

# Calfeutrement des joints dans le bâtiment. Mise en œuvre

par **Philippe COGNARD**

*Expert auprès des tribunaux*

*Ancien Directeur Marketing de la société ATO FINDLEY*

<b>1. Calcul et dimensionnement des joints .....</b>	<b>C 3 662 - 2</b>
1.1 Forme des joints .....	— 2
1.2 Calcul de la largeur des joints .....	— 2
1.3 Cas simple : joint entre deux panneaux de béton .....	— 2
1.3.1 Généralités .....	— 2
1.3.2 Variation de dimensions des éléments en fonction de la température .....	— 2
1.3.3 Détermination de la largeur minimale du joint.....	— 3
1.4 Joint entre deux parois de natures différentes.....	— 4
1.5 Répartition des contraintes et incidence sur la forme des joints .....	— 6
1.6 Déformation superficielle des joints .....	— 7
1.7 Profondeur des joints .....	— 8
1.8 Nécessité d'adhérer seulement sur deux faces .....	— 9
<b>2. Contraintes de chantier .....</b>	<b>— 9</b>
<b>3. Vérifications préalables à l'application .....</b>	<b>— 10</b>
3.1 Supports et leur préparation .....	— 10
3.2 Choix de la période adaptée pour l'application des mastics .....	— 10
3.3 Primaire et fond de joint.....	— 10
<b>4. Réalisation des calfeutrements .....</b>	<b>— 10</b>
<b>5. Rénovation des joints anciens .....</b>	<b>— 13</b>
5.1 Diagnostic de l'état d'un joint.....	— 13
5.2 Problèmes particuliers posés par la réfection.....	— 13
5.3 Recalibrage du joint.....	— 13
<b>6. Mise en œuvre des autres produits (profilés, couvre-joints) .....</b>	<b>— 14</b>
6.1 Profilés de façade .....	— 14
6.2 Profilés d'hubriserie .....	— 14
6.3 Couvre-joints.....	— 14
6.4 Garnitures en mousses imprégnées ou enrobées.....	— 14
<b>Pour en savoir plus.....</b>	<b>Doc. C 3 664</b>

**L**a mise en œuvre de joints consiste d'abord à dimensionner, effectuer des vérifications préalables avant de réaliser le calfeutrement.

Le calcul de la largeur des joints nécessite de connaître les variations dimensionnelles auxquelles il peut être soumis. La profondeur du joint doit rester inférieure à sa largeur pour éviter des déformations superficielles trop importantes.

Avant d'effectuer le calfeutrement sur le chantier, il faut tenir compte de certaines contraintes de chantier (qualification, délais, période de pose, etc.) et de la classe d'exposition des joints aux pluies. La réalisation du calfeutrement se fait en une quinzaine d'étapes : de la vérification de l'état des supports à la

*finition des mastics en passant par le choix, le remplissage et le serrage du mastic. Les mastics anciens ne durent que quelques années, il convient de les rénover ou de les recalibrer.*

*Cet article traite de la mise en œuvre des produits de calfeutrement.*

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

- [C 3 660] - *Généralités* ;
- [C 3 661] - *Produits* ;
- [C 3 663] - *Applications* ;
- [Doc. C 3 664] - *Pour en savoir plus*.

## 1. Calcul et dimensionnement des joints

L'architecte ou le bureau d'études impose trois choses :

- les dimensions et la forme de l'ouvrage et des divers constituants (panneaux, menuiseries, ossature, fixations) ;
- la nature des matériaux, ce qui implique certaines variations dimensionnelles ;
- la forme des joints aussi en partie car elle dépend de la forme des constituants et de leurs surfaces en contact.

À partir de cela, le concepteur des joints fait ses calculs de dimensionnement et choisit le type de mastic.

### 1.1 Forme des joints

Outre les formes représentées en [C 3 660], figures 5 à 8, on trouve d'autres formes de joints (figure 1).

Les joints peuvent être de section rectangulaire, trapézoïdale ou triangulaire.

Les joints rectangulaires (amincis au centre) sont ceux les plus fréquemment utilisés en construction, et pour simplifier notre étude nous nous limiterons au cas des **joints rectangulaires simples**.

### 1.2 Calcul de la largeur des joints

Nous avons étudié en [C 3 660], § 1.5 les différents mouvements des joints, dus à diverses causes : variations dimensionnelles des matériaux aux changements de température et aux changements d'humidité, charges actives et vent.

Compte tenu de ces mouvements, le concepteur des joints doit :

- calculer les mouvements maximaux du joint ;
- choisir le type de mastic compatible avec de tels mouvements (plastique ou élastomère) ;
- dimensionner le joint de façon que le mastic ne soit pas sollicité plus que ses limites de résistance mécanique et d'élasticité ne le permettent ;
- déterminer la profondeur du mastic, qui est calculée par rapport à la largeur du joint de façon à réduire le plus possible les contraintes dans le mastic et à sa surface.

Nous donnons ci-dessous quelques exemples de dimensionnements. D'autres considérations seront indiquées dans les applications en [C 3 663].

### 1.3 Cas simple : joint entre deux panneaux de béton

Dans ce cas, il y a déformation longitudinale et transversale, extension, compression et cisaillement du joint en fonction des variations dimensionnelles du béton (cf. [C 3 660], figure 10).

Pour simplifier, on a considéré ici qu'il n'y a qu'une **variation thermique**, alors qu'en fait les dimensions des panneaux de béton varient aussi en fonction de l'humidité et de son retrait.

#### 1.3.1 Généralités

Les tolérances de fabrication et de pose, les mouvements prévisibles du joint, ainsi que le dimensionnement du joint sont définis par les Documents Particuliers du Marché (DPM).

Nous donnons ci-après quelques éléments de calcul couramment utilisés pour l'approche d'un cas simple : celui des éléments non composites librement dilatables soumis aux sollicitations thermiques. Il demeure entendu que les cales, les fixations ou isolants incorporés dans des panneaux influent sur les mouvements prévisibles des éléments étudiés.

La conception d'un joint est fonction des dimensions nominales des éléments de construction telles que prévues sur le plan. La **largeur nominale d'un joint** est celle qui résulte de l'étude de conception par opposition aux dimensions (**largeur initiale**) réelles qui découlent des tolérances de fabrication et de mise en œuvre des panneaux, ainsi que de la température des supports au moment du calfeutrement.

La largeur nominale du joint est déterminée de telle façon que les mouvements prévisibles du joint puissent être suivis par le mastic dans les limites de ses capacités de déformation.

Il s'ensuit que le mastic est choisi en fonction :

- de la classe d'exposition ;
- des sollicitations à supporter ;
- de son classement.

On appelle **mouvement en service** d'un joint toute modification de ses dimensions résultant des traction/compression et/ou cisaillements qu'il subit.

#### 1.3.2 Variation de dimensions des éléments en fonction de la température

L'appréciation de la variation des dimensions des éléments se fait sur la largeur déformable de ces éléments (la hauteur déformable n'intervenant pas puisque les deux panneaux en béton subissent les mêmes déformations) en tenant compte de l'incidence de la température de surface hiver/été et du coefficient de dilatation des éléments.

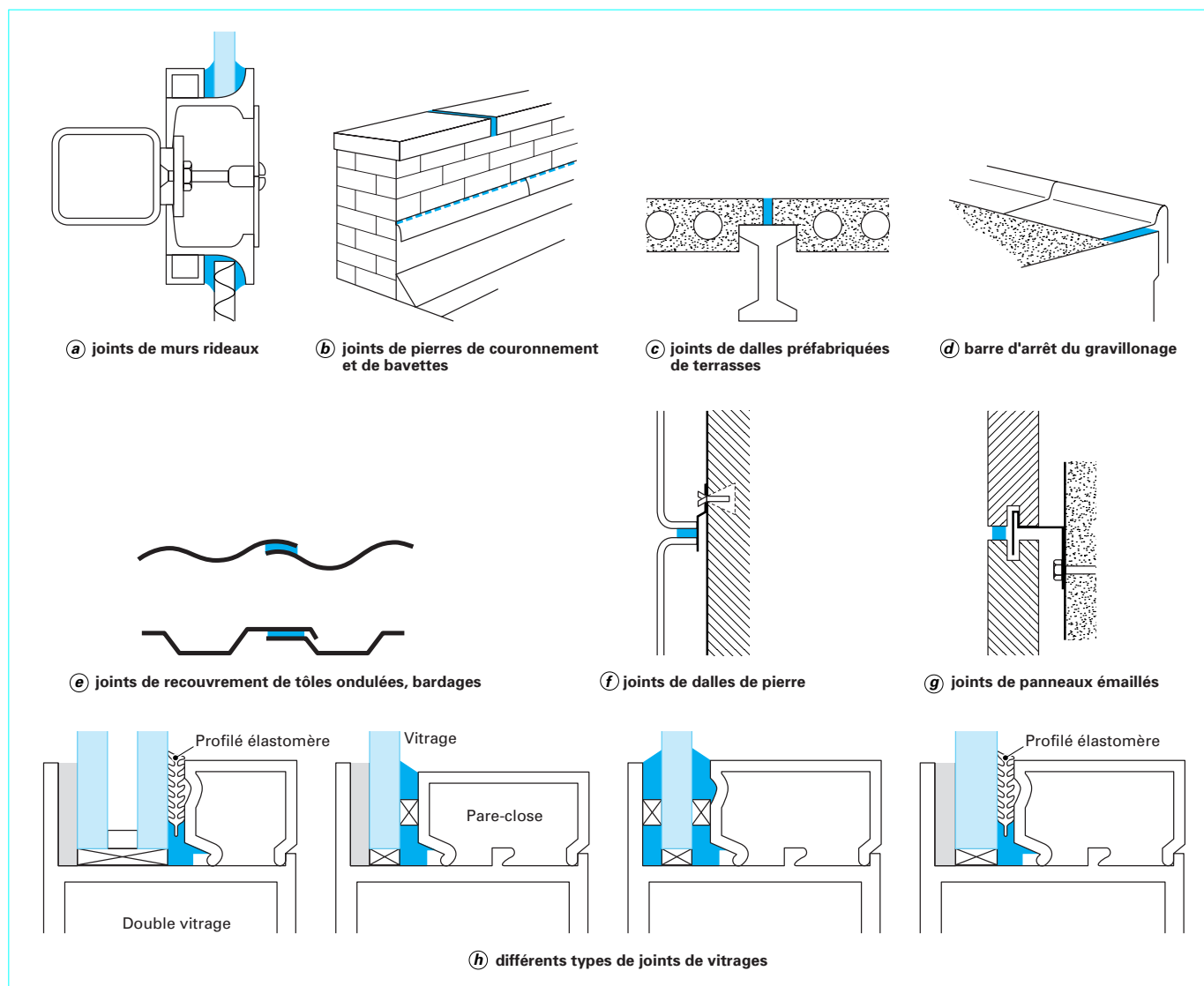


Figure 1 – Différents types de joints du bâtiment

La variation de dimensions des éléments  $M_{th}$  causée par la température se calcule par la formule :

$$M_{th} = \alpha (T_e - T_h) L_d$$

avec  $\alpha$  coefficient de dilatation thermique du support (tableau 1),

$T_h$  température de surface hiver,

$T_e$  température de surface été,

$L_d$  largeur déformable du support béton.

#### Exemple

Coefficient de dilatation du support béton :  $\alpha = 10 \times 10^{-6}$

Température de surface hiver :  $-10\text{ °C}$

Température de surface été :  $70\text{ °C}$

Largeur déformable : 5 000 mm

$$M_{th} = 10 \cdot 10^{-6} [+ 70 - (-10)] \times 5\,000 = 4\text{ mm}$$

### 1.3.3 Détermination de la largeur minimale du joint

La largeur minimale initiale du joint  $L_{min}$  est déterminée de façon telle que la déformation totale en service  $D$  du mastic (égale à celle du support béton  $M_{th}$ ) ne dépasse pas l'amplitude de déformation maximale  $A$  admis par le type de matériau, soit :

$$L_{min} = \frac{D \times 100}{A}$$

L'amplitude de déformation maximale  $A$  des joints en traction/compression est indiquée en fonction de la valeur initiale (cf. [C 3 660], tableau 6) :

— mastic du type élastomère :

- 1<sup>re</sup> catégorie :  $\leq 25\%$ ,
- 2<sup>e</sup> catégorie :  $\leq 12,5\%$  ;

— mastic du type plastique :

- 1<sup>re</sup> catégorie :  $\leq 12,5\%$ ,
- 2<sup>e</sup> catégorie :  $\leq 7,5\%$ .

Tableau 1 – Coefficients de dilatation thermique

Matériaux	Coefficient $\alpha$ ( $^{\circ}\text{C}^{-1}$ )
<b>Matériaux à liant de ciment</b>	
Béton de gravier .....	$10 \times 10^{-6}$
Mortier de ciment.....	$8 \text{ à } 11 \times 10^{-6}$
Mortier bâtard.....	$9 \times 10^{-6}$
Béton cellulaire.....	$11 \times 10^{-6}$
Carreaux.....	$6 \times 10^{-6}$
Briques .....	$5 \text{ à } 6 \times 10^{-6}$
Briques silico-calcaires .....	$8 \text{ à } 9 \times 10^{-6}$
<b>Pierres naturelles</b>	
Basalte.....	$9 \times 10^{-6}$
Dolomie.....	$7,3 \times 10^{-6}$
Granit.....	$8 \times 10^{-6}$
Roche calcaire.....	$7 \times 10^{-6}$
Porphyre quartzifère .....	$12 \times 10^{-6}$
Travertin.....	$6,6 \times 10^{-6}$
<b>Autres matériaux de construction</b>	
Fer/acier.....	$11,5 \times 10^{-6}$
Acier au chrome-nickel .....	$10,8 \times 10^{-6}$
Zinc.....	$36 \times 10^{-6}$
Aluminium .....	$23,8 \times 10^{-6}$
Cuivre .....	$16,5 \times 10^{-6}$
Laiton.....	$18,6 \times 10^{-6}$
PVC .....	$80 \times 10^{-6}$
Panneaux de résine acrylique transparents.....	$80 \times 10^{-6}$
Verre.....	$8 \times 10^{-6}$

**Exemple**

Mouvement total dans le cas précédent : 4 mm

Mastic élastomère de 1<sup>re</sup> catégorie : amplitude de déformation maximale : 25 %

Largeur minimale initiale du joint  $L_{\min} = \frac{4 \times 100}{25} = 16 \text{ mm}$

Les courbes des figures 2 et 3 fournissent les largeurs minimales initiales des joints en fonction de la longueur des éléments et de la nature des matériaux.

## 1.4 Joint entre deux parois de natures différentes

Nous avons pris ici un exemple plus complexe : il s'agit d'un joint entre un mur de maçonnerie traditionnelle de briques et un mur-rideau en menuiserie métallique (profilés d'aluminium), comme par exemple, dans un bâtiment moderne, un patio ou une véranda de grande hauteur accolé à un mur traditionnel.

Les comportements des deux éléments sont très différents en fonction des variations de température et d'humidité. Les coefficients de dilatation, sont également différents. Les mouvements verticaux différents des deux parois entraînent un allongement en diagonale du mastic ; le calcul devient alors plus complexe et le choix des mastics de calfeutrement plus exigeant.

Nous avons considéré ici un joint de 7,3 m de hauteur (figure 4). Un immeuble de grande hauteur exigerait d'autres dispositifs pour fractionner la façade en un certain nombre d'éléments indépendants afin de limiter la largeur des joints.

Les **données de base** sont les suivantes :

— tous les mouvements thermiques se produiront au sommet des deux murs ;

— le mur de maçonnerie étant construit avant, le mur rideau pourra être monté à n'importe quelle température ;

— les tolérances de construction sont de  $\pm 3 \text{ mm}$  pour l'extrémité du mur de briques  $C_b$ . Comme le mur rideau sera monté sur le mur de briques, la tolérance sur l'emplacement de l'extrémité du mur rideau  $C_a$  sera aussi  $\pm 3 \text{ mm}$  ;

— température la plus froide de l'air  $T_h = -16^{\circ}\text{C}$  ;

— température la plus élevée de l'air  $T_e = +33^{\circ}\text{C}$  ;

— coefficient d'absorption solaire brique  $S_b = 0,65 \text{ à } 0,85$  ;

— coefficient d'absorption solaire aluminium  $S_a = 0,60$  ;

— mouvement dû aux variations d'humidité  $M_i = 0,02 \text{ à } 0,07 \%$  ;

— coefficient de dilatation thermique brique  $\alpha_1 = 65 \times 10^{-7}^{\circ}\text{C}$  ;

— coefficient dilatation thermique aluminium  $\alpha_2 = 238 \times 10^{-7}^{\circ}\text{C}$ .

Le mouvement thermique du mastic d'étanchéité a une composante verticale et une composante horizontale :

— la composante horizontale est une **compression** ou une **extension** ;

— la composante verticale donne un effet de **cisaillement** longitudinal : c'est le mouvement différentiel qui se produit du fait de l'allongement ou du retrait de la hauteur des deux murs (7,3 m) en raison de leurs températures de surface et de leurs coefficients de dilatation thermique différents et de la variation d'humidité du mur de briques.

### ■ Mouvement thermique du mur de briques

La température superficielle maximale du mur de briques est :

$$T_{eb} = T_e + 42 S_b = 33 + 42 \times 0,85 \\ = 69^{\circ}\text{C}$$

La différence maximale de température est :

$$\Delta T = T_{eb} - T_h = [69 - (-16)] = 85^{\circ}\text{C}$$

Le mouvement thermique horizontal est donné par :

$$L_t = 3,65 \times 1\,000 \times 85 \times 65 \times 10^{-7} \\ = 2,02 \text{ mm}$$

Le mouvement thermique vertical est donné par :

$$L_t = 7,30 \times 1\,000 \times 85 \times 65 \times 10^{-7} \times 1,22 = 4,9 \text{ mm}$$

Le coefficient 1,22 est donné expérimentalement comme la différence de dilatation des briques extrudées dans la direction verticale comparée à la direction horizontale.

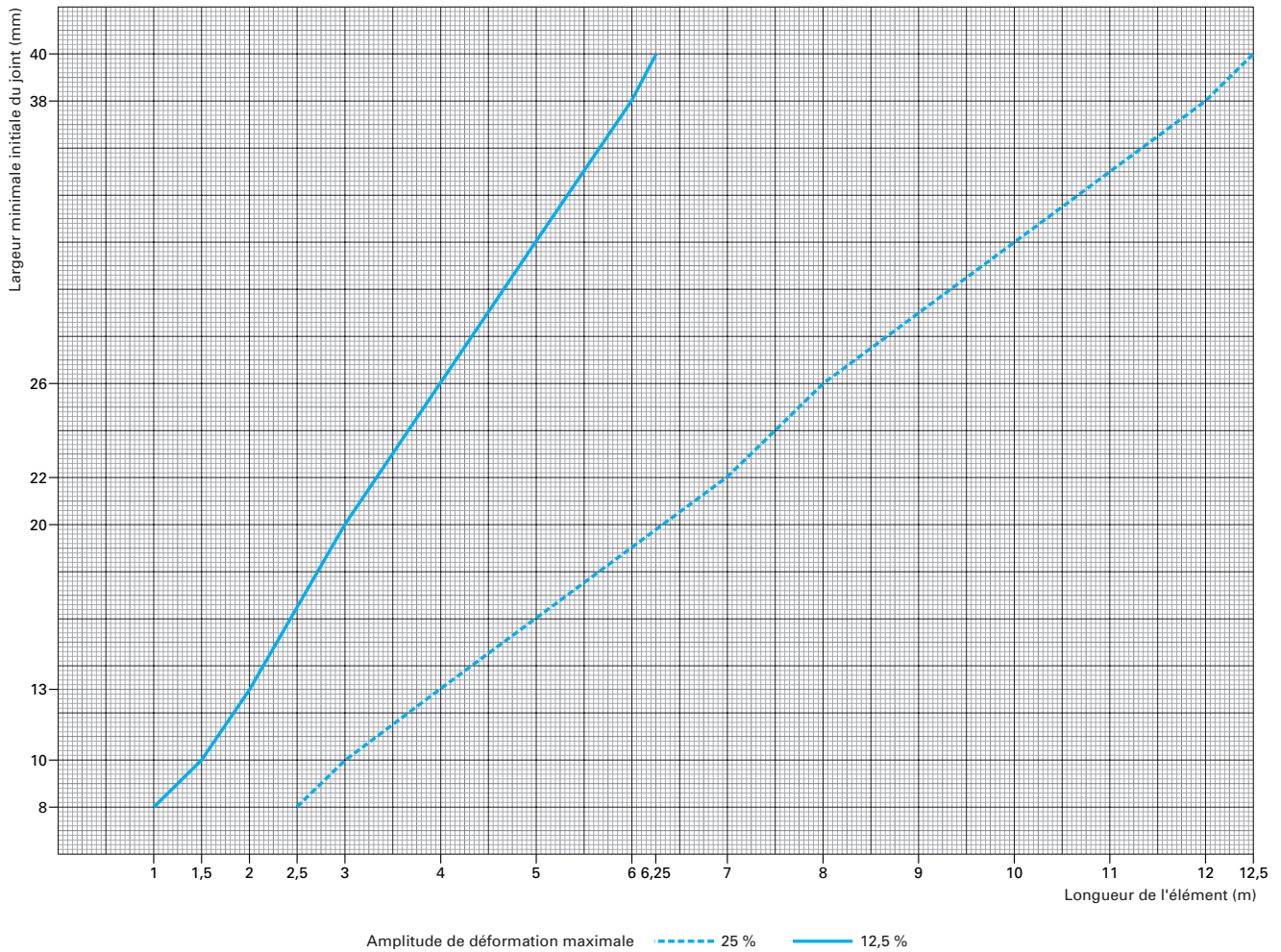
### ■ Mouvement thermique des profilés aluminium verticaux

Les températures superficielles extrêmes sont :

$$T_h = -16^{\circ}\text{C} \text{ et } T_{ea} = 67^{\circ}\text{C} \text{ et } \Delta T = 83^{\circ}\text{C}$$

Les mouvements thermiques verticaux sont donc :

$$L_t = 7,30 \times 1\,000 \times 83 \times 238 \times 10^{-7} = 14,5 \text{ mm}$$



**Figure 2 – Largeur minimale initiale de joints en préfabrication lourde** (panneaux de béton)

#### ■ Effet du mouvement irréversible dû à l'humidité pour les briques

Il est donné par l'équation :

$$L_m = (M_i / 100) L$$

avec  $L_m$  variation dimensionnelle due à l'humidité,  
 $M_i$  (%) mouvement irréversible dû à l'humidité,  
 $L$  dimension du panneau de briques

soit horizontalement  $L_m = \frac{0,07}{100} \times 3,65 \times 1000 = 2,56 \text{ mm}$

et verticalement  $L_m = \frac{0,07}{100} \times 7,30 \times 1000 = 5,12 \text{ mm}$

#### ■ Largeur du joint nécessaire pour accommoder le mouvement thermique horizontal du mur de briques

Supposons que l'on utilise ici le mastic à 40 % seulement de sa capacité de mouvement par sécurité, la largeur est donnée par l'équation :

$$L_h = \frac{L_t}{B}$$

avec  $L_t$  changement de dimension horizontale dû au mouvement thermique,

$B$  taux de travail du mastic.

$$\text{Ici } L_h = \frac{2,02}{0,40} = 5,05 \text{ mm}$$

#### ■ Largeur du joint nécessaire pour accommoder la composante verticale du mouvement thermique et le mouvement vertical irréversible des briques dû à l'humidité

Le mouvement thermique vertical net est la différence entre les mouvements thermiques des deux matériaux, soit :

$$14,5 - 4,9 = 9,6 \text{ mm}$$

À cette valeur il faut ajouter l'expansion irréversible des briques :

$$9,6 + 5,12 = 14,72 \text{ mm}$$

Le mouvement vertical total provoque un allongement en diagonale du mastic.

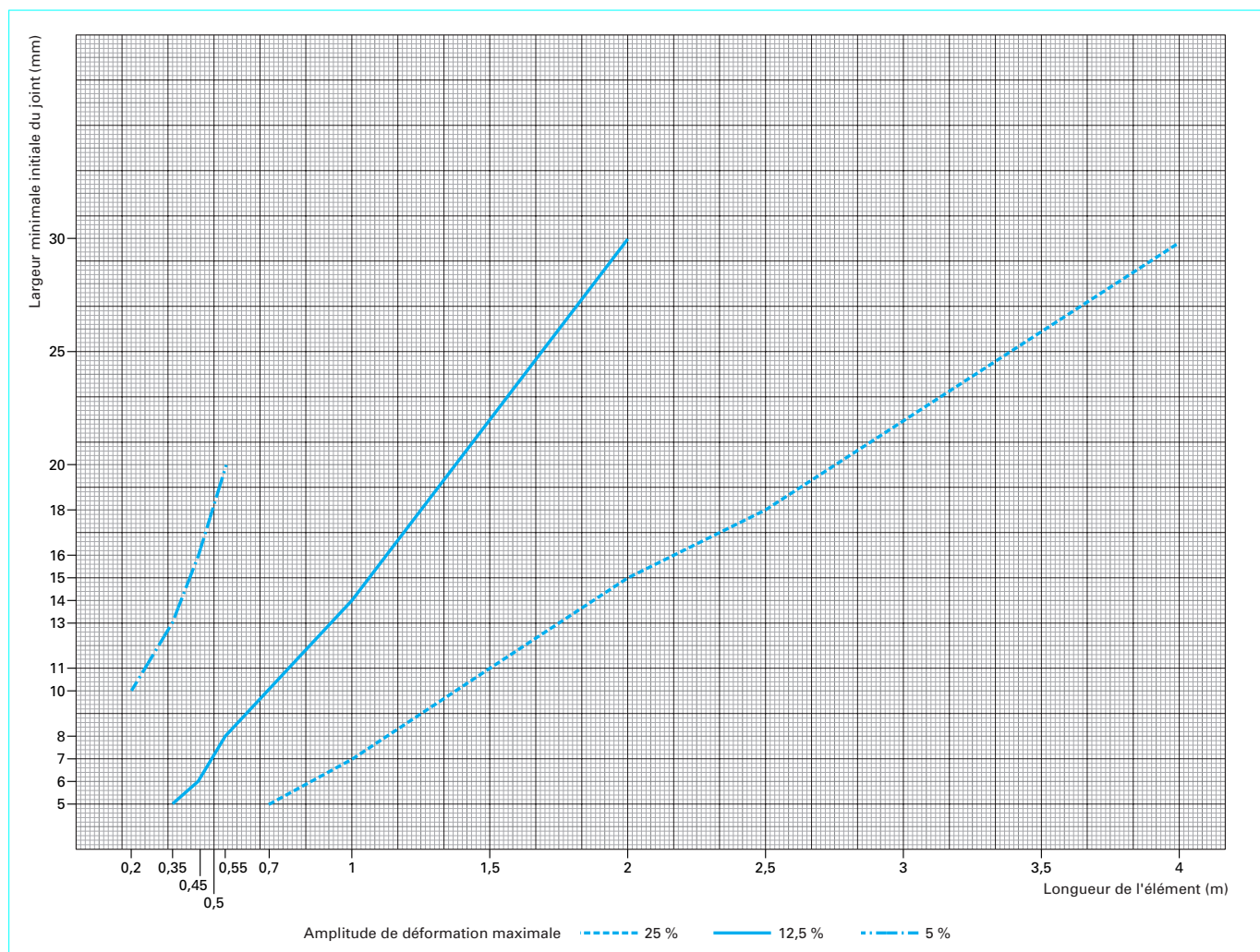


Figure 3 – Largeur minimale initiale de joints en préfabrication légère (cas de l'aluminium)

Pour ne pas excéder les 40 % de taux de travail, la diagonale du joint après mouvement ne doit pas excéder de plus de 40 % la largeur du joint au repos  $X$ .

On a donc :

$$X^2 + Y^2 = (1,4 X)^2$$

$$L_v = X = \sqrt{Y^2 / 0,96} = \sqrt{(14,7)^2 / 0,96} = 15 \text{ mm}$$

La **largeur du joint** est finalement calculée en utilisant l'équation :

$$L = L_v + L_h + L_m + C_a + C_b$$

- avec  $L_v$  largeur du joint requise pour le mouvement vertical,  
 $L_h$  largeur du joint requise pour le mouvement thermique horizontal du mur de briques,  
 $L_m$  changement de dimension horizontal dû aux mouvements du mur de briques résultant de l'humidité,  
 $C_a$  tolérance de construction pour la partie aluminium,  
 $C_b$  tolérance de construction pour la partie brique.

$$L = 15 + 5,05 + 2,56 + 3 + 3 = 29 \text{ mm}$$

Ensuite on devra calculer la profondeur du joint correspondante.

Nous étudions au paragraphe 1.7 les règles concernant la profondeur des joints.

## 1.5 Répartition des contraintes et incidence sur la forme des joints

Chaque forme de joint entraîne des répartitions différentes des contraintes comme le montre la figure 5.

Les contraintes les plus importantes se trouvant au niveau des angles de raccordement et pouvant atteindre des valeurs 2 à 4 fois supérieures à celles dans l'intérieur du mastic.

Pour la même extension, les joints profonds donnent des contraintes et des déformations beaucoup plus élevées, et c'est pour cette raison que les joints doivent toujours avoir une profondeur inférieure à la largeur (figure 6).

Il faut veiller à ce que les contraintes aux angles de raccordement ne puissent jamais dépasser la valeur de l'adhérence du mastic sur les lèvres du joint.



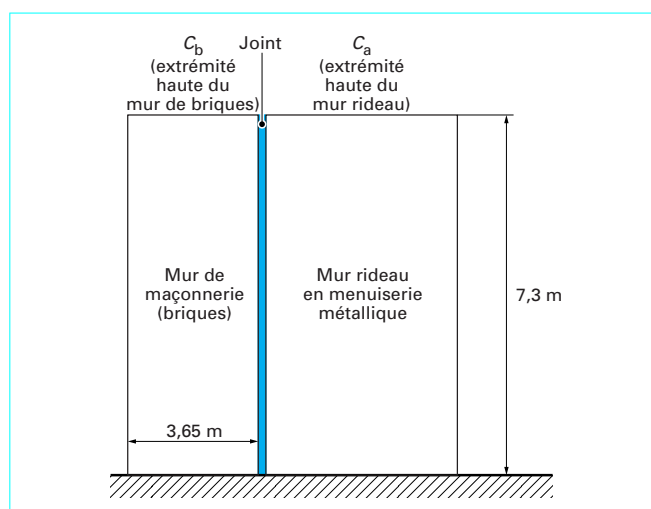


Figure 4 – Joint entre deux parois de nature différente

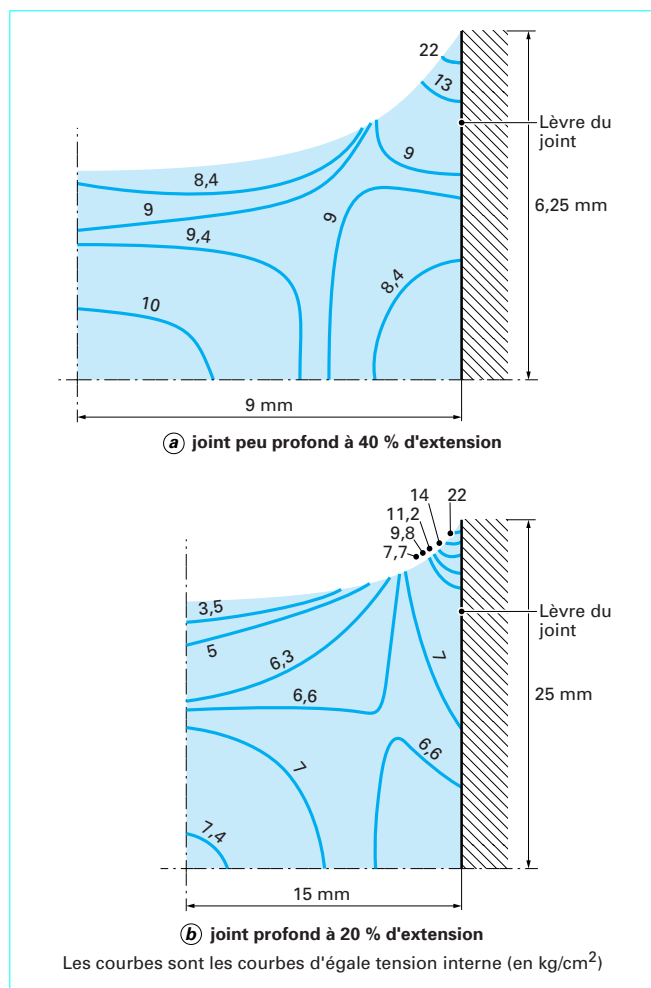


Figure 5 – Distribution inégale des tensions dans des joints rectangulaires en traction

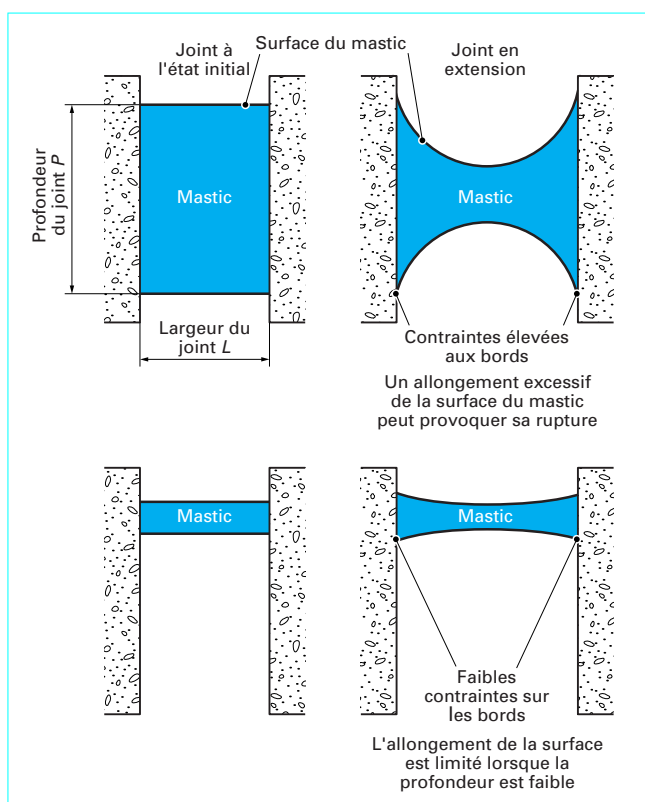


Figure 6 – Déformations de la surface du mastic en fonction de la profondeur du joint

## 1.6 Déformation superficielle des joints

Nous étudierons ici la déformation de joints rectangulaires soumis à des cycles extension – compression comme le montre la figure 7.

La variation de volume unitaire du joint est calculée en multipliant la profondeur  $P$  par la variation de largeur  $\Delta L$  donc la variation unitaire de volume (en %) est :

$$(P \Delta L / PL) 100 = (\Delta L / L) 100$$

Afin de calculer les déformations superficielles du mastic, nous assumons les données de base suivantes :

- la section du mastic est constante ;
- la déformation des surfaces se fait suivant des paraboles ;
- en passant de l'état allongé à l'état comprimé, le mastic passe par une section rectangulaire.

Les courbes de la figure 7 donnent les déformations superficielles en fonction de la largeur du joint.

Les chiffres indiqués sur les diverses courbes indiquent les rapports  $P/L$  (théoriquement, le joint casse lorsque l'extension atteint 200 % car alors les deux paraboles se touchent en leur centre).

On constate que pour tout rapport  $P/L$ , la déformation superficielle sera supérieure à la variation de largeur du joint. De plus, la déformation superficielle est beaucoup plus grande quand le rapport  $P/L$  est plus élevé.

**Exemple :** pour un joint de 12 mm de large et de 50 mm de profondeur, la déformation superficielle pour un allongement de 30 % sera de 90 %, alors que pour un joint de 12 mm de large et de 12 mm de profondeur, elle ne sera que de 35 %. Cela est illustré par la figure 7.

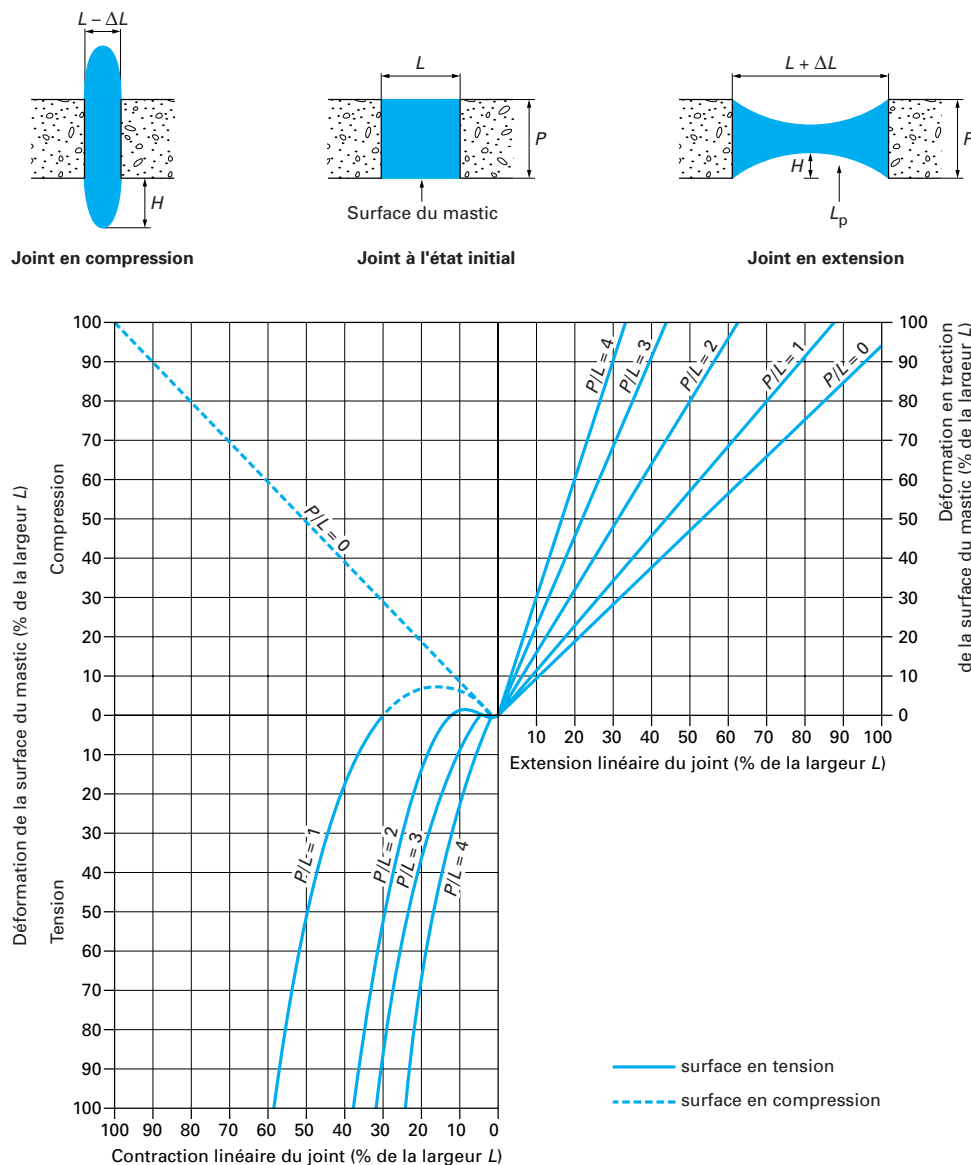


Figure 7 – Déformation superficielle du cordon de mastic soumis à des cycles extension-compression

## 1.7 Profondeur des joints

Comme on vient de le voir, la profondeur des joints doit être très inférieure à leur largeur et les règles générales sont les suivantes :

- les dimensions minimales largeur  $\times$  profondeur des joints sont de 5  $\times$  5 mm ;
- pour des largeurs de joints de 5 à 12 mm, la profondeur devra être légèrement inférieure à la largeur ;
- pour des largeurs de 12 à 25 mm, la profondeur devra être de 12 mm environ ;

— pour des largeurs supérieures à 25 mm, la profondeur sera de 12 à 18 mm selon les types de mastics et la conformation du joint, et elle devra être de préférence inférieure à la moitié de la largeur.

Les règles SNJF et le DTU 44-1 indiquent les profondeurs à respecter en fonction de la largeur et du type de mastic utilisé (cf. [C 3 663], § 2 et 3).

On règle la profondeur des joints en plaçant un **fond de joint souple** au fond du joint avant d'appliquer le mastic de calfeutrement (cf. [C 3 661], § 2.5).



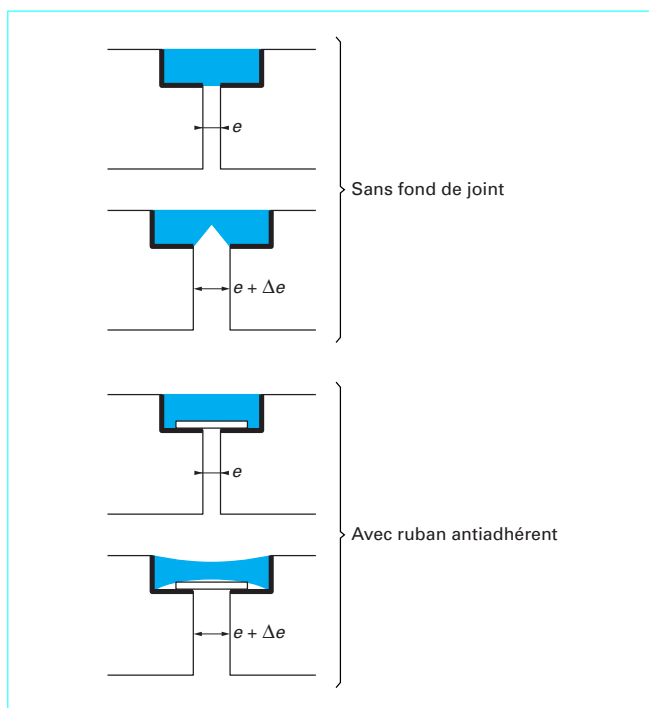


Figure 8 – Nécessité d'adhérer seulement sur deux faces

## 1.8 Nécessité d'adhérer seulement sur deux faces

Le mastic ne doit adhérer que sur deux faces afin de se déformer librement. S'il adhère sur trois faces, les contraintes seront plus élevées et il se déchirera aux endroits de plus fortes contraintes, comme le montre la figure 8.

Donc dans le cas d'un joint à trois faces, il faut donc installer un ruban anti-adhérent sur le fond du joint comme montré sur la figure 8.

## 2. Contraintes de chantier

Outre les contraintes liées au type même de calfeutrement envisagé, il s'agit de tenir compte des paramètres extérieurs suivants que l'on rencontre sur chantier.

### Qualification des applicateurs

L'application correcte en fonction des règles de l'art d'un mortier de chaux, d'un couvre-joint, d'un mastic silicone ou d'un mastic polyuréthane nécessite une expérience et une connaissance des produits et de leur mise en œuvre [voir qualifications OPQCB].

### Délais de réalisation de chantier avant (re)mise en service

Ces délais doivent être pris en compte dans le choix des produits (à vitesses de prise ou de polymérisation plus ou moins rapides) et de leur mise en œuvre (prévoir une protection intermédiaire ou durable par exemple).

### Conditions d'exécution du chantier

Il faut souligner l'importance, au moment de la réalisation des joints, de paramètres tels que les conditions atmosphériques,

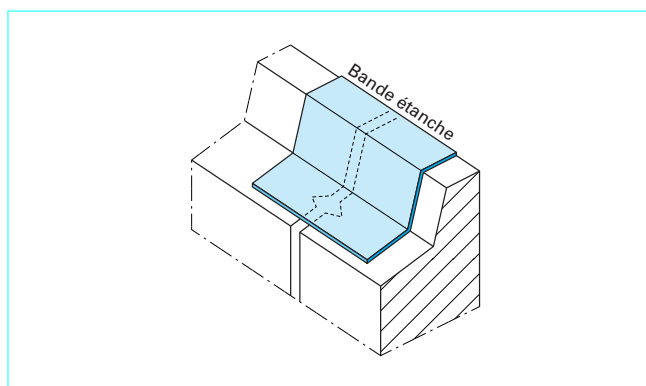


Figure 9 – Pontage horizontal

l'environnement des joints au cours du chantier (application de peinture ou sablage à proximité) qui peuvent nuire à l'aspect esthétique final ; facilité ou difficulté d'accès aux joints à réaliser.

### État des joints existants

La réalisation d'un joint neuf ou une réhabilitation de joints ne posent pas les mêmes difficultés. Dans le premier cas, il faudra veiller à la compatibilité du produit de jointoiement avec le support (poncer la laitance du béton par exemple). Dans le deuxième cas, la nature du matériau de jointoiement antérieur et l'état des lèvres de joint conditionnent la durée du travail, la préparation des lèvres du joint ainsi que le choix des produits et l'éventuelle application de primaires (cf. § 5.2).

Les règles et conseils qui suivent sont valables pour les joints de façades et également pour tous les autres travaux de joints de calfeutrement : menuiseries, vitrages.

Les **classes d'exposition des joints aux pluies** doivent être définies par les DPM « Documents Particuliers du Marché » qui pourront se référer aux DTU 36.1 « Menuiserie en Bois » (décembre 1984) et 37.1 « Menuiseries Métalliques » (mars 1984).

Dans les textes ci-après, les indications correspondent aux classes définies dans ces DTU.

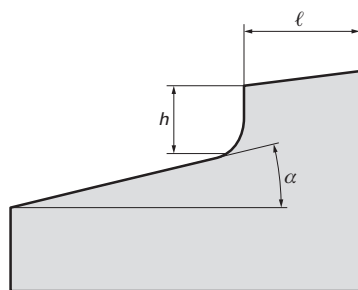
### ■ Préfabrication lourde

**Joints verticaux** : dans le cas de joints à deux étages le calfeutrement des joints verticaux est interrompu au droit des joints horizontaux ; il est donc nécessaire de ponter à la construction les joints verticaux à la hauteur du joint horizontal par une bande étanche (figure 9).

**Joints horizontaux** : le plus souvent, les joints horizontaux sont à deux étages. La garniture située à la partie haute des panneaux constitue la barrière à l'air et le complément d'étanchéité à l'eau (cf. [C 3 660], figure 6). Dans le cas où les **rejingots** ont les hauteurs minimales prévues dans le tableau de la figure 10, on considère que la retombée constitue la barrière à l'eau. Dans le cas contraire, la barrière à l'eau doit être rétablie par apport d'un matériau de calfeutrement agréé. La garniture située à la partie haute conserve son rôle de barrière à l'air et de complément d'étanchéité à l'eau. L'annexe commune des DTU 36.1 et 37.1 « Caractéristiques dimensionnelles des baies dans le gros-œuvre destinées à recevoir des menuiseries » (février 1985), fixe des dimensions minimales des rejingots des appuis en béton selon tableau de la figure 10. La hauteur « *h* » peut être augmentée en fonction des expositions.

### ■ Préfabrication légère et menuiserie extérieure

Lorsque le tracé de la sous-face d'un linteau ou de la partie basse d'une allège met la partie haute d'une menuiserie à l'abri des ruissellements, on se trouve dans le cas d'un joint à deux étages (cf. [C 3 660], figure 6).



$\ell$  largeur du reingot  
 $h$  hauteur du reingot  
 $\alpha$  angle de pente de l'appui

Les dimensions réelles pour  $\ell$ ,  $h$  et  $\tan \alpha$  doivent être supérieures aux valeurs données au tableau

	Reingot		
	Largeur minimale	Hauteur minimale	Pente minimale
En béton coulé en place <b>avant</b> pose de la menuiserie	40 mm	25 mm	0,10
Préfabriqué en béton mis en place <b>avant</b> pose de la menuiserie	30 mm	25 mm	0,08
		20 mm	0,10
En béton coulé en place <b>après</b> pose de la menuiserie	40 mm	40 mm	0,10

Le plan supérieur du reingot peut présenter une légère pente qui doit alors se présenter vers l'extérieur

Figure 10 – Dimensions minimales des reingots

En dehors de ces cas particuliers qui concernent les joints horizontaux (haut et bas), on peut considérer que la plupart des liaisons verticales, gros œuvre/menuiserie, doivent être classées joint à un étage.

## 3. Vérifications préalables à l'application

### 3.1 Supports et leur préparation

Les supports seront soit les supports de référence du certificat « Label SNJF » (cf. [C 3 660], § 1.3), soit les supports autorisés par le fournisseur (se reporter aux fiches techniques des produits).

Dans tous les cas, les supports seront :

- propres ;
- secs ;
- sains (non pulvérulents) et solides ;
- dégraissés.

Attention : les traitements de surface des supports peuvent modifier l'adhérence des mastics : adjuvants, ragréages, peintures, laques, revêtements, etc.

**Exemple** : un béton peint n'est pas un béton brut, l'aluminium anodisé se comportera différemment de l'aluminium brut etc...

Une **vérification du vide à calfeutrer** doit être réalisée avant mise en œuvre. Cela comprend :

- la vérification de la dimension correspondant aux mouvements prévus du joint ;
- la remise éventuelle aux dimensions par tronçonnage, reprofilage mécanique ou adjonction d'un profilé ;
- la reconstitution des supports et des parties peu ou mal adhérentes au support ;
- la reconstitution de la planéité des surfaces de contact du joint (cf. annexe C de la norme NF P 84-404-1 (DTU 42.1) pour les bétons et maçonneries) ;
- le temps d'attente en fonction des matériaux utilisés pour la reconstitution. Dans le cas des supports neufs, un délai de 8 jours à 3 semaines suivant le support (béton ou maçonnerie), et la saison, doit être observé avant intervention ;
- le brossage, enlèvement de toutes souillures, poussières ou matériaux obstruant le vide ;
- l'application éventuelle d'un primaire susceptible de réagir sur le fond de joint qui doit être faite avant la mise en place du fond de joint (solvant...) pour lui laisser le temps de sécher.

### 3.2 Choix de la période adaptée pour l'application des mastics

Afin que le joint ait une largeur moyenne, ni trop large, ni trop comprimée, il faut autant que possible appliquer le mastic dans une saison intermédiaire, printemps ou automne, à une température et humidité moyennes.

### 3.3 Primaires et fond de joint

Certains supports ou mastics nécessitent au préalable l'application d'un **primaire** (cf. [C 3 661], § 1.4). Pour les supports de référence du SNJF, le ou les primaires sont mentionnés sur le certificat « Label SNJF ». Pour les autres supports, le fournisseur préconise l'emploi éventuel d'un primaire dans la fiche technique de ses produits. Le primaire, sous forme liquide, est appliqué au pinceau sur les lèvres du joint afin de renforcer l'adhérence du mastic.

Le **fond de joint** (cf. [C 3 661], § 2.5) permet :

- de respecter les dimensions du joint (profondeur maximale) ;
- de contrôler la consommation du mastic ;
- de favoriser le serrage du mastic sur les lèvres du joint.

Dans certains cas, on applique sur le fond du joint un **ruban anti-adhérent** (cf. [C 3 661], § 2.6).

## 4. Réalisation des calfeutrements

Nous allons maintenant étudier chaque étape de l'application des mastics de calfeutrement.

1. **Vérification de l'état des supports** : la cohésion, la porosité, la régularité géométrique du support doivent être vérifiées. Le support doit être sec (attention aux phénomènes de condensation par temps frais et humide). Le support doit être sain, solide, non friable et propre.

2. **Conditions de stockage des mastics de calfeutrement** : ils doivent être stockés dans un local à une température entre 10 et 30 °C (ou 40 °C *maxi* dans les pays chauds). La durée de stockage des mastics polyuréthanes, thiokols, silicones monocomposants est réduite lorsque la température dépasse 25 °C. Elle sera par exemple de 1 an à 18 °C et seulement de 6 mois à ≈ 35 °C.

**3. Conditions climatiques :** il faut respecter les conditions optimales de mise en œuvre recommandées par le fournisseur, en général à une température ambiante comprise entre + 5 et + 40 °C, à l'abri de la pluie, sur support sec, par temps sec et de préférence dans des **conditions moyennes de température et d'humidité : 15 à 25 °C et 50 % HR** afin que le joint ait une largeur moyenne.

Pour la bonne adhérence des mastics, la température de surface des supports est plus significative que la température ambiante. Il peut exister plusieurs degrés d'écart entre ces températures lors de phénomènes transitoires (lever du jour après une nuit fraîche et dégagée, rayonnement solaire direct sur des supports métalliques ou de couleur sombre, orage violent, etc.).

Lorsque les températures de surface sont proches des températures limites de mise en œuvre, des précautions peuvent être prises pour les maintenir dans la plage correcte (par exemple, bâchage et chauffage du joint dans le cas de basse température). Il est appelé le risque de condensation dans ces cas.

**4. Préparation des surfaces d'adhérence :** d'une manière générale, les surfaces de contact doivent être sèches et exemptes de poussières, salissures, graisses et de toutes parties non adhérentes, etc. Un nettoyage de ces surfaces est toujours nécessaire, en respectant les recommandations du fournisseur. Il faut dépoussiérer par brossage des supports tels que pierres, enduits, maçonneries, béton, ... et éliminer les parties friables (sur les enduits et béton par exemple).

**5. Dégraissage des supports :** il faut utiliser un chiffon imbibé d'un solvant « non gras » (alcool à brûler, acétone...) compatible avec les différents supports (aluminium anodisé ou thermolaqué, acier inox, acier galvanisé, PVC...), attendre l'évaporation complète des solvants et changer fréquemment le chiffon.

**6. Cas particulier de la réhabilitation :** il faut éliminer complètement des matériaux existants pouvant nuire à l'adhérence :

- l'ancien mastic (par grattage...);
- la peinture peu ou pas adhérente ;
- un revêtement écaillé, la rouille ;
- les parties friables.

Sur dormant bois, il faut s'assurer que sa protection contre l'humidité, les moisissures est suffisante.

**7. Mise en place du fond de joint :** il faut insérer dans le joint un fond de joint de forme et de dimension adaptées sans le détériorer, en le comprimant de 20 %. Il faut respecter la profondeur d'insertion résultant du calcul de dimensionnement du joint à l'aide par exemple d'un gabarit en bois. Le positionnement du fond de joint doit se faire de la façon suivante :

- la face extérieure du fond de joint doit laisser libre la profondeur définie par le calcul de dimensionnement pour le remplissage du mastic. Dans le cas d'utilisation de fond de joint présentant une surface convexe après serrage et lissage du mastic, la profondeur sera prise au sommet de l'arc (cf. [C 3 660], figure 4) ;
- la face intérieure ne doit pas obstruer le vide de décompression éventuel dans le cas de joint à deux étages.

**8. Raccordement entre deux fonds de joint :** le raccordement de deux éléments de fond de joint ne doit donner lieu à aucun recouvrement. Les deux extrémités des éléments doivent être coupées pour que, placées bout à bout, il n'y ait ni interruption, ni boursoffure par mise en compression.

**9. Application du primaire :** le cas échéant, pour chacun des supports, il faut mettre en œuvre le primaire préconisé par le fournisseur selon ses recommandations (quantité, mode d'application, temps de séchage et mode de préparation s'il s'agit d'un produit à deux composants).

Si le primaire est susceptible de réagir sur le fond de joint, il doit être appliqué avant la mise en place du fond de joint.

Si le primaire doit être sec au moment de la mise en place du mastic, s'assurer avant de poser le fond de joint que le primaire est suffisamment sec pour ne pas être endommagé par cette opération. Si le primaire doit rester humide ou poisseux au moment de la mise en place du mastic, le fond de joint doit être posé au préalable ; dans ce cas, s'assurer de la compatibilité du primaire avec le fond de joint et de sa non-adhérence sur celui-ci.

**10. Application éventuelle de ruban adhésif de protection** de part et d'autre du joint afin de le délimiter de façon précise et esthétique.

**11. Choix du mastic pour préfabrication lourde et maçonnerie traditionnelle ou pour préfabrication légère :** un rappel est donné dans l'encadré ci-après.

**12. Remplissage du joint, matériel d'application :** il faut utiliser un pistolet mécanique ou pneumatique et mettre en place le mastic en évitant toute inclusion d'air.

Le mastic est appliqué sur fond de joint, après préparation des lèvres du joint, en une ou plusieurs passes successives selon la largeur du joint. Chaque cordon réalisé doit réellement prendre appui sur une des lèvres du joint ou sur un autre cordon de mastic frais (ou polymérisé si compatible). Pour une largeur de joint supérieure à 15 mm, il faudra au moins deux cordons de mastic juxtaposés.

Pour les joints très larges et les très grands chantiers, les mastics de calfeutrement peuvent être fournis en tonnelets de 5 à 25 kg d'où ils seront extrudés sous pression à l'aide de pompes ou de plateaux suiveurs qui pressent la surface du mastic car l'utilisation de cartouches ou même de « saucisses » de 600 ml entraînerait trop de pertes et une application lente.

La consommation et les dimensions des joints par type de mastic sont données dans les tableaux **2** et **3** pour des mastics élastomères et plastiques de première et deuxième catégories.

**Tableau 2 – Nombre théorique de mètres linéaires réalisables avec une cartouche de 310 ml pour des mastics élastomères 1<sup>re</sup> et 2<sup>e</sup> catégories**

Profondeur du joint (mm)	Largeur du joint (mm)							
	5	6	7	8	10	12	15	20
5	12,4	10,3	8,8	7,7	6,2	5,2	4,0	3,0
6	10,3	8,6	7,3	6,5	5,1	3,3	2,5	1,9
7	8,8	7,3	6,3	5,5	4,4	3,6	2,8	2,1
8	7,7	6,5	5,5	4,8	3,9	3,2	2,5	1,9
10	6,2	5,1	4,4	3,9	3,1	2,6	2,0	1,5

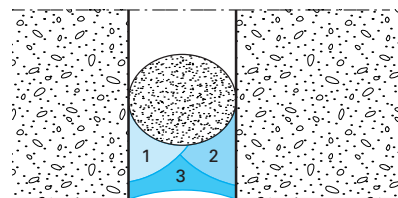
**Tableau 3 – Nombre théorique de mètres linéaires réalisables avec une cartouche de 310 ml pour des mastics plastiques 1<sup>re</sup> catégorie et 2<sup>e</sup> catégorie**

Profondeur du joint (mm)	Largeur du joint (mm)							
	5	6	7	8	10	12	15	20
8	7,7	6,5	5,5	4,8	3,9	3,2	2,5	1,9
10	6,2	5,1	4,4	3,9	3,1	2,6	2,0	1,5

13. **Serrage** : le but est de provoquer un contact maximal entre le mastic et les lèvres du joint en appliquant une pression à la surface du cordon à l'aide par exemple d'une cale de bois ou une spatule métal ou plastique trempée dans de l'eau légèrement savonneuse. Attention, un excès d'eau savonneuse peut nuire à l'adhérence du mastic.

14. **Lissage** : le but est de parfaire l'esthétique du mastic à l'aide d'un accessoire (spatule, pomme de terre tranchée) en utilisant de l'eau *légèrement* savonneuse pour éviter que le mastic adhère à l'outil.

15. **Finition** : la mise en peinture des mastics est en général déconseillée, car le film de peinture n'est pas élastique et se fissurera lors des mouvements des joints, et de plus aucune peinture n'adhère sur les silicones (cependant, les peintures adhèrent sur les mastics acryliques). Après lissage ôter les rubans adhésifs qui délimitaient le joint de mastic.



Passes successives de mastic : 1, 2, 3

Figure 11 – Application du mastic par passes successives

### Rappel sur le choix du mastic

#### 1. Préfabrication lourde et maçonnerie traditionnelle

Les joints de largeur supérieure à 40 mm ne relèvent pas du présent document et font l'objet d'études particulières (ils sont très rares dans le bâtiment).

À partir de 15 mm de largeur, le calfeutrement du joint est réalisé en deux ou plusieurs passes dont les deux premières s'appuient obligatoirement sur les lèvres du joint (figure 11).

**Joints à un étage travaillant en traction/compression et/ou cisaillement** : mastics sous forme pâteuse du type élastomère de 1<sup>re</sup> catégorie ; largeur initiale du joint minimale 8 mm, maximale 40 mm.

**Joints à deux étages travaillant en traction/compression et/ou cisaillement** : mastics sous forme pâteuse du type élastomère de 1<sup>re</sup> catégorie ou de 2<sup>e</sup> catégorie ou mastics sous forme pâteuse du type plastique de 1<sup>re</sup> catégorie ; largeur initiale du joint minimale 8 mm, maximale 40 mm.

Nota : dans le cas où l'un des éléments du joint est constitué par une chambre d'égalisation des pressions, celle-ci doit obligatoirement communiquer avec l'extérieur.

**Cas particulier des mastics en cordons préformés** utilisés pour les joints horizontaux à deux étages :

- section initiale du cordon avant mise en place circulaire, carrée ou rectangulaire (petite dimension disposée dans le sens de la largeur du joint) ;
- section minimale : 2 cm<sup>2</sup> ;
- dispositif spécial prévu dans la conception des panneaux préfabriqués lourds, par exemple système de cales, pour limiter la largeur du joint après écrasement du cordon préformé à 5 mm minimum ;
- réduction minimale d'épaisseur du cordon préformé après écrasement : 30 % de l'épaisseur initiale.

#### 2. Préfabrication légère

Cela concerne les façades rideaux, les façades panneaux, les bardages et les joints de raccordement entre les éléments précités et l'ossature.

Le paragraphe 1.5 et le paragraphe 3 de [C 3 663] définissent les rapports largeur/profondeur du joint en fonction :

- des règles de l'art ;
- des tolérances admissibles à la réalisation ;
- du minimum défini pour le type de mastic mentionné.

La largeur initiale du joint doit être déterminée en fonction des mouvements prévisibles du joint et des amplitudes de mouvements admissibles pour la catégorie de mastic dont l'emploi est envisagé.

Pour les façades légères, il a été retenu une dimension maximale de 30 mm pour tenir compte du fait que la majeure partie des joints en ce domaine est inférieure à cette dimension maximale.

Au-delà de 30 mm de largeur, ce maximum étant ramené à 20 mm pour les mastics du type plastique de 2<sup>e</sup> catégorie, la conception et l'exécution des joints ne relèvent pas du DTU 44-1 et font l'objet d'études particulières.

Dans le cas où l'un des éléments du joint est constitué par une chambre d'égalisation des pressions, celle-ci doit obligatoirement communiquer avec l'extérieur.

À partir de 15 mm de largeur, le calfeutrement du joint est réalisé en deux ou plusieurs passes dont les deux premières s'appuient obligatoirement sur les lèvres du joint (figure 11).

**Joints à un étage travaillant en traction/compression et/ou cisaillement** : mastics sous forme pâteuse du type élastomère de 1<sup>re</sup> catégorie ; largeur initiale du joint minimale 5 mm, maximale 30 mm.

**Joints à deux étages travaillant en traction/compression et/ou cisaillement** :

- mastics sous forme pâteuse du type élastomère de 1<sup>re</sup> catégorie ou de 2<sup>e</sup> catégorie ; largeur initiale du joint minimale 5 mm, maximale 30 mm ; profondeur initiale du joint minimale 5 mm, maximale 18 mm ;
- mastics sous forme pâteuse du type plastique de 1<sup>re</sup> catégorie ; largeur initiale du joint minimale 5 mm, maximale 30 mm ; profondeur initiale du joint minimale 8 mm, maximale 18 mm ;
- mastics sous forme pâteuse du type plastique de 2<sup>e</sup> catégorie ; largeur initiale du joint : minimale 10 mm, maximale 20 mm ; profondeur initiale du joint : minimale 12 mm, maximale 25 mm.

**Cas particulier des mastics en cordons préformés** utilisés pour les joints horizontaux à deux étages :

- section du joint préformé avant mise en place : circulaire, carrée, rectangulaire (la petite dimension est disposée dans le sens de la largeur du joint) ;
- dispositif spécial prévu dans la conception des panneaux préfabriqués légers, par exemple système de cales, pour limiter la largeur du joint après écrasement du cordon préformé à 5 mm minimum ;
- réduction minimale d'épaisseur du cordon préformé après écrasement : 30 % de l'épaisseur initiale ;
- section minimale du cordon : 2 cm<sup>2</sup>.

## 5. Rénovation des joints anciens

Les gros œuvres ayant une durabilité de 50 ans et plus alors que les mastics anciens ne durent que quelques années, il convient de refaire les calfeutrements de tous les immeubles anciens après 10 ans.

Nous indiquons ci-après les méthodes de réfection.

### 5.1 Diagnostic de l'état d'un joint

Le vieillissement d'un joint, réalisé conformément aux règles de l'art est essentiellement lié au vieillissement des matériaux qui le constituent (matériaux du support et du calfeutrement). Ainsi, les métaux ont-ils une tendance naturelle à se corroder spontanément à l'air, alors que les pierres présentent des porosités variables.

Les documents techniques des fabricants précisent le plus souvent ces informations dont il faut tenir compte pour l'appréciation de la durée de vie d'un joint.

Le diagnostic de l'état d'un joint situe le degré de vieillissement des matériaux vis-à-vis des fonctions du joint. Il comprend des examens *in situ* et des analyses en laboratoire.

#### ■ Prélèvement et analyse

Le prélèvement d'une partie représentative du système de jointoiment peut être réalisé par simple dégarnissage du joint ou mieux par carottage du matériau de jointoiment avec son support. Ce prélèvement doit alors être analysé en laboratoire afin de le comparer avec un échantillon témoin conforme aux exigences de durabilité du chantier.

Les caractéristiques à contrôler sont, par exemple, la dureté, la perméabilité, l'élasticité et la résistance aux agressions physiques et chimiques. L'analyse thermogravimétrique peut apporter une caractérisation du mastic. Cependant, le prélèvement par carottage crée un défaut d'étanchéité qu'il faut immédiatement compenser par la mise en place d'un système provisoire.

#### ■ Examen *in situ*

Le diagnostic le plus couramment rencontré est basé sur une analyse visuelle sur site sans prélèvement, avec simple observation du support et du système de jointoiment. Il doit inclure, d'une part, la conformité du système avec la réglementation en vigueur et les sollicitations *in situ* (dimensionnement, choix des matériaux, mise en œuvre) et, d'autre part, l'état des matériaux en présence.

Une analyse visuelle du joint doit s'intéresser aux éventuelles altérations de surface du mastic (salissures, craquelures), aux dégradations en profondeur du mastic et du support (fissures, bulles, décohésion du mastic, disparition du fond de joint), ainsi qu'aux éventuelles ruptures adhésives entre le mastic et le support.

### 5.2 Problèmes particuliers posés par la réfection

Ce sont les suivants :

- vérification des dimensions du joint imposées par le changement très fréquent du mastic ;
- nettoyage des lèvres qui comprend dans certains cas non seulement l'élimination totale du mastic antérieur (disquage par exemple) mais aussi des précautions particulières pour séparer le mastic rapporté des traces de composants du mastic précédent qui ont pu migrer dans le support (huile, bitume...) afin d'assurer une excellente adhérence du nouveau mastic sur les supports ;
- compatibilité chimique du mastic retenu pour la réfection avec le système antérieur.

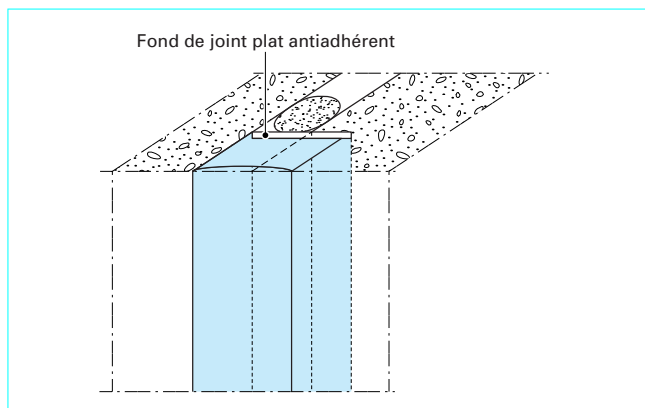


Figure 12 – Mise en place d'un fond de joint plat

En préfabrication légère, dans le cas d'impossibilité de mise en conformité avec les règles professionnelles de la SNJF [3], il est admis, dans l'état actuel de nos connaissances, que l'on puisse réaliser certains joints en solin, sous réserve que les trois conditions suivantes soient réunies :

- emploi d'un mastic élastomère ;
- utilisation d'un fond de joint plat selon [C 3 660], figures 8a et 8b ;
- respect des dimensions minimales indiquées sur [C 3 660] figure 7.

### 5.3 Recalibrage du joint

Dans tous les cas, la section du nouveau mastic doit être conforme aux règles de dimensionnement définies au § 1. Cette conformité peut entraîner la nécessité d'un recalibrage du joint sur la profondeur concernée par la mise en place du nouveau mastic et de son fond de joint.

Parmi les cas de mauvaise largeur, on peut citer :

- le calcul initial en désaccord avec les règles de dimensionnement en vigueur ;
- le défaut de géométrie des éléments (défaut d'alignement, queues de billard, etc.) ;
- les mouvements très importants subis par les différentes parties de l'ouvrage au cours des années.

#### ■ Cas des joints trop étroits

Ils doivent être élargis au disque à tronçonner. Si cette opération crée un épaulement, un fond de joint plat doit être mis en place sur toute la largeur du joint (figure 12). Les joints trop étroits qu'il est impossible d'élargir (par exemple, joints entre éléments métalliques, joints entre éléments en matériaux de synthèse, etc.) nécessitent une étude particulière.

#### ■ Cas des joints trop larges

Ils doivent être ramenés à la bonne dimension en reconstituant les parties de support manquant avec un matériau compatible avec le support existant et le nouveau système de calfeutrement. Dans le cas de béton ou maçonnerie, la reconstitution des supports doit être réalisée selon l'annexe C de la norme NF P 84-404-1 (référence DTU 42.1).

#### ■ Réfection des joints horizontaux ouverts

Lorsqu'un joint horizontal préalablement ouvert est calfeutré en laissant un vide, ce dernier doit être mis en communication avec l'extérieur au moyen de dispositifs ponctuels appropriés (barbacanes, pissettes, etc.).



## 6. Mise en œuvre des autres produits (profilés, couvre-joints)

### 6.1 Profilés de façade

Ces profilés sont mis en place, en principe sans collages particuliers ni percements. Il existe différents procédés de fixation de ces profilés dont les plus fréquents sont présentés en [C 3 661], figure 5.

Une partie du profilé est fortement comprimée pour assurer l'étanchéité.

### 6.2 Profilés d' huisserie

Les profilés élastomères utilisés pour l'étanchéité des portes et fenêtres sont mis en place sur chantier sans fixation mécanique ni collage, mais par simple pression. Les procédés de fixation sont analogues à ceux des profilés de façade. Leurs formes également très variables, mais souvent plus simples, permettent le maintien des vitrages en place dans les fenêtres à simple ou à double vitrage, en préfabrication légère principalement.

### 6.3 Couvre-joints

Les couvre-joints sont fixés mécaniquement ou collés sur un ou deux côtés du joint, selon les mouvements du joint considéré.

Si le couvre-joint est fixé par deux cordons de mastic, celui-ci doit avoir une élasticité suffisante pour pouvoir absorber les mouvements de dilatation du joint.

Certains couvre-joints en plastique, élastomère ou métal peuvent être insérés en force entre les lèvres du joint et se maintiennent en place par simple frottement. Ce sont le plus souvent des accessoires de calfeutrement.

### 6.4 Garnitures en mousses imprégnées ou enrobées

Les garnitures en mousses doivent être collées sur une face avant mise en place du panneau en regard, dont la face doit avoir été préparée par enduction de colle ou de primaire d'accrochage (figure 13).

L'épaisseur nominale du cordon doit être telle que l'épaisseur résiduelle soit conforme au cahier des charges du fabricant en fonction de l'étanchéité réalisée par la garniture (étanchéité à l'air ou complément d'étanchéité à l'eau, cf. DTU 22.1).

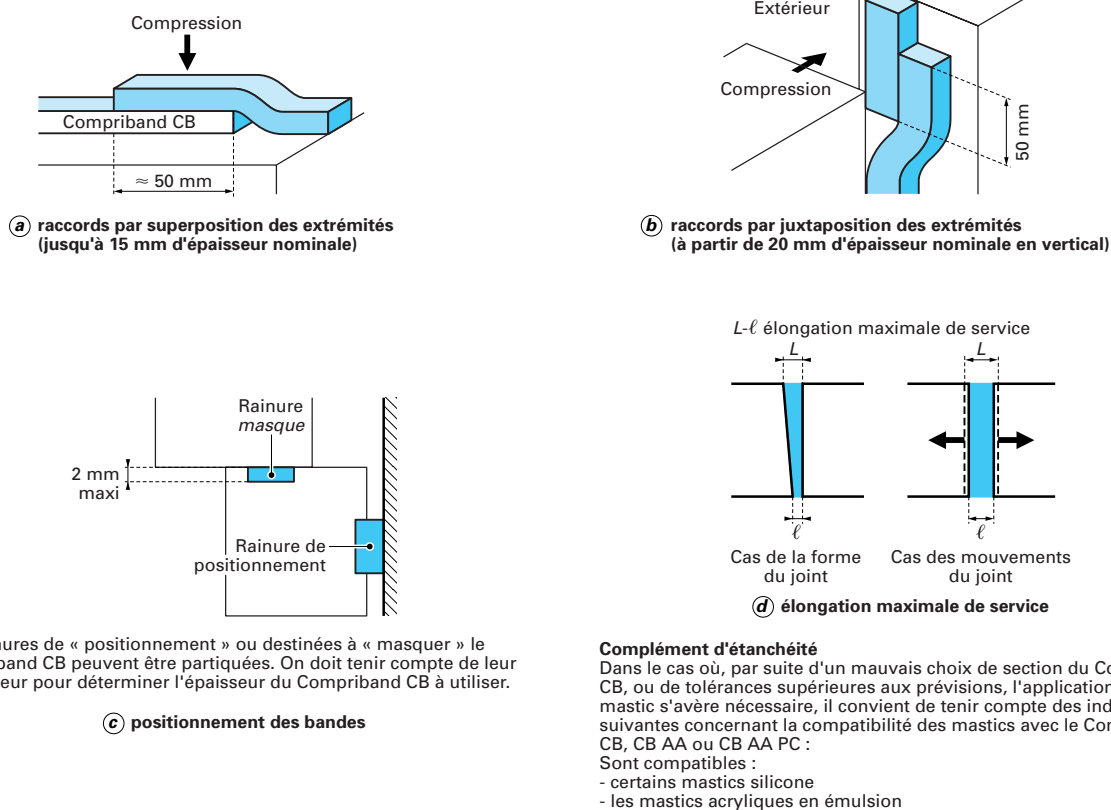


Figure 13 – Garnitures en mousses imprégnées Compriband CB (source Tramico)