les normes françaises AFNOR, SNJF, CEN et ISO, l'adhésivité et la cohésion sont mesurées sous une traction normalisée maintenue, afin de voir quand il y a décollement des lèvres du joint ou rupture cohésive dans le mastic. Cet essai fait l'objet de la norme française NF P 85-508, il permet d'établir la courbe contrainte-déformation en traction.

L'essai peut aussi être réalisé après immersion et après traitement thermique pour simuler l'environnement (pluie, cycles thermiques, chaleur, oxydation) ; c'est la norme NF P 85-517 (cf. § 2.3).

Les mêmes essais peuvent être conduits jusqu'à rupture selon la norme NF P 85-507 ou ISO 28339, sachant que l'on ne doit faire travailler les mastics qu'à environ 25 % de cette limite, par sécurité.

2.2.3 Adhérence sur les divers matériaux

En l'absence de primaires, l'adhérence des divers mastics sur les divers matériaux du bâtiment varie considérablement, comme le montre le tableau 5.

Sur certains matériaux lisses et inertes tels le verre, il est préférable d'utiliser un primaire, toutefois les mastics silicones adhèrent très bien directement sur le verre.

Même si l'adhérence est bonne au départ, l'action de l'eau ou de l'humidité peut la dégrader dans le temps, et c'est là encore une raison de plus d'utiliser un primaire d'accrochage.

Divers types de primaires existent : silanes, polyuréthanes pour les mastics polyuréthanes, solutions d'élastomères et diverses autres formules, fournies par les fabricants de mastics de calfeutrement.

Tableau 5 – Adhérence sur divers matériaux du bâtiment des principaux types de mastics de calfeutrement

Matériaux	Types de mastics							
	Silicones acétique	Silicones neutre	PU mono-composant	PU bi-composant	Thiokol	Acrylique émulsion	Butyle	MS polymère
acier	-/P	+/o	o	o	P	o	+	+/P
acier zingue	-/P	+/P	o	o	P	o	+	+/P
acier inox	P	+/P	+/P	+/P	P	o	o	+
aluminium brillant	o/P	+	o	o	+/P	+	+	+
aluminium anodisé	o/P	+	+	+	o/P	+	+	+
zinc	-/P	+	o	o	o	+	+	+
cuivre, laiton	-/P	+/P	o	o	o	o	+	+
plomb	-	+/P	o	o	o	+	+	o
béton, ciment	-/P	+	+	+	+	+	+	+/P
béton cellulaire	-/P	+	+	+	+	+	+	+/P
fibrociment	-/P	+	+	+	+/P	+	+	+/P
plâtre	P	+	+	+	+	+	+	+
briques	P	+	+	+	+/P	+	+	+
bitume	-	-	-	-	-	-	P	-
bois brut	P	P	+	+	o	+	+	+
bois laqué	+	+	+	+	+	+	+	+
bois traité humidité	o	o	o	o	o	o	o	o
verre	+	+	P	P	P	+	+	o
céramique	+	+	P	P	P	+	+	o
produits émaillés	+	+	P	P	P	+	o	o
PVC	o	o	o	o	o	+	+	o
polyester	o	+	+	+	P	o	+	
polycarbonates, méthacryliques	-	+	+/P	+/P	o	o	o	o

PU polyuréthane ; + adapté ; P primaire nécessaire ; o test préalable nécessaire ; - médiocre ou mauvais.

2.2.4 Allongement, module d'élasticité, reprise élastique

Les mastics de calfeutrement se distinguent par des extensibilités/élasticités différentes.

Lorsque l'on tractionne une éprouvette, on obtient une courbe d'**allongement** telle que celle de la figure 12.

Le **module d'élasticité** (exprimé en N/cm² ou MPa) est défini comme la contrainte à 100 % d'élongation. On peut aussi parfois utiliser le module tangent ou sécant à 50 %. Il mesure les forces qui se développent dans le mastic lorsqu'on l'allonge, et donc aussi les forces qui se développent sur les plans de collage lors de l'allongement.

Afin de ne pas trop solliciter les plans de collage, on a intérêt à utiliser des mastics à bas modules, et les silicones sont, à cet égard très intéressants. La norme ISO/DIS 11600 classe donc les mastics d'étanchéité en prenant en compte plusieurs performances dont les modules d'élasticité sécants (cf. § 2.5).

Un **allongement à la rupture** élevé ne signifie pas automatiquement que le mastic sera bon car si la force nécessaire pour obtenir cet allongement est élevée, on risquera une rupture adhésive avant même d'atteindre cet allongement.

Donc la caractéristique la plus significative est le module d'élasticité.

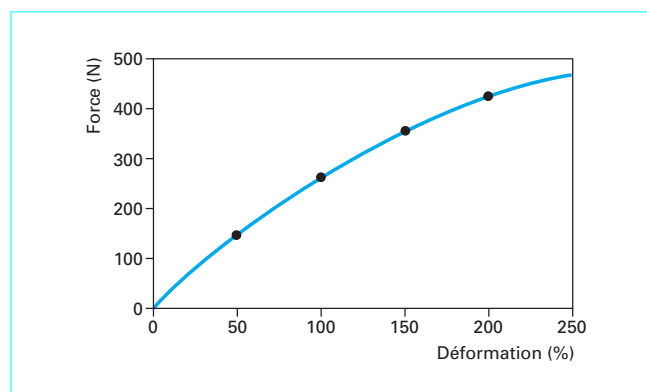


Figure 12 – Courbe d'allongement

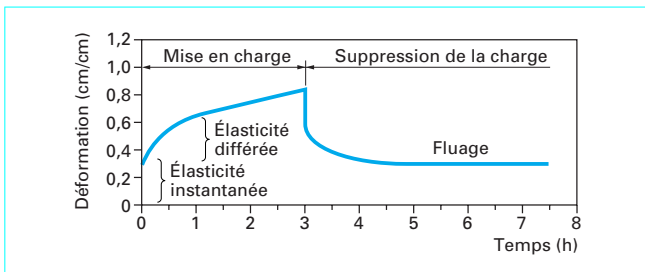


Figure 13 – Courbe de fluage

Une autre caractéristique importante est la **reprise élastique** (mesurée par la norme ISO 6927). Lorsque l'on enlève la charge qui a provoqué l'allongement ou le raccourcissement, l'éprouvette de mastic peut revenir plus ou moins complètement à sa longueur d'origine. Un bon mastic élastomère doit revenir le plus possible à sa longueur d'origine, de façon à pouvoir supporter de nombreux cycles traction/compression qui se produisent pendant sa durée de vie. Les mastics plastiques ont une reprise élastique nettement moins bonne, et sont donc réservés à des joints présentant de faibles variations dimensionnelles (figure 13).

2.2.5 Fluage et relaxation des tensions

Le test de **fluage** consiste à enregistrer l'allongement en fonction du temps sous une traction constante.

Exemple : un test classique pour les thiokols consiste dans un cycle comprenant trois heures sous charge suivies de deux heures sans charge.

On obtient alors une courbe telle celle de la figure 13. On constate qu'après suppression de la charge, il reste une déformation résiduelle qui mesure le fluage et donc la reprise élastique.

Les mastics polyuréthanes et silicones sont véritablement élastomériques et offrent une reprise élastique élevée et très peu de fluage. C'est la principale raison de leur popularité actuelle.

Les mastics plastiques présentent un fluage plus ou moins important, et c'est pour cela qu'ils ont une faible reprise élastique.

L'essai de **relaxation des tensions** est conduit en allongeant le mastic de 25 à 50 %. L'éprouvette est bloquée. La relaxation des contraintes est donnée par la courbe contrainte = f (temps) de la figure 14 pour un mastic plastique.

2.2.6 Cycles traction/compression

Ils visent à reproduire ce qui arrive en fait à tous les joints de calfeutrement qui sont soumis à de tels cycles en fonction des températures et des saisons. L'essai est précisé par la norme NF P 85-521.

2.2.7 Élongation maximale de service

En combinant toutes les propriétés mécaniques des mastics étudiées ci-dessus, on arrive finalement à la notion d'**amplitude de mouvement maximal d'un joint en traction/compression et/ou cisaillement**, et les différentes normes françaises ou européennes s'accordent à définir trois grandes classes de mastics de calfeutrement et d'étanchéité (tableaux 6 et 7) :

- élastomères de 1^{re} catégorie si elle est de 25 % de sa largeur initiale ;
- élastomères de 2^e catégorie ou plastiques de 1^{re} catégorie si elle est de 12,5 % ;
- plastiques de 2^e catégorie si elle n'est que de 7,5 %.

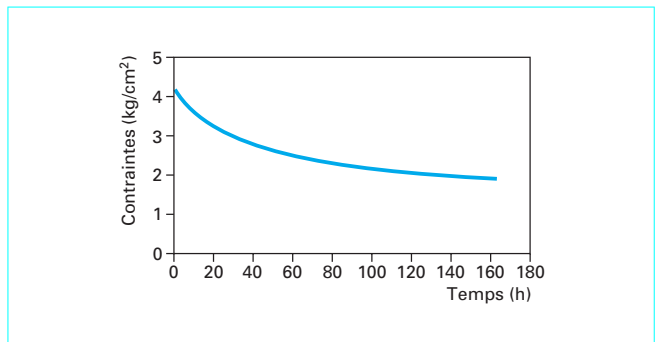


Figure 14 – Courbe de relaxation des tensions

Tableau 6 – Classes de mastics

Classes	Capacité de mouvement (%)
25 E	± 25
12,5 E ou 12,5 P	± 12,5
7,5 P	± 7,5
E : élastomère P : plastique	

2.2.8 Résistances minimale et maximale à la compression

L'essai de résistance minimale à la compression consiste à évaluer la tenue mécanique du mastic en œuvre, de son aptitude à ne pas refluer en partie hors du joint, et de son aptitude éventuelle au calage latéral dans le cas de vitrages.

On établit la courbe contrainte-déformation en compression comme pour l'essai d'adhésion-cohésion sous traction.

2.2.9 Dureté, résistance à la déchirure

Les joints ayant une face à l'extérieur, il faut qu'ils présentent une dureté acceptable pour ne pas être endommagés par abrasion surtout pour les joints de sols. Les tableaux comparatifs en [C 3 661] indiquent les duretés Shore A des divers types de mastics, qui peuvent aller de 15 à 40.

La méthode ASTM C 661-83 permet de mesurer la dureté avec un duromètre.

2.2.10 Tenue aux cycles froid-chaud, résistance à la chaleur, au froid

Les joints extérieurs doivent résister aux variations de température prévisibles dans la région. Les tableaux comparatifs en [C 3 661] indiquent les températures minimales et maximales qu'ils peuvent supporter. Différentes méthodes d'essais sont normalisées.

La chaleur, cumulée à l'action des ultraviolets (UV) et à l'oxydation peut dégrader le mastic en le rendant dur et craquelé, ce qui cumulé avec les cycles traction/compression finira par le fissurer.

La méthode ASTM C 718-72 permet de mesurer la résistance aux UV des différents mastics de calfeutrement.

Tableau 7 – Spécifications des mastics (d'après NF P 85-305)

Caractéristiques	Normes de référence	Classes			
		25 E	12,5 E	12,5 P	7,5 P
Résistance au coulage vertical	NF EN 27390	≤ 6 mm			
Reprise élastique	NF EN 27389	extension 200 % ≥ 70 %	extension 160 % ≥ 40 %	< 40 %	
Déformation sous traction	NF EN 28339	Non concernées			Allongement à la rupture
					≥ 100 % ≥ 20 %
Déformation sous traction maintenue	NF EN 28340	Pas de rupture à l'allongement requis			Non concernées
Adhésivité-cohésion sous traction maintenue après immersion et traitement thermique	NF P 85-517	Pas de rupture à l'allongement requis extension 200 % extension 160 %			Non concernées
Adhésivité-cohésion par traction jusqu'à rupture après immersion et traitement thermique	NF P 85-518	Non concernées			Allongement à la rupture
					≥ 100 % ≥ 20 %
Adhésivité-cohésion à température variable	NF EN 85-519	Pas de rupture à l'issue des cycles			Non concernées
Adhésivité-cohésion à température constante	NF EN 29046	Non concernées			Pas de rupture à l'issue des cycles
Diffusion des constituants	NF P 85-512	Non concernées			$l_m \leq 4$ mm $n_m \leq 3$ mm
Plasticité	NF P 85-513	Non concernées			$0^\circ\text{C } P_m \geq 75$ $20^\circ\text{C } 120 \leq P_m \leq 300$ $50^\circ\text{C } P_m \leq 330$
Stabilité pondérale	NF P 85-515	Non concernées			≤ 15 % ≤ 25 %

Pour la définition des symboles, se reporter aux normes correspondantes.

La chaleur peut provoquer l'évaporation des plastifiants, ce qui entraîne un durcissement du mastic puis sa fissuration lors des allongements. La méthode NF P 85-512 mesure la diffusion des constituants.

2.3 Caractéristiques de durabilité

2.3.1 Résistance à l'eau et à l'humidité

Le principal risque est la pénétration de l'humidité au niveau du plan de collage sur les lèvres du joint, car cette humidité peut finir par séparer le mastic des matériaux adjacents. À cet égard, les silicones sont les plus insensibles à l'eau et sont donc utilisés pour les joints sanitaires et les joints de vitrages.

Pour une résistance supérieure et de très longue durée aux eaux usées, acides ou basiques, les égoûts et bassins de décantation utilisent des joints époxydes, antiacides, très durables, mais qui sont rigides.

2.3.2 Résistance aux solvants et aux huiles

Cela ne concerne que les joints de pistes d'aviation ou de routes qui doivent résister aux fuites d'huile et d'essence ou de fuel aviation (cf. [C 5 460]).

2.3.3 Résistance à l'oxydation et aux ultraviolets

C'est un point important pour les joints extérieurs : les anciens matériaux (oléorésineux, caoutchouc) s'oxydent facilement à l'air et sous l'action des UV et de la chaleur et deviennent durs et cassants.

La méthode ISO 114-31 permet de déterminer les propriétés d'adhésivité-cohésion après exposition à la lumière artificielle à travers le verre.

2.3.4 Durabilité et tenue au vieillissement

Du fait de leur accessibilité et réparation difficile, les mastics de calfeutrement doivent résister au vieillissement, aux intempéries et aux cycles traction/compression pendant de longues années.

Les meilleurs à cet égard sont les mastics à hautes performances : silicones, polyuréthanes et polysulfures.

Les oléorésineux et butyles sont inférieurs. Les acryliques sont intermédiaires.

2.3.5 Résistance aux cycles gel-dégel

Ces cycles sont éprouvants pour les joints situés dans des régions à fortes amplitudes climatiques : montagnes, climats continentaux. Il existe des méthodes d'essais non normalisées.

2.3.6 Résistance aux moisissures

Les mastics qui sont soumis constamment à l'eau et à l'humidité peuvent se couvrir au bout de quelques années de moisissures et doivent donc être traités antimoisissures.

2.4 Choix d'un mastic de calfeutrement

L'encadré suivant recense les trente questions et caractéristiques à considérer, dans l'ordre logique, pour le choix d'un mastic. Aucune ne doit être sous-estimée si on veut assurer une bonne tenue des ouvrages et la conformité aux exigences.

Choix d'un mastic/produit de calfeutrement

1 – Conception et dimensionnement du joint :

- coefficients de dilatation des matériaux/constituants à jointoyer ;
- mouvements prévisibles du joint (thermiques, humidité...) ;
- choix du type de mastic compatible avec de tels mouvements (élastomère ou plastique) ;
- autres fonctions du joint (coupe-feu, antivibration...) ;
- largeur, profondeur et forme du joint, *prévues par l'architecte* ;
- joint protégé de la pluie et des intempéries ou non, joint à 1 ou à 2 étages ;
- largeur et profondeur *calculées* compte tenu des mouvements prévisibles ;
- compatibilité de la largeur du joint prévue par l'architecte avec la largeur calculée ci-dessus.

2 – Caractéristiques mécaniques requises pour le produit de calfeutrement :

- allongement requis, compte tenu des mouvements prévisibles ;
- reprise élastique ;
- élongation maximale de service ;
- tenue aux cycles extension-compression ;
- résistance à la compression ;
- en conclusion de ce qui précède, confirmation du classement SNJF requis, ou adéquation à d'autres normes, choix entre mastic et profilés ;
- dureté, résistance à l'abrasion si joint de sols.

3 – Caractéristiques physico-chimiques :

- adhésivité sur les supports/matériaux ;
- couleur désirée ;
- retrait éventuel (le joint tolérera-t-il un retrait éventuel du mastic ?).

4 – Durabilité :

- durabilité exigée en années ;
 - température mini/maxi de service, ensoleillement ;
 - résistance aux cycles froid-chaleur, gel-dégel ;
 - résistance à l'eau ;
 - résistance à l'oxydation, aux UV ;
 - accessibilité (la réfection du joint sera-t-elle possible ?)
- Après toutes ces questions on peut finaliser le choix du mastic de calfeutrement en précisant toutes les performances requises, dans un cahier des charges détaillé.

5 – Caractéristiques de mise en œuvre :

- température et humidité lors de la mise en œuvre ;
- combien de temps sera nécessaire et disponible pour application hors poussière et réticulation ?
- accessibilité du joint ;
- fond de joint, ruban antiadhérent sur 3^e côté ;
- préparation de surface, un primaire est-il nécessaire ?
- joint vertical ou horizontal, résistance à la coulure, extrudabilité, échafaudage ;
- surpeinture, autres exigences d'aspect.

6 – Coût :

- consommation au mètre linéaire ;
- prix à la cartouche, coût de la préparation ; ...
- volume total à appliquer sur le chantier considéré, coût total main-d'œuvre comprise.

2.5 Réglementation française

2.5.1 Règles professionnelles concernant l'utilisation des mastics pour l'étanchéité des joints

Dès les années 1970 a été publiée la 1^{re} édition des recommandations professionnelles concernant l'utilisation des mastics pour l'étanchéité des joints, avec les toutes premières normes (NF P 30-303).

Puis le SNJF (Syndicat National des Joints et Façades) a édité en septembre 1989 les « Règles professionnelles concernant l'utilisation des mastics pour l'étanchéité des joints ».

Ces règles sont considérées comme des règles de l'art par les assurances, les organismes de contrôle et les professionnels de la construction.

En 2001, ces règles professionnelles ont été refondues sous la forme d'un DTU 44-1, qui reprend ces règles professionnelles, tout en citant les dernières normes de spécifications et d'essais que nous allons voir ci-après. Ce DTU a été aussi érigé en norme française NF P 85-210, en attendant des normes européennes de conception et de mise en œuvre, qui sont en préparation.

2.5.2 Normes d'essais

On doit aussi au SNJF d'avoir élaboré les projets de normes d'essais qui ont fait l'objet d'une normalisation par l'AFNOR dans les séries NF P 85-500 et NF P 30-303. Il s'agit d'essais d'adhérence ou d'allongement, avant et après vieillissement, permettant de fixer des critères de classement en fonction des emplois visés par les recommandations professionnelles.

Puis, au cours des quinze dernières années, une quinzaine de normes européennes CEN et internationales ISO ont été publiées, dont certaines reprennent des normes françaises existantes de la série P 85-500, et nous avons répertorié toutes ces normes existantes en [Doc. C 3 664].

La norme la plus importante à connaître est la norme NF P 85-305 qui fournit les spécifications des mastics utilisés pour le calfeutrement étanche des joints (cf. tableau 7).

D'autres normes européennes ou internationales d'essais et de spécifications, telle le projet de norme ISO 11600-F sont en cours d'étude et devraient sortir prochainement.

Mais pour le moment, en France, seuls sont valables les documents normatifs français cités ci-dessus.

2.5.3 Label SNJF concernant les mastics d'étanchéité

Le SNJF créait en 1975 le **Label SNJF**, délivré aux fabricants dont les produits répondent aux spécifications des mastics utilisés pour l'objet de contrôles permanents en usine.

En 1983, la consécration officielle du Label SNJF comme « *certificat de qualification* » en vertu de la loi de 1978 sur la protection des consommateurs — concrétisée par la lettre **A** qui accompagne désormais le sigle Label SNJF — a entraîné une très large participation des fabricants de mastics français et européens.

Le certificat de qualification **Label SNJF** porte sur deux grandes séries de produits : les produits de calfeutrement et compléments d'étanchéité pour éléments de construction (mastics du type élastomère, mastics du type plastique et mastics cordons préformés) et les produits de calfeutrement de vitrage (mastics de bourrage oléoplastique-classe A, mastics obturateurs du type élastique, mastics obturateurs du type plastique, mastics en bandes préformées, fonds de joints pour obturateurs, et mastics pour collage de vitrage).

extérieur collé. Pour chaque produit sont indiqués les couleurs disponibles, le nombre de composants, la famille et les supports sur lesquels il s'applique (avec ou sans primaire).

2.5.4 Label SNJF-Entreprise

L'Organisme professionnel de qualification et de classification du bâtiment (OPQCB) a reçu délégation d'attribuer à des entreprises qui en font la demande des qualifications correspondant à leur branche d'activité.

En ce qui concerne l'étanchéité verticale, il s'agit des qualifications 341 (calfeutrement de joints de construction), 342 (imperméabilisation de façades) et 343 (étanchéité des façades), contenues dans le chapitre 34 « *Calfeutrement et protection des façades* » de la nouvelle nomenclature OPQCB « **Qualité Bâtiment** ».

De plus, après avoir créé le Label-produits SNJF qui régleme les niveaux de performances des mastics, le Syndicat National des Joints et Façades a décidé de mettre en place un **Label-Entreprise** qui concerne, quant à lui, la professionnalité des applicateurs.

Une entreprise détentrice du Label SNJF s'engage en premier lieu à **respecter les règles et recommandations professionnelles**.

En second lieu, l'entreprise s'engage à **utiliser des produits conformes aux spécifications**.

En troisième lieu – et cette condition est souvent la plus contraignante – l'entreprise s'engage à **former ou à faire former aux pratiques professionnelles et aux règles de l'art 20 % de son personnel tous les ans**.

Enfin, le candidat **doit accepter des contrôles inopinés** par un spécialiste sur n'importe lequel de ses chantiers.

2.5.5 Normes étrangères

Nous avons répertorié en [Doc. C 3 664] un certain nombre de normes américaines (ASTM), britanniques (BS) ou allemandes (DIN), à titre informatif uniquement puisqu'elles n'ont aucune valeur réglementaire en France.

Mais ces normes sont parfois très intéressantes, comme par exemple certaines normes américaines concernant des domaines où les USA sont en avance techniquement sur l'Europe, tels le verre extérieur collé ou les immeubles de grande hauteur. De plus, les USA ont établi beaucoup de normes d'essais et de spécifications, et le lecteur qui cherche à se documenter pourra en tirer profit ainsi que les chercheurs, concepteurs et techniciens qui cherchent des méthodes d'essais, par exemple pour établir des cahiers de charges spécifiques, ainsi que les organismes normalisateurs européens.

2.5.6 Documents normatifs concernant les travaux de miroiterie-vitrage

Ici aussi il existe plusieurs éléments : le DTU 39 de février 1987, toujours valable en 2001, lui aussi érigé en norme française AFNOR DTU P 78-201, qui se réfère à toute une série de normes d'essais et de spécifications.

2.5.7 Autres documents normatifs

Nous avons recensé en [Doc. C 3 664] tous les DTU existants qui parlent à un moment ou à un autre de règles concernant l'étanchéité des joints et que nos lecteurs doivent donc aussi connaître. En [C 3 663], nous en avons extrait les paragraphes qui parlent de notre sujet, mais qu'il faut remettre dans le contexte complet du DTU.

2.5.8 Autres lois et règlements

En plus de tout ce qui précède, il existe divers règlements spécifiques qui portent, par exemple, sur la réglementation feu, sur la passation des marchés, sur les immeubles de grande hauteur, etc.

C'est donc avec tout cet ensemble de textes et documents normatifs que nos lecteurs devront étudier leurs problèmes de joints.