



INSTITUT TECHNOLOGIQUE

ADANDRA

Etat des lieux sur les calfeutrements bois / vitrage pour les menuiseries extérieurs bois

Benoit GILLIOT – Marc SIGRIST

16 Juillet 2014

Siège social

10, avenue de Saint-Mandé
75012 Paris
Tél +33 (0)1 40 19 49 19
Fax +33 (0)1 43 40 85 65

IBC Recherche

Allée de Boutaut – BP 227
33028 Bordeaux Cedex
Tél +33 (0)5 56 43 63 00
Fax +33 (0)5 56 43 64 80

www.fcba.fr

Siret 775 680 903 00017
APE 7219 Z
Code TVA CEE : FR 14 775 680 903

Avec le soutien de :

The logo for CODIFAB features the word 'CODIFAB' in a stylized, purple, serif font. The letters are interconnected, with the 'O's and 'I's sharing vertical strokes.

comité professionnel de développement
des industries françaises de l'ameublement et du bois

CONTEXTE

Le développement de l'utilisation du bois pour les menuiseries sur mesure et/ou hors cote réalisées en petites séries, à conjuguer avec l'amélioration des performances (thermique, acoustique, mécaniques, étanchéité, durabilité, ...) et de la productivité, passe par une caractérisation, fiabilisation et optimisation de la conception de ces menuiseries.

Les assemblages d'angle (que ce soit sur les cadre d'ouvrant ou les petits bois) ainsi que les types de calfeutrement assurant l'étanchéités bois/vitrage et leur influence sur les systèmes de ventilation et drainages (type « traditionnel » ou « rapide ») font partie de la conception et peuvent nécessiter d'être adaptés à ces évolutions.

OBJECTIF

Recenser et caractériser :

- Les types d'assemblages d'angle actuellement utilisés (sur cadres ouvrant & dormants et petits bois),
- Les types de calfeutrement vitrage et drainages associés (traverse basse ouvrant).

afin de comparer et d'optimiser les solutions disponibles pour les petites série de menuiserie fabriquées pour du neuf ou de la rénovation.

CHAMP DE L'ETUDE

Fenêtre et Porte fenêtre, tout type d'ouverture

Matériaux : en bois

Note : les portes extérieures et les fenêtres Mixte bois – autre matériaux (exemple Bois aluminium) ne font pas parti de l'actuel projet mais pourrait faire l'objet d'un complément d'étude en 2012.

PROGRAMME

1. Recensement et définition des types d'assemblages et des couples calfeutrement vitrage/drainage Traverse basse

Recenser les types **d'assemblages d'angle** actuellement disponibles sur le marché (traditionnel ou non). Expliciter leur conception pour chacun d'entre eux. Réalisation d'une fiche conception par type d'assemblage

- Assemblage d'angle pour ouvrant et/ou dormant,
 - i. Bois – Bois (collé : enfourchement, tourillon / vissé collé / mécanique...),
 - ii. Bois – seuil aluminium (PMR ou non),
- Assemblage d'angle particulier,
 - i. Traverse intermédiaire – montant sur ouvrant,
 - ii. Meneau – traverse ou seuil sur dormant,
 - iii. Angle différent de 90° (cintré, oculus, houteaux).
- Assemblage d'angle pour châssis « petit bois » et « petit bois collé » sur vitrage.

Recenser les types de **calfeutrements entre bois et vitrage** et leur association avec les types de drainage en traverse basse. Réalisation d'une fiche conception par type de calfeutrement/drainage

- Bandes préformées,
- Mastic,
 - i. Sans fond de joint
 - ii. Avec fond de joint (
- Profilé en caoutchouc ou en élastomères thermoplastique ou PVC souple,
 - Compact,
 - Maintien mécanique,
 - Maintien par adhérence.
 - Cellulaire.
- Mixité de calfeutrement.

2. Caractérisation des assemblages, des étanchéités, des drainages et de leur réalisation

Assemblage d'angle : déterminer les différentes caractéristiques du point de vue :

- Des performances : mécanique, d'étanchéité, de salubrité de la conception, tenue dans le temps, entretien... Les évaluations (calculs ou essais) de vérification de la conformité de la conception de l'assemblage sont à expliciter,
- Du process de fabrication (outils et machines, productivité, contrôle qualité),
- Impact sur les performances générales de la menuiserie,
- De pertinence/apptitude à l'emploi pour de la petite série de menuiserie fabriquées pour le neuf ou rénovation.

Calculer ou qualifier théoriquement, autant que faire se peut, les valeurs et variabilité de ces paramètres.

Prendre en compte également l'avis de menuisiers (consultation).

Calfeutrement vitrage/ drainage traverse basse : déterminer les différents paramètres caractéristiques du point de vue :

- Des performances : d'étanchéité (initial et après vieillissement), de salubrité de la conception, tenue dans le temps, entretien.... Les évaluations (calculs ou essais) de vérification de la conformité de la conception sont à expliciter,
- Du process de fabrication (outils et machines, productivité, contrôle qualité),
- Impact sur les performances générales de la menuiserie,
- De pertinence/aptitude à l'emploi pour de la petite série de menuiserie fabriquées pour le neuf ou rénovation.

Calculer ou qualifier théoriquement, autant que faire se peut, les valeurs et variabilité de ces paramètres.

Prendre en compte également l'avis de menuisiers (consultation)

3. Comparaison

Assemblage d'angle :

- Pour chaque caractéristique, comparer les différents types d'assemblage (critère technique et économique).

Calfeutrement vitrage :

- Pour chaque caractéristique, comparer les différents types d'association calfeutrement/drainage (critère technique et économique).

4. Conclusion et Proposition d'évolution/amélioration

Note : phase expérimentale (non comprise dans l'actuelle étude).

A l'issue des ces phases, une phase de validation par réalisation de prototypes et tests pourra être envisagée pour valider ou comparer en usage réel les caractéristiques fournies. Cette 4^{ème} phase n'est pas chiffrée pour le moment et n'est pas comprise dans l'offre actuelle.

Les menuiseries extérieures en bois doivent répondre aux exigences essentielles suivantes :

- **Mécanique**
- **Etanchéité**
- **Esthétique**
- **Durabilité**

La fenêtre est un ouvrage durable, ses fonctions doivent donc être assurées sur la durée de vie de l'ouvrage.

Le choix du calfeutrement de vitrage impacte directement ces caractéristiques et il est donc essentiel de maîtriser cet impact en même temps que les critères de production, de coût et d'esthétique.

Une solution de calfeutrement est défini par :

- Le type de maintien du vitrage (rainure, feuillure intérieure ou extérieure, ...),
- La manière dont l'étanchéité est assurée : par adhérence ou par réaction mécanique,
- Le matériau utilisé (silicone, PVC, EPDM, ...),
- Le profil utilisé (profil de réservation pour le mastic, profils des joints souples, dimensions des bandes préformées...),
- Le type de drainage de la feuillure à verre (drainage « classique » ou « rapide »).

Cette étude n'intègre pas les solutions suivantes, incompatibles avec les exigences de performances actuelles pour les menuiseries : (thermiques, étanchéité à l'air, ...).

- les mises en œuvre de vitrages sans calfeutrement,
- Les simples vitrages.

L'étanchéité est la fonction principale du calfeutrement, elle doit permettre de maintenir un niveau de salubrité suffisante du cadre du vantail et principalement de la traverse basse.

L'étude ne caractérise que les différentes solutions de calfeutrement, associées à leurs drainages mais exige que différents critères soit respectés pour que le calfeutrement puisse remplir sa fonction et conserver ses performances dans le temps :

- Le calage du vitrage, qui doit se faire conformément à la norme XP-P-20-650-1, afin de ne pas induire de déformation du vantail qui pourrait détériorer le calfeutrement,
- Les assemblages d'angles doivent respecter les exigences de résistances et de rigidité propres à chaque type d'assemblage pour que le calfeutrement du vitrage ne se détériore pas par les déformations de la menuiserie.

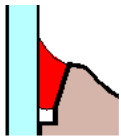
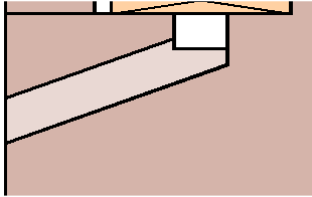
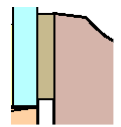
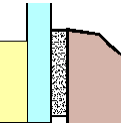
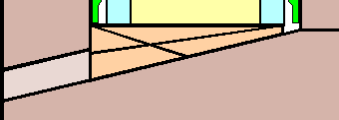
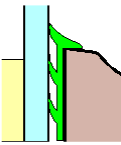
Systèmes de calfeutrement

On distingue 11 couples principaux de calfeutrements du vitrage :

Système	Produit de calfeutrement		Drainage	Parcloses intérieures, extérieures ou rainure.
	Barrière principale	Barrière secondaire		
Mono barrière	Bandes préformées, mastic (non-apparent) ou mousses	Calfeutrement en partie basse si épaisseur de verre > 20mm	Rapide	Parcloses extérieures
	Mastic, bandes préformées ou profilés extrudés	X		
	Mastic, bandes préformées ou profilés extrudés	X		En rainure
Double barrière	Profilés extrudés		Classique	
	Mastics sans fond de joint			
	Mousses		Rapide	Parcloses intérieures ou extérieures
	Mousse ou Profilés extrudés (+ talon)	Bande préformée en barrière secondaire + talon		
	Mousse ou Profilés extrudés	Mastic		
	Mastics et/ou bande préformée		Classique	
	Bande préformée + talon	Mousse ou Profilés extrudés + talon		
Mastic	Mousse ou Profilés extrudés			

NB : d'autres combinaisons, moins courantes, sont possibles. Les exigences qui s'appliquent pour ces solutions sont définies plus loin dans le dossier.

Légende

Etanchéité par adhérence		Mastic		Drainage classique
		Bande préformée		
Etanchéité par compression		Mousse		Drainage rapide
		Profilé extrudé		

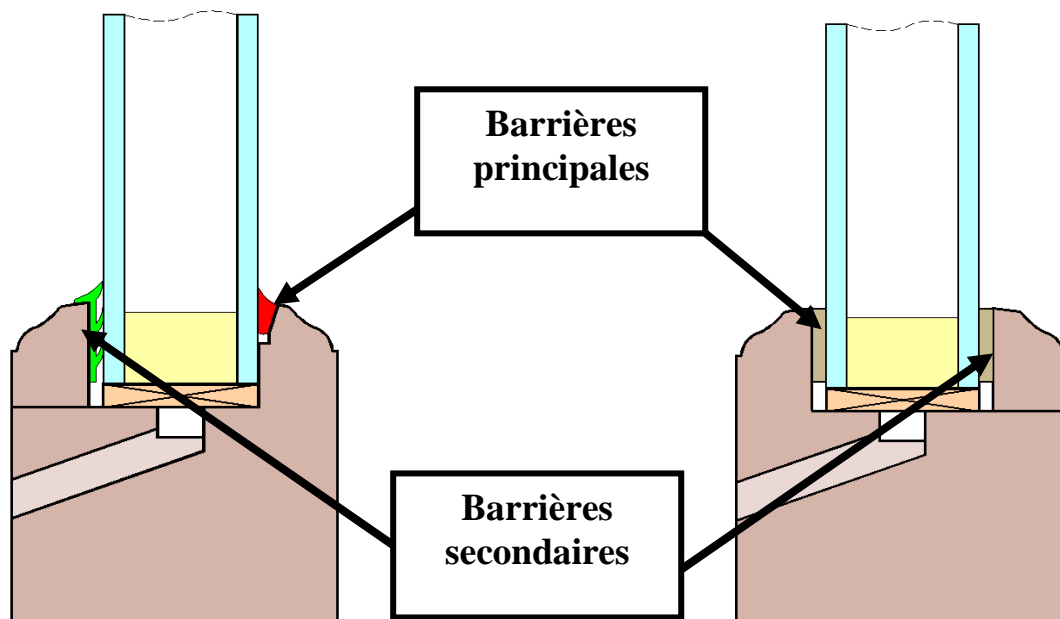
Etanchéité par adhérence / Etanchéité par compression

On distingue deux grandes familles de calfeutrement :

- Les calfeuttements qui réalisent leurs étanchéités par **adhérence** (mastics et bandes préformées principalement) pour lesquelles il est possible d'obtenir la tenue dans le temps des performances d'étanchéités.
- Les calfeuttements qui réalisent leurs étanchéités par compression (mousses ou profilés extrudés principalement) pour lesquelles il est plus difficile de conserver la tenue dans le temps des performances d'étanchéité.

Barrière principale / barrière secondaire

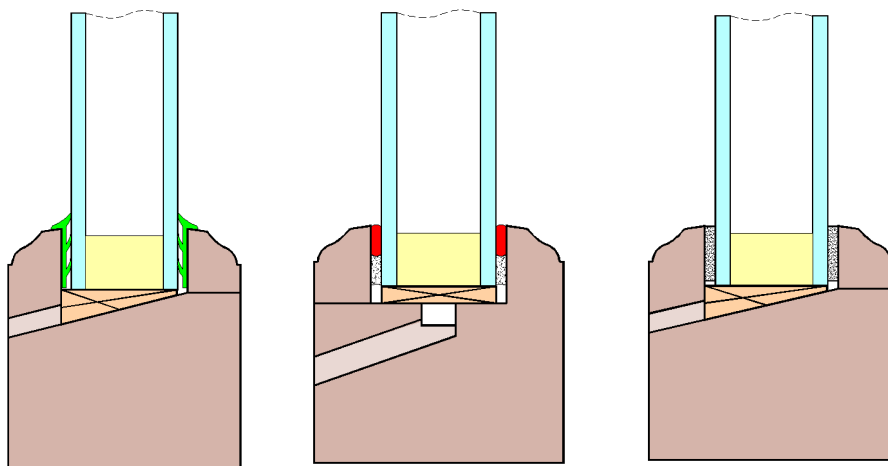
La barrière principale correspond au calfeutrement entre le vitrage et le listel de feuillure.



Dans le cas d'un montage en **rainure**, on considère que la barrière principale est du côté **intérieur**.

Calfeutrement « Double barrière »

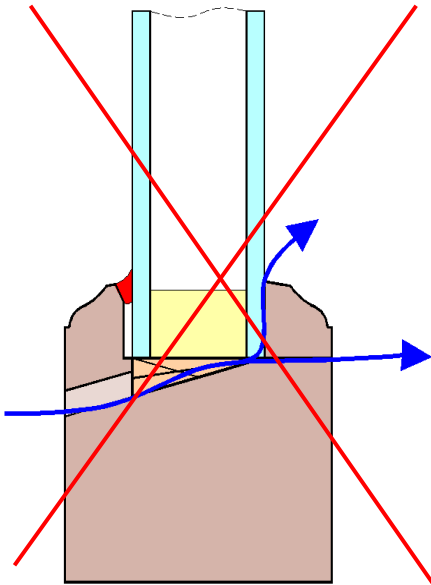
Le calfeutrement double barrière permet toutes les combinaisons de produits de calfeutrement et de maintien du verre. Selon la solution de calfeutrement retenue, le drainage de la feuillure à verre sera soit un drainage classique, soit un drainage rapide. (voir § "drainage de la feuillure à verre").



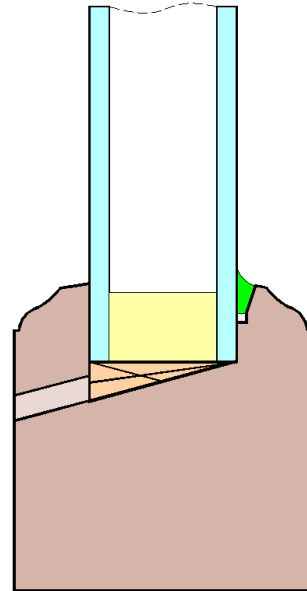
Calfeutrement « Mono-barrière »

On considère qu'un système est mono-barrière quand le calfeutrement n'est présent que d'un côté.

Le calfeutrement mono-barrière impose la barrière principale côté intérieur (parclose extérieure). Un calfeutrement côté extérieur poserait des problèmes d'étanchéité à l'air par des fuites au niveau des parclose.



Fuites d'air au jointement des parclose
Feuillure extérieur

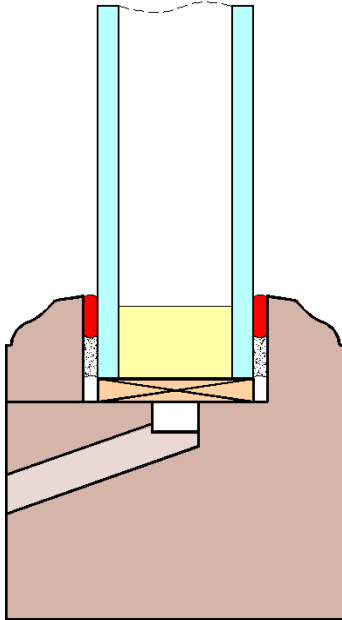


Pour les vitrages de plus de 20 mm d'épaisseur il est aussi nécessaire de prévoir un calfeutrement secondaire en partie basse, pour éviter la stagnation d'eau par capillarité et la rétention de salissure.

On distingue 4 types de maintien du vitrage :

- Feuillure et parcloses

Le maintien du vitrage par une feuillure et une parclose est la méthode traditionnelle. C'est la méthode la plus simple et la plus souple de mise en œuvre.

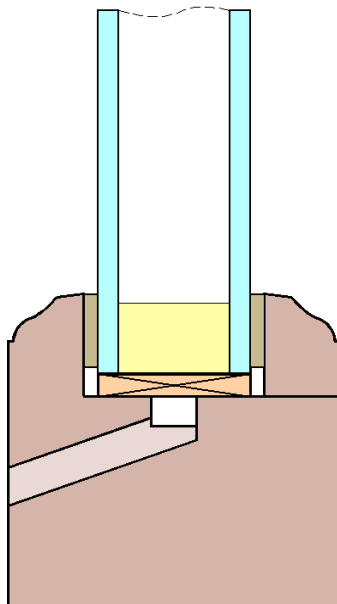


• Feuillure intérieure et parcloses extérieures

Cette méthode est conseillée pour une **meilleure étanchéité à l'air**, en évitant les fuites d'air sous la parclose.

Les parcloses subissent par contre les intempéries extérieures et sont plus susceptibles de se déformer.

NOTE : Certains cahiers des charges exigent un parclosage intérieur, pour limiter les risques de vandalisme par déparclosage, mais le risque réel est faible au vu des difficultés rencontrées à déparcloser un vitrage fixé conformément aux recommandations et calfeutré par calfeutrement adhésif (silicone ou bande préformée).

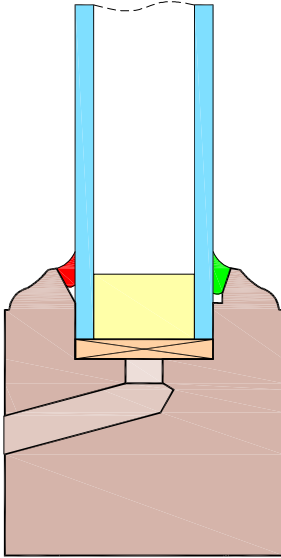


• Feuillure extérieure et parcloses intérieures

Cette méthode rend l'**étanchéité à l'air plus difficile** à obtenir (fuite d'air sous la parclose), il est parfois nécessaire de réaliser un cordon de mastic en pied de parclose pour obtenir de bonne performance d'étanchéité à l'air.

Les parcloses sont protégées des intempéries extérieures. Ce montage permet de vitrer sur chantier des châssis fixes d'accès difficile (ex : façade d'immeuble).

- Rainure



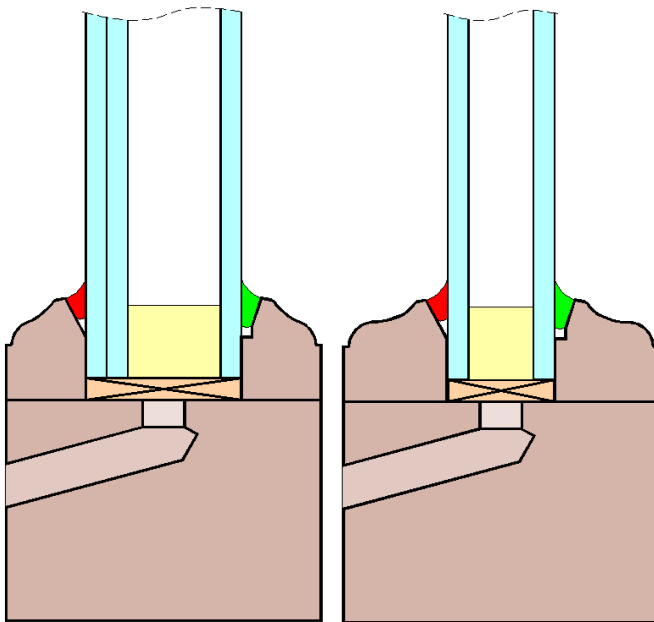
Le montage en rainure est une méthode principalement utilisée dans les productions industrielles.

Le montage en rainure permet surtout un **gain de productivité** en limitant les usinages, et en supprimant la gestion et le montage des parcloles.

Il est par contre contraignant sur différents aspects :

- Ce type de maintien du vitrage rend obligatoire l'utilisation de **l'assemblage mécanique dans les assemblages d'angles** (le vitrage devant pouvoir être remplacé),
- La largeur constante de la rainure impose des **vitrages d'épaisseurs constantes** (exigences qualités à définir avec son miroitier).

- Listel rapporté (double parcloles)



Le montage en listel rapporté est peu courant.

Ce système à deux avantages majeurs :

- En faisant varier les deux épaisseurs de parclole, il permet d'utiliser une **grande variété d'épaisseur de vitrage**.
- En supprimant la feuillure à verre il est possible **d'optimiser le rendement matière**.

Ce système cumule par contre les défauts d'un montage avec parclole :

- Gestion de 2 parcloles,
- Montage en atelier à développer (positionnement de la première parclole),
- **Etanchéité à l'air plus difficile** à obtenir avec les parcloles intérieures,
- Parcloles extérieures exposées.

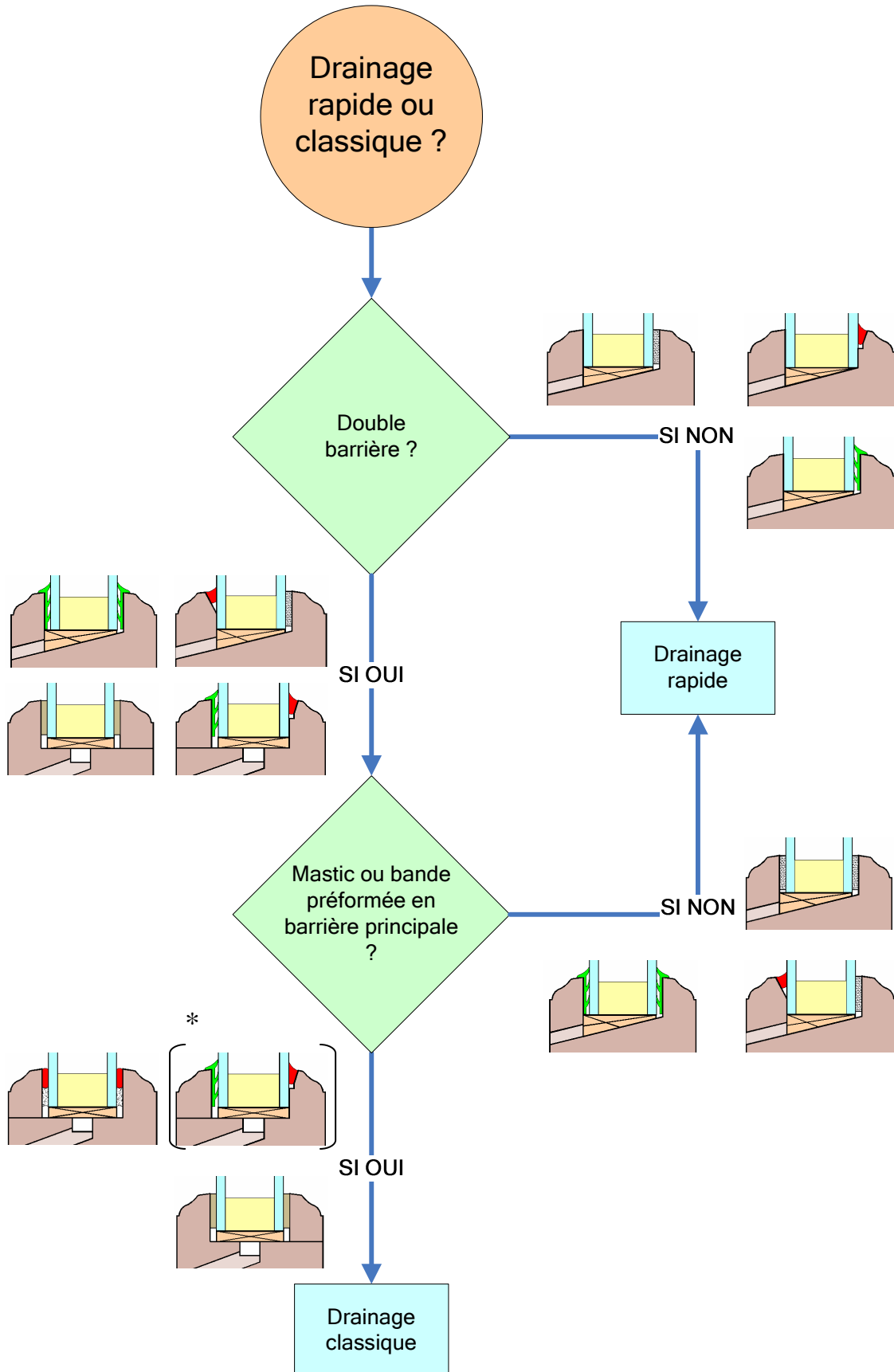
Double vitrage / Triple vitrage

Les contraintes supplémentaires apportées par le triple vitrage sont le poids et la largeur de la feuillure à verre.

Le poids supplémentaire apporté par le triple vitrage ne doit pas déformer l'ouvrant et solliciter le calfeutrement en dehors de sa plage admissible. Nous considérerons donc que les assemblages respectent les exigences de rigidité propres à chaque type d'assemblage.

Concernant le calfeutrement, seule l'augmentation de la largeur de feuillure à verre a un impact par l'augmentation des effets de la dilatation, principalement due aux variations hygroscopiques dans le bois. Le calcul des sollicitations mécaniques des calfeuttements (voir § "sollicitations mécaniques") est réalisé pour des triples vitrages et permet de valider les recommandations aussi bien pour les doubles et triples vitrages.

Drainage de la feuillure à verre



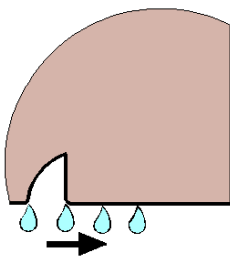
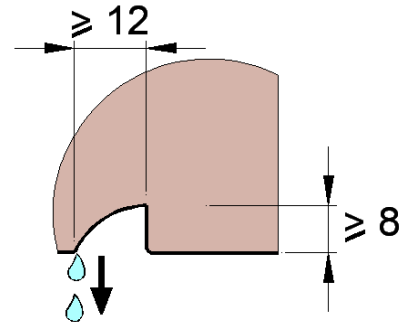
*Une solution double barrière mettant en œuvre un calfeutrement sec en extérieur est déconseillé. (Même si elle est prévue par la norme).

Dimensions des « gouttes d'eau »

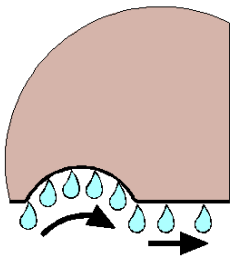
La goutte d'eau est une rainure qui vise à interrompre le cheminement de l'eau vers l'intérieur de la menuiserie et qui l'oblige à former des gouttes d'eau (qui tomberont où vers l'extérieur ou vers une gorge de récupération).

La dimension de la goutte d'eau est importante :

Les dimensions conseillées sont de 12 mm en largeur et 8 mm en hauteur.



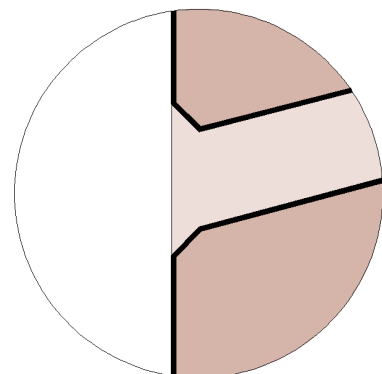
Si la largeur est trop faible les gouttes d'eau « sautent » d'un côté vers l'autre.



Si la hauteur est trop faible, l'effet de capillarité suffit à contourner la goutte d'eau.

Finition sur trous de drainage

Pour améliorer la tenue de la finition sur les trous de drainage, il est conseillé de chanfreiner ces arrêtes.

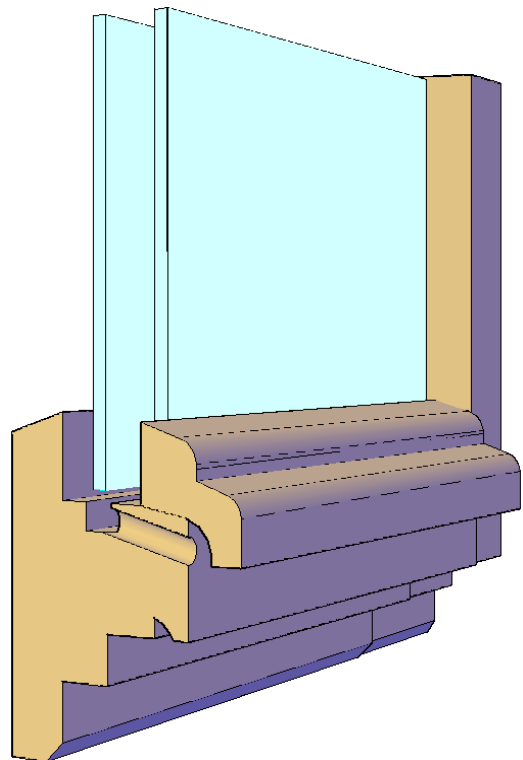


Drainage « classique »

Description

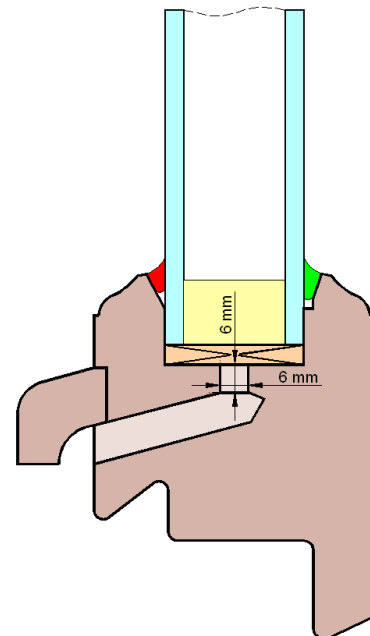
Ce type de drainage a pour objectif de drainer les eaux d'infiltrations d'un système de calfeutrement performant. On considère néanmoins que dans la durée tout système de calfeutrement peut être amené à perdre de son efficacité dans le temps.

Il s'applique pour les calfeuttements doubles **barrières**, dont le calfeutrement en **barrière principale** se fait par **adhérence**.

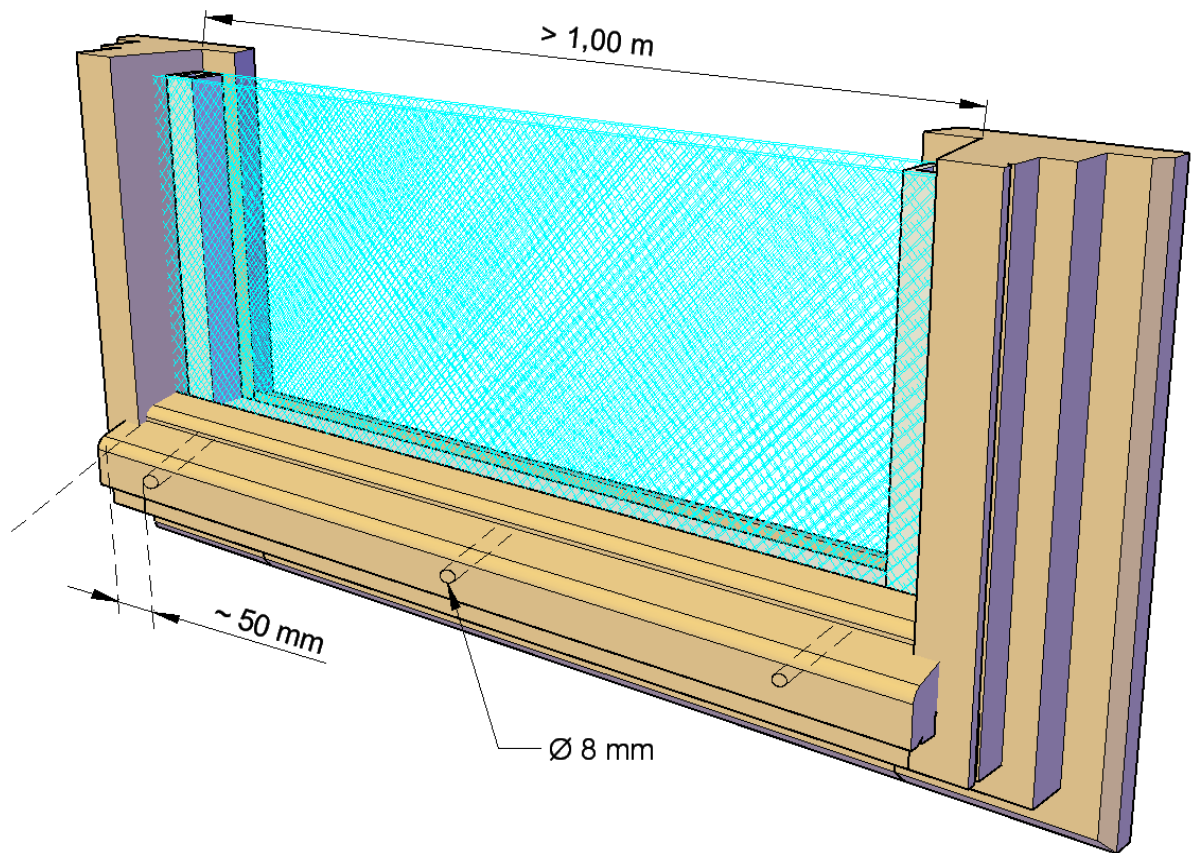


Les caractéristiques sont les suivantes :

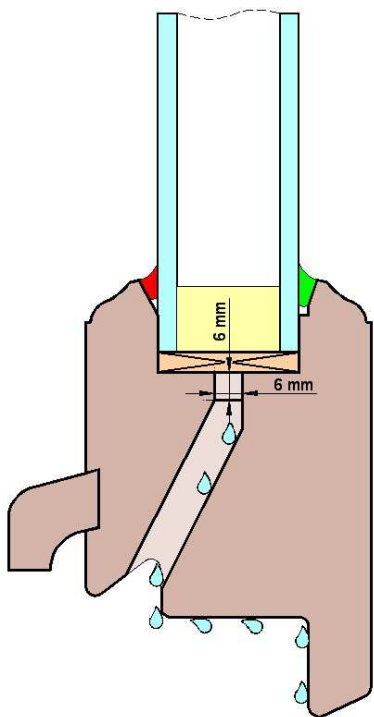
- Rainure de récupération des eaux de **6 x 6 mm**, (centrée sur l'intercalaire).



Drainage classique - descriptif

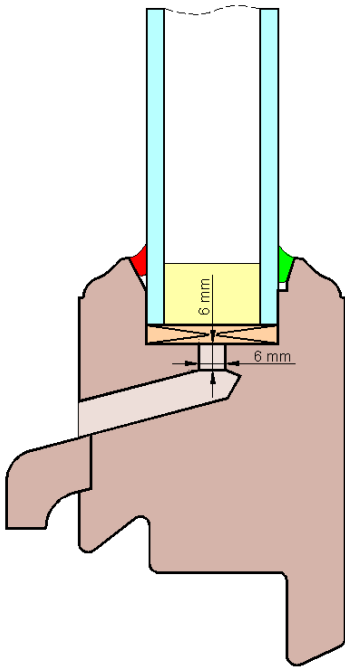


- Des perçages d'au moins **8 mm (min 50 mm² et 5 mm)**, à raison de 2 orifices jusqu'à 1 m et de 1 orifice supplémentaire par tranche de 0,5 m supplémentaire.



Les perçages de drainages doivent **déboucher avant une goutte d'eau**, pour éviter les infiltrations vers l'intérieur de la menuiserie.

Il existe plusieurs solutions courantes pour la réalisation du drainage « classique » :



Drainage au-dessus du rejet d'eau

Les perçages de drainage sont réalisés au-dessus du rejet d'eau.

Les avantages de cette solution sont :

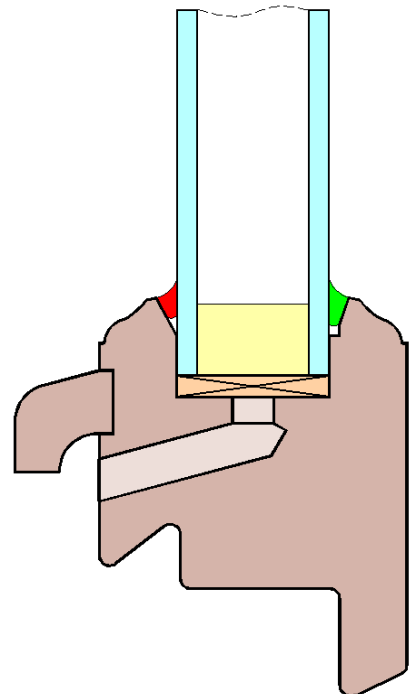
- Salubrité : l'eau est efficacement évacuée.

Drainage sous le rejet d'eau

Les perçages de drainage sont réalisés sous le rejet d'eau.

Les avantages de cette solution sont :

- L'esthétique : les drainages sont masqués,
- La salubrité : la feuilure à verre est directement ventilée par l'air extérieur.

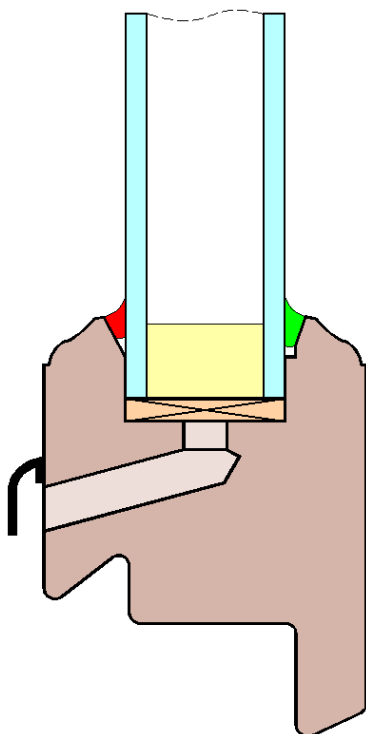


Drainage et cache-tempête

Les perçages de drainage sont réalisés et ensuite masqués sous des « caches-tempêtes » qui ne recouvrent que les perçages.

Les avantages de cette solution sont :

- L'économie réalisée par la suppression du rejet d'eau,
- salubrité : la feuilure à verre est directement ventilée par l'air extérieur.



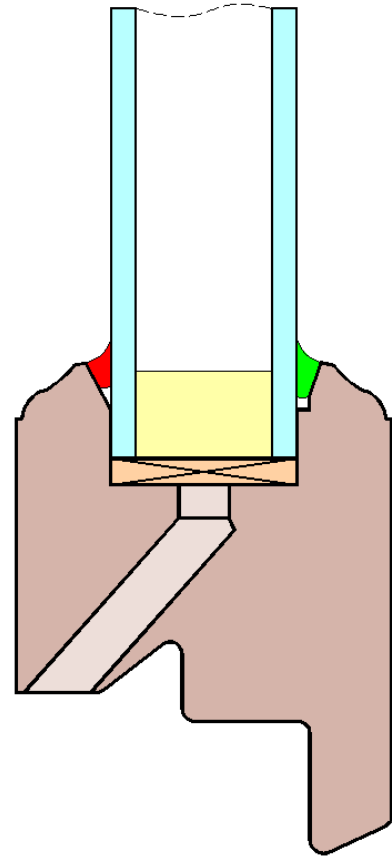
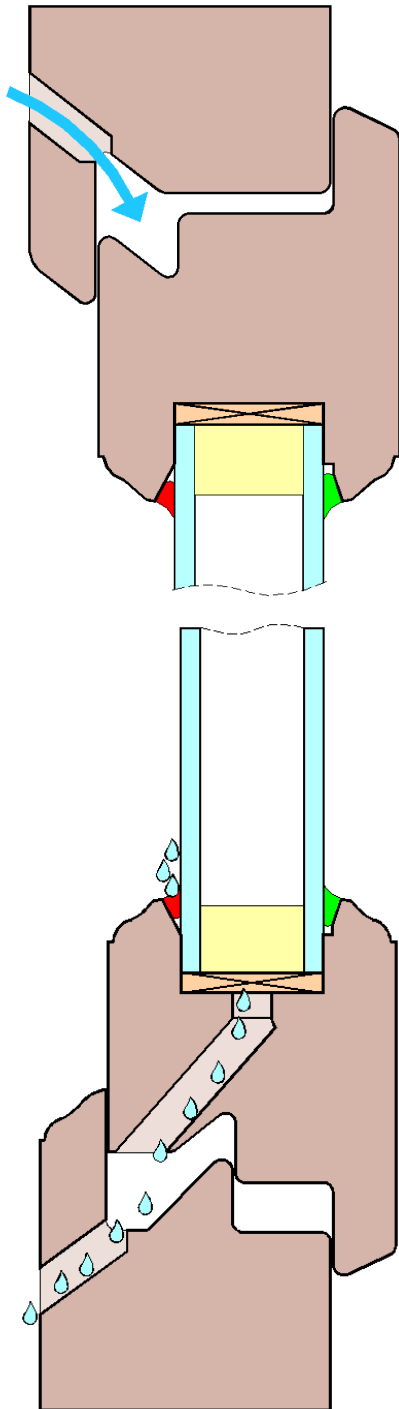
Il est par contre difficile de trouver des produits qui ne dénaturent pas l'esthétique de la menuiserie.

Drainage entre ouvrant et dormant

Les perçages de drainage débouchent dans l'espace entre ouvrant et dormant.

Les avantages de cette solution sont :

- L'esthétique : en supprimant les percages en façades,
- La salubrité : en évitant que les trous puissent être bouchés par des insectes ou des mousses.

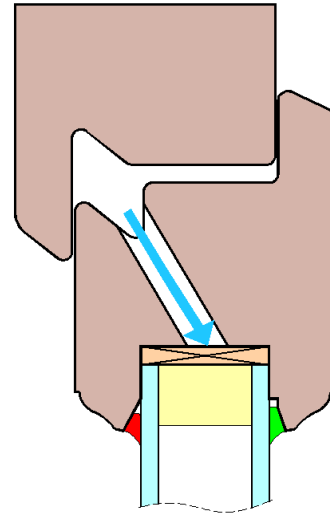


Pour que cette solution reste efficace il est par contre nécessaire que l'espace entre ouvrant et dormant ne soit pas en dépression par rapport à l'air extérieur et il faut donc qu'il y ait en traverse haute ait une mise à l'air libre par :

- La suppression d'une partie de joint sur la frappe,
- un perçage vers l'extérieur.

Mise à l'air libre de la feuillure à verre

Pour faciliter le drainage des eaux d'infiltration dans la feuillure à verre et la ventilation, il est conseillé de percer la traverse haute des ouvrants



Drainage « rapide »

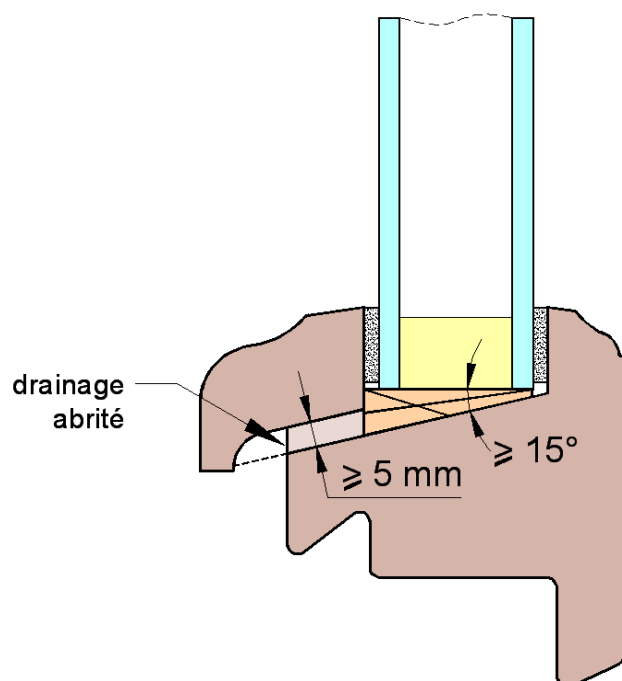
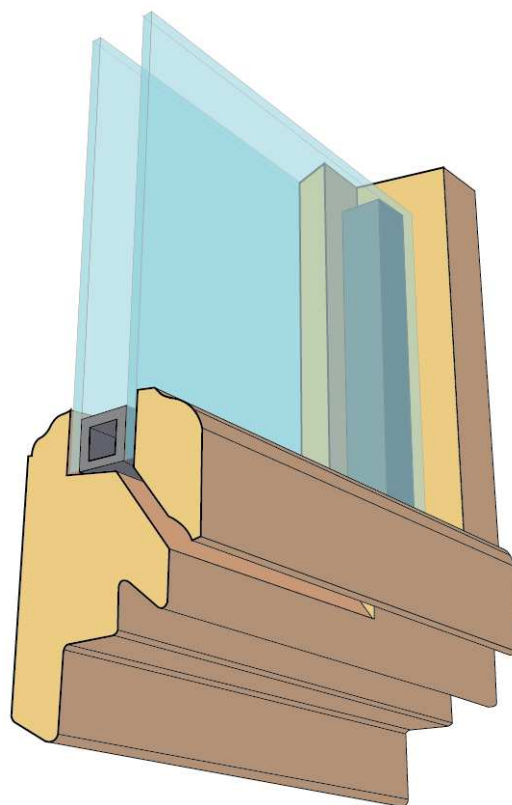
Description

Ce type de drainage s'applique pour des systèmes de calfeutrement que l'on considère comme non performant ou dont la performance n'est pas assurée dans le temps.

Sa conception est prévue pour drainer l'eau et permettre la ventilation de la feuillure à verre.

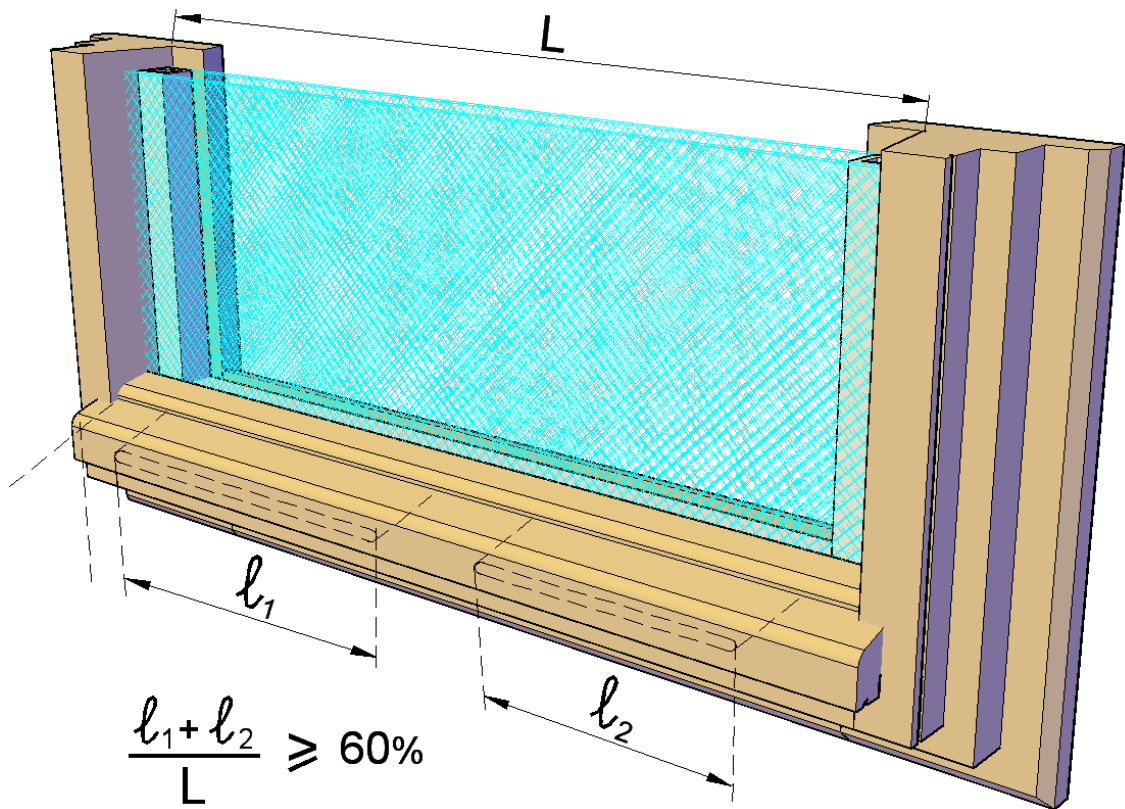
Les caractéristiques sont les suivantes :

- Feuillure extérieure en **pente de 15°** au moins,
- Des fentes de **5 mm d'épaisseur minimum**.



- Un **fond de feuillure abrité** (parclose ou rejet d'eau).

Drainage rapide – descriptif



- **Longueur cumulée** des fentes supérieures à **60%** de la longueur en fond de feuillure de la traverse basse.

Il existe plusieurs solutions pour mettre en œuvre un drainage rapide :

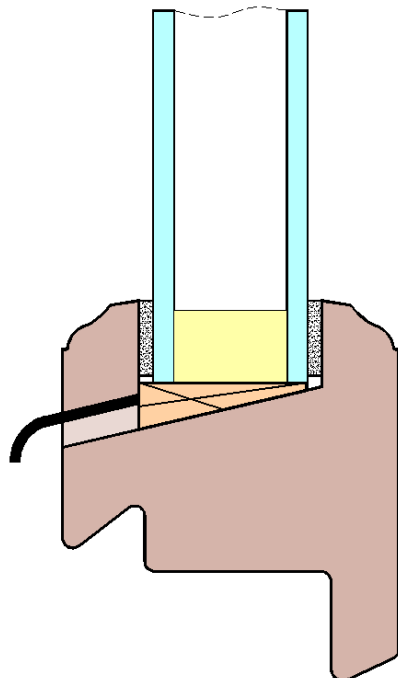
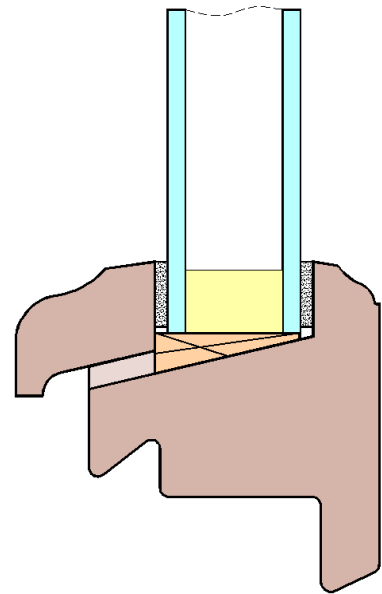
Parclose rejet d'eau

La parclose joue également le rôle de rejet d'eau. L'avantage principal de cette solution est esthétique, le drainage étant compatible avec un design traditionnel, avec rejet d'eau.

L'usinage de la parclose est plus complexe, et demande d'étudier le calage de la parclose.

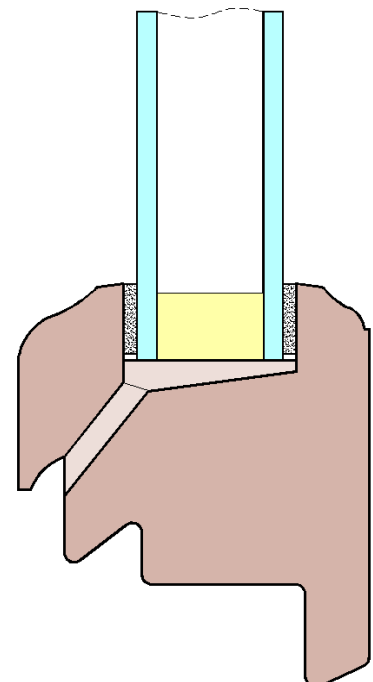
La fente de drainage peut être :

- Usinée dans la parclose,
- Usinée dans la traverse basse,
- Réalisée par un calage entre la parclose et la traverse basse.



Parclose et rejet d'eau aluminium

Le système est identique au précédent système, mais le rejet d'eau est ici assuré par une pièce en aluminium fixé préalablement sous la parclose.



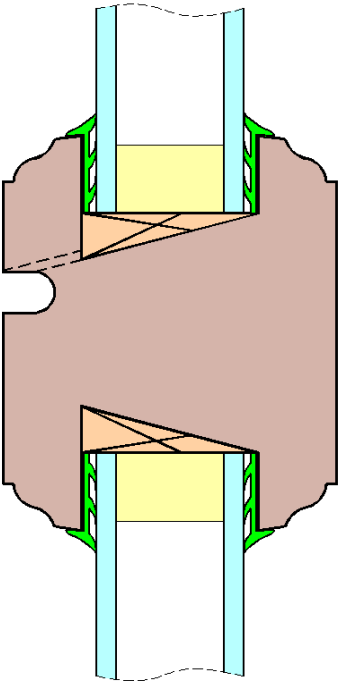
Fentes de drainage sans parclose

La fente de drainage est conçue de telle manière qu'elle puisse être intégrée sous le jet d'eau ou dans un profil de réservation spécifique.

C'est la solution de meilleure productivité mais qui impose en montage en rainure du vitrage et donc l'utilisation de l'assemblage mécanique dans les angles.

Drainage des traverses intermédiaires d'ouvrant

Il est possible de réaliser un drainage rapide sur une traverse intermédiaire d'ouvrant en réalisant une rainure dans laquelle débouchera le drainage.



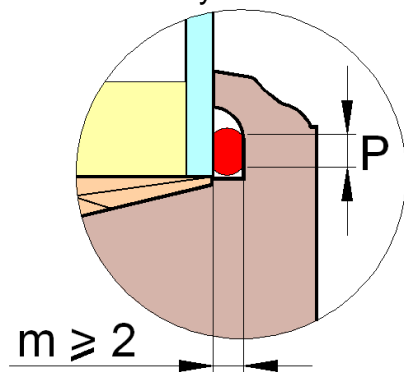
MASTICS

L'extrusion de mastics entre le verre et le bois peut se faire, par extrusion avec ou sans fond de joint ou par extrusion en feuillure ouverte avant la pose du verre.

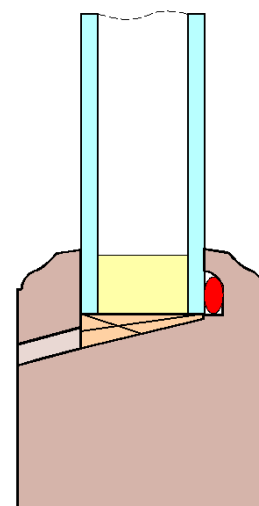
Extrusion de mastic en feuillure à l'état ouvert

Description

L'extrusion de mastic en feuillure à l'état ouvert permet d'avoir un calfeutrement non-apparent, ce qui peut être recherché pour des menuiseries de style « ancien ».



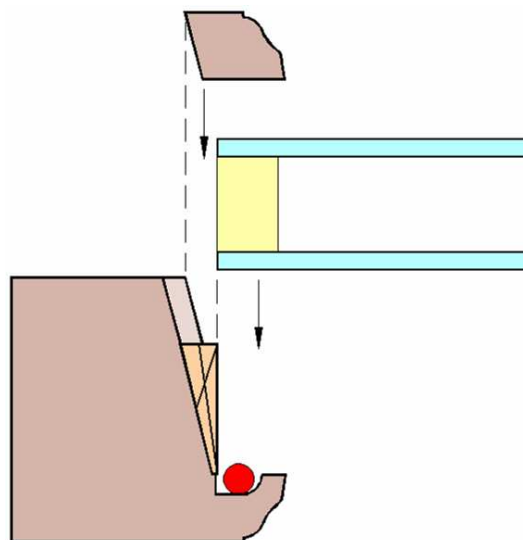
$$m \times p \geq 16\text{mm}^2$$



Mise en œuvre

Le produit de calfeutrement est appliqué sur le listel de feuillure, viennent ensuite le vitrage, le calage et les parcloes.

Dans le cas du mastic, le vitrage doit être positionné précisément et ne peut plus être manipulé après écrasement du mastic, sinon il y a un risque de rupture du cordon de mastic.



Points de vigilance

Dans le cas des garnitures non-affleurantes, la menuiserie ne peut être mise en œuvre dans des locaux à très forte hygrométrie. ($W/n > 7,5\text{g/m}^3$)

Autocontrôle

Contrôles visuels :
- pas de contrôle visuel possible

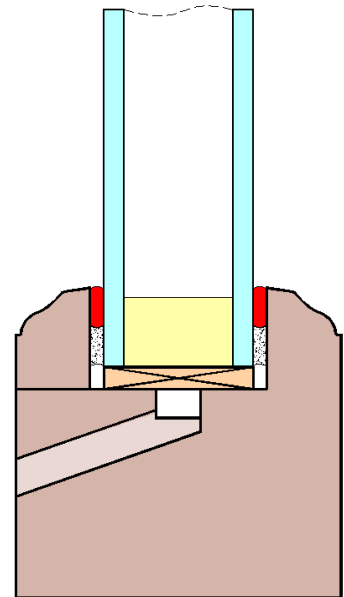
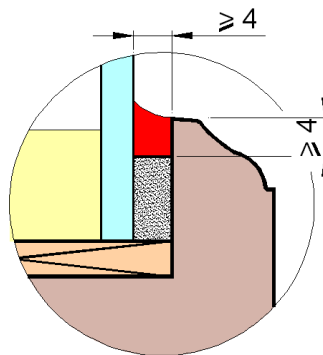
Autres contrôles :
- essai à la soufflette
- essai de piscine

Extrusion de mastic sur fond de joint

Description

Le fond de joint permet de faire un « arrêt » à l'extrusion du mastic qui adhère alors correctement sur le vitrage et sur le bois. Il garanti également la bonne épaisseur du cordon de mastic.

L'étanchéité est réalisée par adhésion et permet un drainage classique.



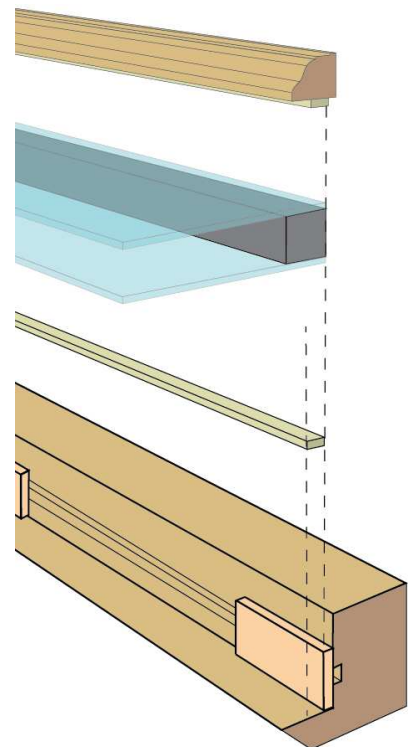
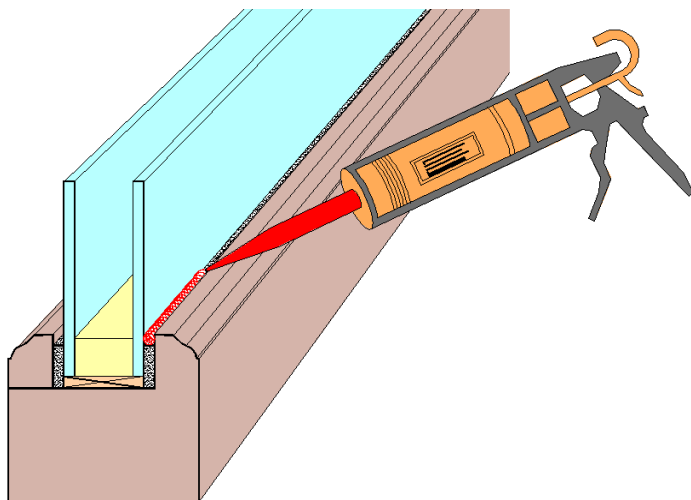
Le cordon de mastic doit avoir une épaisseur et une prise sur le bois d'au moins 4 mm.

Le cordon de silicone doit être terminé en solin.

Mise en œuvre

Le fond de joint est appliqué sur la feuillure à verre, le verre est posé puis calé. Dans le cas d'un calfeutrement double barrière un deuxième fond de joint est posé sur le vitrage ou la parclose.

Le mastic est ensuite extrudé manuellement ou par robot.



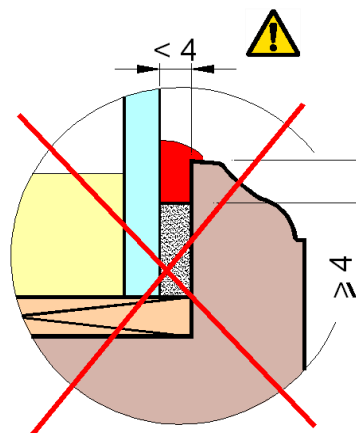
(Extrusion de mastic sur fond de joint)

Points de vigilance

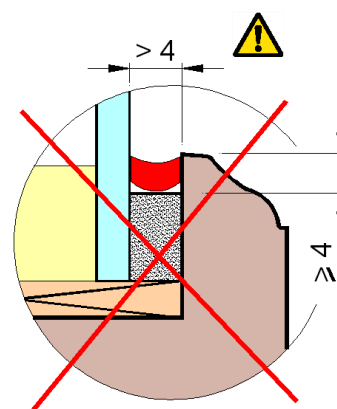
Il est important de maîtriser la distance bois/vitrage pour que le calfeutrement ait l'épaisseur minimale recommandée (4 mm) et que l'extrusion ne pose pas de problème :

des différences d'épaisseurs posent problème pour une extrusion automatique (robots).

- Fond de joint trop comprimé : le cordon de mastic aura une épaisseur de moins de 4 mm et n'aura plus un pouvoir de compensation suffisant.



- Fond de joint pas assez comprimé, le cordon de mastic sera trop mince et risque de ne pas venir suffisamment en appui sur le bois et donc de ne pas adhérer.



Autocontrôle

Contrôles visuels :

- pas de mastic en fond de réservation
- présence de mastic dans les angles
- continuité du solin de mastic

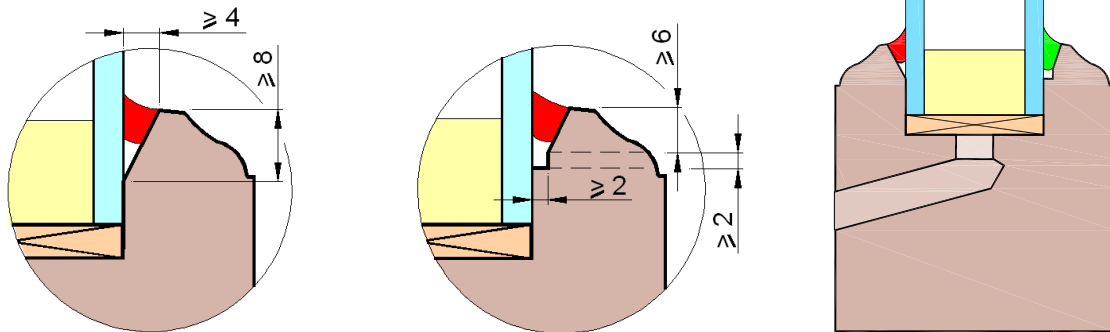
Autres contrôles :

- essai à la soufflette
- essai de piscine
- épaisseur du calfeutrement

Extrusion de mastic sans fond de joint

Description

L'extrusion se fait directement entre le bois et le vitrage.
C'est le profil de réservation qui fait l'arrêt du mastic et qui permet de former un « cordon ».
L'étanchéité est réalisée par adhésion et permet un drainage classique.
La régularité du profil facilite l'automatisation de l'extrusion.



Le cordon de mastic doit avoir une épaisseur et une prise sur le bois d'au moins 4 mm.
A épaisseur de bois constante cette solution de calfeutrement permet d'utiliser des vitrages plus épais.

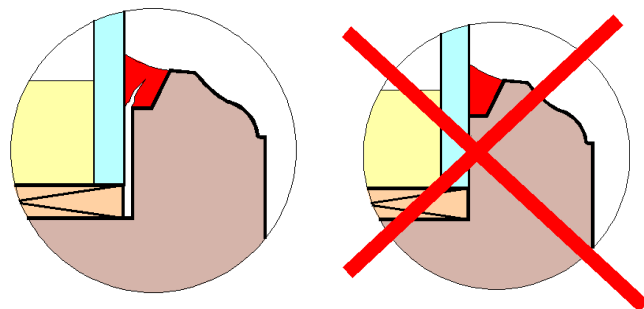
Mise en œuvre

Le calfeutrement se fait sur éléments vitrés (fixations des parcloles, ou cadrage des éléments pour un montage en rainure).
Le mastic est ensuite extrudé manuellement ou par robot.

Points de vigilance

Il est important de veiller à ce que le mastic ne remplisse pas le fond du profil.

Le cordon de mastic n'aurait alors plus de capacité de compensation et pourrait se déchirer.



Autocontrôle

Contrôles visuels :

- pas de mastic en fond de réservation
- présence de mastic dans les angles
- continuité du solin de mastic

Autres contrôles :

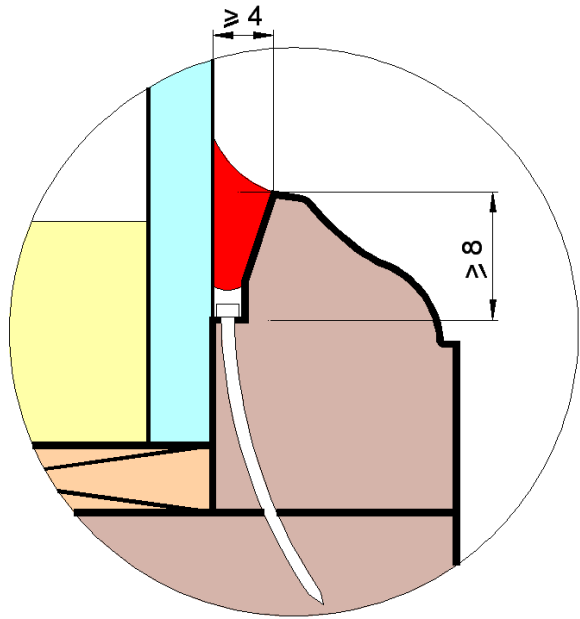
- essai à la soufflette
- essai de piscine
- épaisseur du calfeutrement

Clouage masqué

L'extrusion de mastic sans fond de joint permet un **clouage masqué**.

La pointe est insérée dans la réservation de mastic.

Elle ne peut se faire que sur cloueuse automatique, pour ne pas casser le vitrage.



Mastic

ETANCHEITE

Etanchéité à l'initial	Excellente
Pouvoir de compensation	Satisfaisant
Facteur de risque	- Remplissage incomplet de la feuillure - Mauvais raccord du cordon avec lui même

SALUBRITE

Type de drainage	Drainage traditionnel
Facteur de risque	Trous de drainage de la feuillure à verre bouchée (mousse, insectes, ...)
Impact d'un défaut d'étanchéité	Humidification permanente de la feuillure à verre, le drainage ne permettant pas une ventilation suffisante.

ESTHETIQUE

Style et "design"	Calfeutrement invisible possible (en feuillure à l'état ouvert). Esthétique acceptable sur le calfeutrement vitrage (mastics incolores), problématique avec les panneaux de soubassement (différences de teintes)
Tenue de la finition	Certains mastics sont recouvrables avec la finition appliquée sur la menuiserie mais la tenue dans le temps est difficile.

DURABILITE

Tenue au vieillissement	Bonne à très bonne
Entretien et nettoyage	Nettoyage des trous de drainage
Réparation	Nettoyage du mastic précédent et extrusion du nouveau mastic. Le déparclosage et la dépose du vitrage sont nécessaires.

EVALUATION

Essais produits	Qualification de l'adhérence du mastic selon l'annexe E de la norme XP P 20-650-2
Essais profils	Si les profils de réservation sont différents des 2 modèles prévus dans la norme (Rainure en « V » simple et rainure avec feuillure), la rainure doit être qualifiée selon l'annexe E de la norme XP P 20-650-2.

PROCEDES DE MISE EN ŒUVRE

Gamme usinage	Ne nécessite pas d'outillage et de machines particulières
Mise en œuvre calfeutrement	Mise en œuvre du calfeutrement sur châssis cadré et vitrage calé.
Equipement (machine - outil)	Matériel simple peut être suffisant (pistolet manuel et cartouche) : Risque d'excès de mastic (remplissage d'un profil sans fond de joint) ou d'un manque de mastic (mauvaise tenue dans le temps) Robot de masticage : mise en route et obtention des réglages assez délicat mais constance du résultat.
Qualification MO	Menuisier
Productivité	Faible ou moyenne

MISE EN ŒUVRE SUR CHANTIER

Transport	Aucun risque direct sur le calfeutrement
Application sur le chantier	Une application manuelle est possible sur chantier, les critères d'applications du mastic devant être respectés.

BANDES PREFORMEES

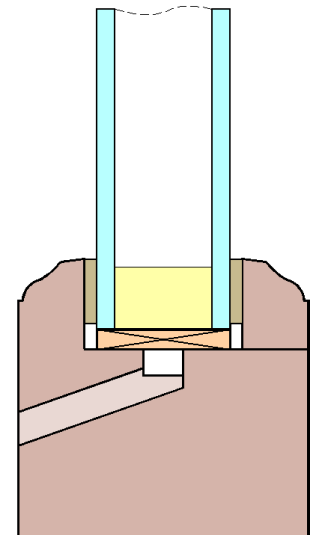
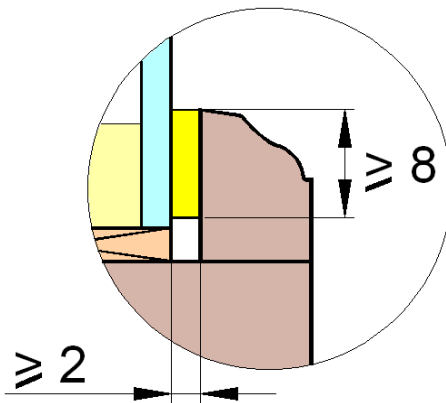
Les bandes préformées sont des mélanges semi-vulcanisés de Butyl et de Caoutchouc, qui une fois compressées adhèrent sur le bois et le vitrage.

Double barrière de bandes préformées

Description

Le calfeutrement est réalisé par deux bandes préformées, qui sont, à la mise en œuvre, comprimées entre le bois et le vitrage. L'étanchéité est réalisée par adhésion et permet un drainage classique.

Après compression, la bande préformée doit avoir une épaisseur minimale de 2 mm et une hauteur de 8 mm (dimension minimum avant compression : 8 x 3mm).



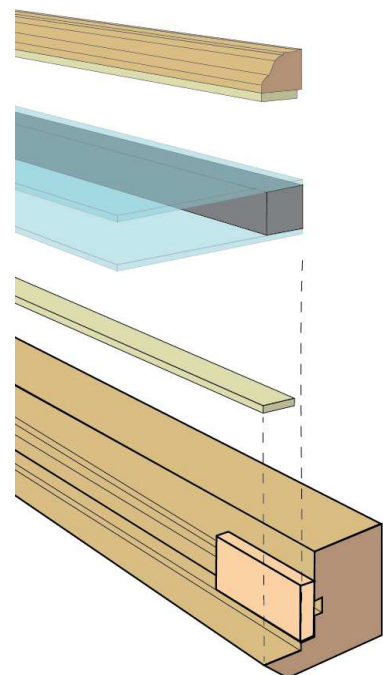
Mise en œuvre

On déroule la bande préformée sur le listel de feuillure, puis viennent ensuite le vitrage, le calage, la deuxième bande préformée et les parcloles.

L'ensemble doit ensuite être comprimé pour que l'écrasement des bandes soit suffisant et qu'elles soient affleurantes sur le haut des parcloles.

ATTENTION : une fois le vitrage en contact avec la bande préformée il est impossible de repositionner le vitrage, il faut donc prévoir un système de positionnement spécifique pour le vitrage.

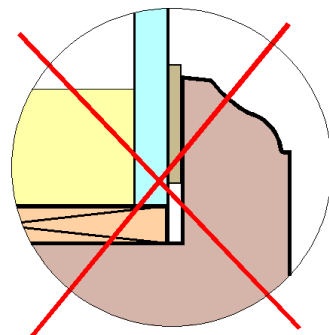
NB : Certains produits présentent des stries qui disparaissent une fois le produit comprimé, ils permettent un contrôle visuel d'une compression suffisante.



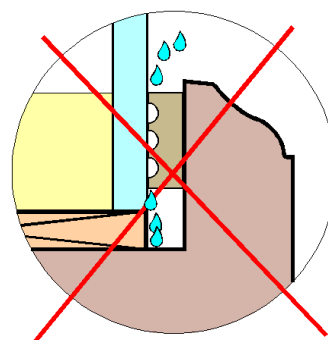
(Double barrière de bandes préformées)

Points de vigilance

Ecrasement trop important des bandes : risque de déformer définitivement le produit et de ne plus pouvoir compenser une déformation ultérieure de la feuillure.



Compression trop faible de la bande: mauvaise étanchéité ou pouvoir de compensation des déformations de la feuillure trop faible.



Attention au bon raccordement des bandes dans les angles

Autocontrôle

Contrôles visuels :

- affleurements des bandes
- a travers le vitrage : disparition des stries

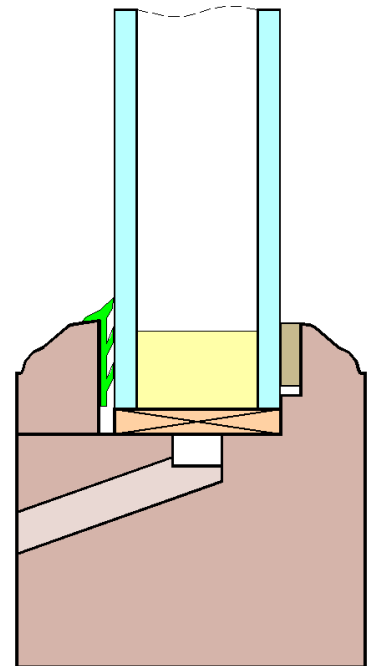
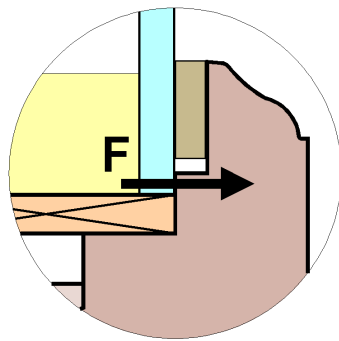
Autres contrôles :

- essai à la soufflette
- essai de piscine
- épaisseur du calfeutrement

Bandes préformées – Calfeutrement mixte

Description

Le calfeutrement est réalisé par une bande préformée d'un côté et par une mousse ou un profilé extrudé de l'autre. Il est nécessaire de vérifier que la bande préformée peut supporter la réaction mécanique de la mousse ou du profilé, sinon un talon reprend les efforts de compression du côté de la bande.



Après compression, la bande préformée doit conserver une **épaisseur** minimale de **2 mm** et une **hauteur** de prise sur le bois de **8 mm**.

Attention à dimensionner correctement le talon pour respecter ces exigences.

NB : Si la bande préformée est en barrière principale le drainage peut être classique, sinon il faut un drainage rapide.

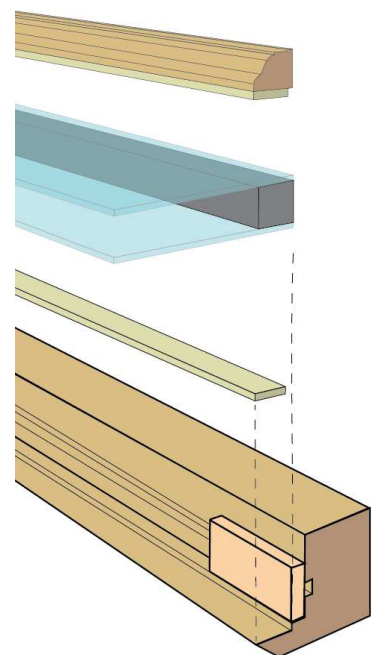
Mise en œuvre

Bande performée en barrière principale :

La bande préformée est déroulée sur le listel de feuillure, le vitrage est posé, avec le calage, puis on comprime la bande. Viennent ensuite le 2^{ème} calfeutrement et les parcloses.

ATTENTION : une fois le vitrage en contact avec la bande préformée il est impossible de repositionner le vitrage, il faut donc prévoir un système de positionnement spécifique pour le vitrage.

Si l'on souhaite comprimer l'ensemble après montage, via la parclose, il est nécessaire d'ajouter un talon sur la parclose pour ne pas abimer la mousse ou le profilé par une compression trop importante.



Bande performée en barrière secondaire :

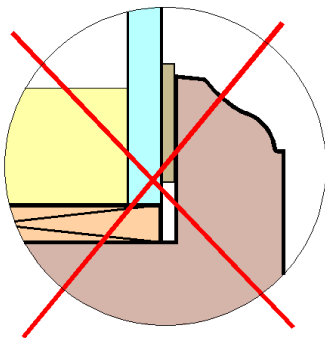
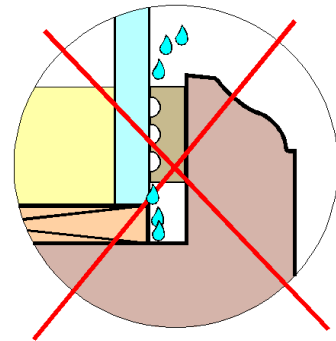
Identique, le calage pouvant se faire après la pose du vitrage.

Il est nécessaire d'ajouter un talon sur la parclose, qui arrêtera la compression à une épaisseur donnée, pour ne pas abîmer la mousse ou le profilé en comprimant la bande préformée.

Points de vigilance

La compression est celle indiquée sur la fiche du fabricant et à minima de 10%.

Ecrasement trop important des bandes : risque de déformer définitivement le produit et de ne plus pouvoir compenser une déformation ultérieure de la feuillure.



Compression trop faible de la bande : mauvaise étanchéité ou pouvoir de compensation des déformations de la feuillure trop faible.

Attention au bon raccordement des bandes dans les angles.

Autocontrôle

Contrôles visuels :

- affleurements des bandes
- a travers le vitrage : disparition des stries

Autres contrôles :

- essai à la soufflette
- essai de piscine
- épaisseur du calfeutrement
- distance bois / vitrage

Bandes préformées

ETANCHEITE

Etanchéité à l'initial	Excellente
Pouvoir de compensation	Moyen
Facteur de risque	Compression insuffisante des bandes Mauvais affleurement des bandes à l'angle remplissage / encadrement Mauvais raccord des bandes dans les angles

SALUBRITE

Type de drainage	Drainage traditionnel (en barrière principale pour un calfeutrement double-barrière)
Facteur de risque	Trous de drainage de la feuillure à verre bouchée (mousse, insectes, ...)
Impact d'un défaut d'étanchéité	Humidification permanente de la feuillure à verre, le drainage ne permettant pas une ventilation suffisante.

ESTHETIQUE

Style et "design"	Bandes visibles à la jonction remplissage / encadrement
Tenue de la finition	Non recouvrable

DURABILITE

Tenue au vieillissement	Bonne
Entretien et nettoyage	Nettoyage des trous de drainage
Réparation	Nettoyage des bandes défectueuses (une mauvaise formulation du produit peut entraîner des coulures) et pose de nouvelles bandes. Le déparclosage et la dépose du vitrage sont obligatoires.

EVALUATION

Essais produits	Qualification de la stabilité rhéologique selon la norme NF P 85-553 et NF EN ISO 7390. Essais de qualification nécessaire selon la XP P 20-650-2 (à l'état initial et après vieillissement)
-----------------	---

PROCEDES DE MISE EN OEUVRE

Gamme usinage	Usinage traditionnel, montage avec parclose obligatoire.
Mise en œuvre vitrage	Mise en œuvre vitrage en feuillure sur châssis cadré et maintien par parclose pointée.
Equipement (machine - outil)	Dépose des bandes préformées à la main. Table à vitrer fortement conseillé pour un pressage calibré des bandes préformées. Méthode de positionnement précis nécessaire, le verre n'étant plus déplaçable une fois posé sur la première bande préformée. Montage possible à la main (control visuel de l'écrasement des bandes)
Qualification MO	Menuisier, formation spécifique à ce système de calfeutrement
Productivité	Faible ou moyenne

MISE EN ŒUVRE SUR CHANTIER

Transport	Aucun risque direct sur le calfeutrement
Application sur le chantier	Une application manuelle est difficilement réalisable sur chantier, le verre n'étant pas repositionnable après montage sur la première bande et la bonne compression du produit difficile à obtenir.

Mousses

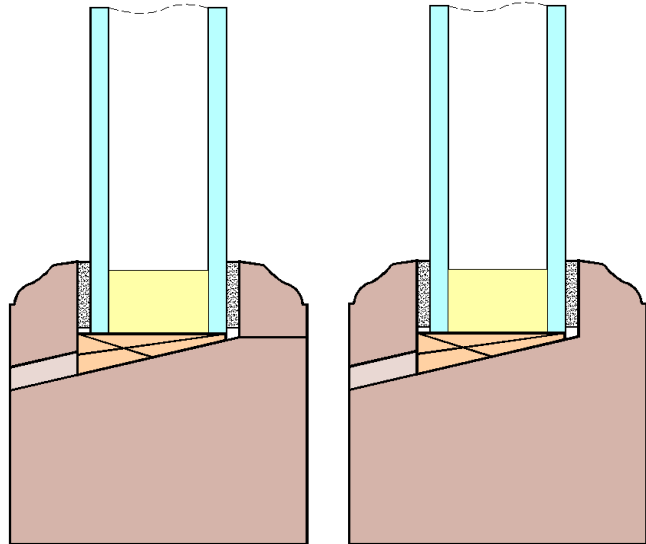
Description

Le calfeutrement est réalisé par deux bandes de mousses, qui sont comprimées entre le bois et le vitrage. Elles réalisent l'étanchéité par réaction mécanique.

Les mousses sont des produits secs très simples de manipulations.

Les mousses sont tenues en place par un adhésif, dont la tenue doit être qualifiée.

Ce type de calfeutrement exige de mettre en œuvre un drainage rapide (risque de perte de la reprise élastique dans le temps).

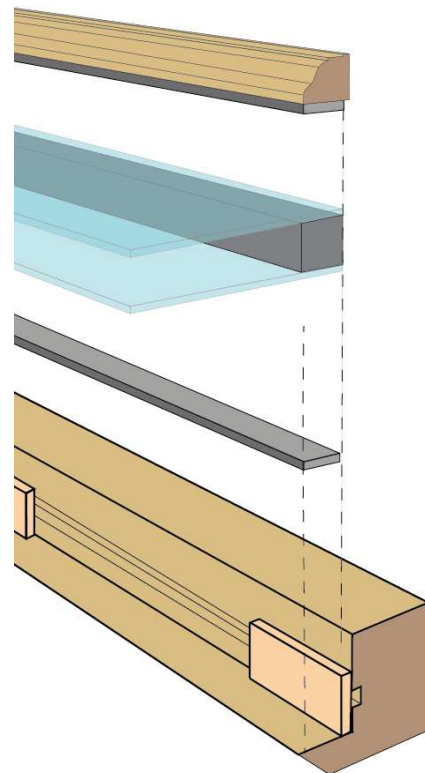


Sections minimums des mousses après compression : 10 x 2 mm (H x L).

Mise en œuvre

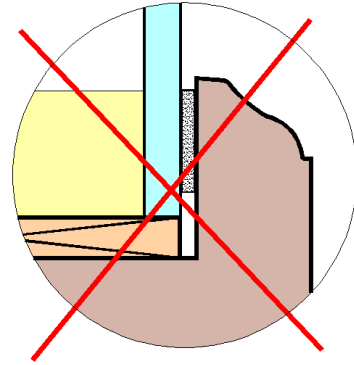
On déroule la bande de mousse sur le listel de feuillure, puis viennent ensuite le vitrage, le calage, la deuxième bande de mousse et les parcloles.

L'ensemble doit ensuite être comprimé pour que l'écrasement des bandes soit conforme aux recommandations du fabricant.

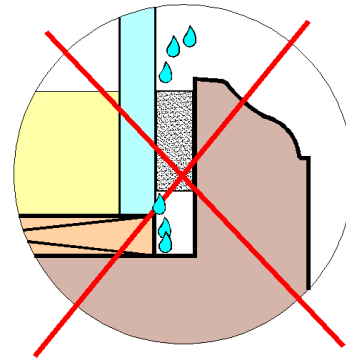


Points de vigilance

Ecrasement trop important des bandes : la mousse risque de se déformer définitivement et de ne plus pouvoir compenser une déformation ultérieure de la feuillure.



Compression trop faible de la bande de mousse : mauvaise étanchéité ou pouvoir de compensation des déformations de la feuillure trop faible.



Attention au bon raccordement des bandes dans les angles.

Contrôles visuels :
- affleurements des bandes

Auto-contrôle

Autres contrôles :
- respect de la distance bois / vitrage
- essai à la soufflette
- essai de piscine

Mousses

ETANCHEITE

Etanchéité	Faible à bonne
Pouvoir de compensation	Bon à très bon
Facteur de risque	Mauvais affleurement des bandes à l'angle remplissage / encadrement Perte du pouvoir de compensation dans le temps

SALUBRITE

Type de drainage	Drainage rapide
Facteur de risque	Faible
Impact d'un défaut d'étanchéité	Faible du fait de la bonne ventilation du drainage rapide

ESTHETIQUE

Style et "design"	Bandes visibles à la jonction remplissage / encadrement
Tenue de la finition	Non recouvrables

DURABILITE

Tenue au vieillissement	Moyenne
Entretien et nettoyage	Nettoyage des rainures de ventilation
Réparation	Nettoyage des bandes défectueuses et pose de nouvelles bandes. Le déparclosage et la dépose du vitrage sont obligatoires.

EVALUATION

Essais produits	Qualification de l'adhérence des produits ayant une face adhésive sur le bois selon l'annexe E de la norme XP P 20-650-2 (essai de « pelage »). Qualification selon l'annexe G de la norme XP P 20-650-2 (Qualification à l'état initial et après vieillissement).
-----------------	---

PROCEDES DE MISE EN ŒUVRE

Gamme usinage	Usinage traditionnel, montage avec parclose obligatoire.
Mise en œuvre vitrage	Mise en œuvre vitrage en feuillure sur châssis cadré et maintien par parclose pointé.
Equipement (machine - outil)	Dépose des bandes à la main. Presse calibrée fortement conseillé pour obtenir systématiquement la compression demandée par le fabricant. Montage possible à la main (vérification visuel du bon écrasement des bandes).
Qualification MO	Menuisier
Productivité	Faible ou moyenne

MISE EN ŒUVRE SUR CHANTIER

Transport	Aucun risque direct sur le calfeutrement
Application sur le chantier	Une application manuelle est possible sur chantier, les critères d'applications du fabricant devant être respectés.

PROFILES EXTRUDES

Les profilés extrudés regroupent différentes catégories de produits. On considère l'ensemble des profilés qui assure l'étanchéité par réaction mécanique et qui ne soit pas des bandes de mousses.

Cela inclut (liste non-exhaustive)

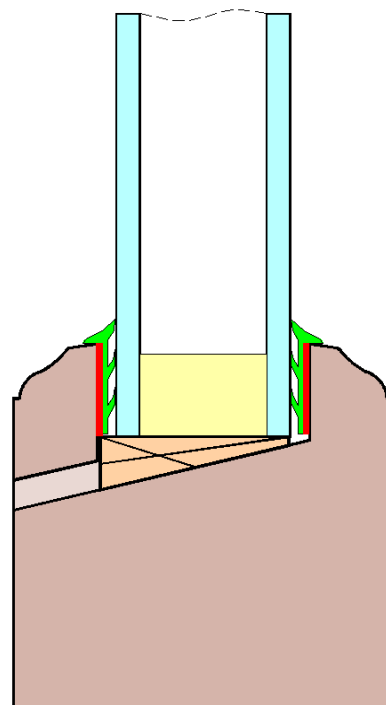
- Les différents matériaux :
 - o PVC souple et rigide,
 - o EPDM,
 - o TPE,
 - o Silicone,
 - o ...
- Les joints mono-matière ou multi-matière,
- Les différents profils :
 - o A lèvres,
 - o A chambre,
 - o Tubulaire,
 - o ...
- Joints à dérouler : tenue sur le bois par adhésif,
- Joints « à bourrer » : tenue mécanique par queue de sapin ou autre,
- Joints en U.

Profils extrudés – Fixation par adhésif

Description

Le calfeutrement est réalisé par réaction mécanique des profilés.

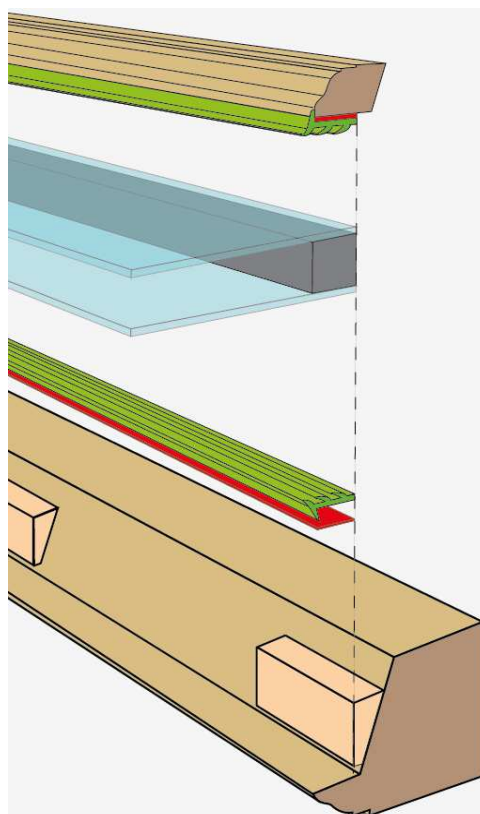
La tenue sur le bois des profilés est faite par une face adhésive. Ce type de fixation des profilés oblige à une mise en œuvre par feuillure et parcloses et exclue donc le maintien du vitrage en rainure.



Mise en œuvre

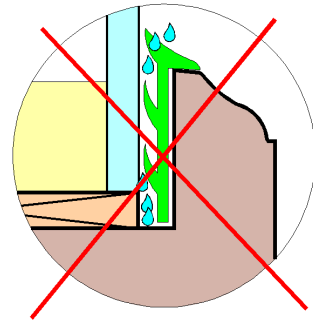
On déroule la bande adhésive sur le listel de feuillure, puis viennent ensuite le vitrage, le calage, les parcloses (avec le deuxième profilé préalablement collée sur les parcloses).

L'ensemble doit ensuite être comprimé pour que l'écrasement des profilés soit conforme aux recommandations du fabricant.

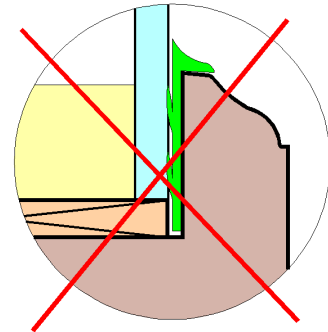


Points de vigilance

Ecrasement insuffisant des profilés : mauvaise étanchéité et pouvoir de compensation trop faible.



Ecrasement trop important : détérioration des profilés et perte du pouvoir de compensation.



Attention au bon raccordement des profilés dans les angles, il est parfois nécessaire de souder certains profilés pour obtenir une réelle continuité de l'étanchéité.

Autocontrôle

Contrôles visuels :
- continuité dans les angles

Autres contrôles :
- essai à la soufflette
- essai de piscine
- respect de la distance bois / vitrage

Profilés extrudés – « En U » ou « à bourrer »

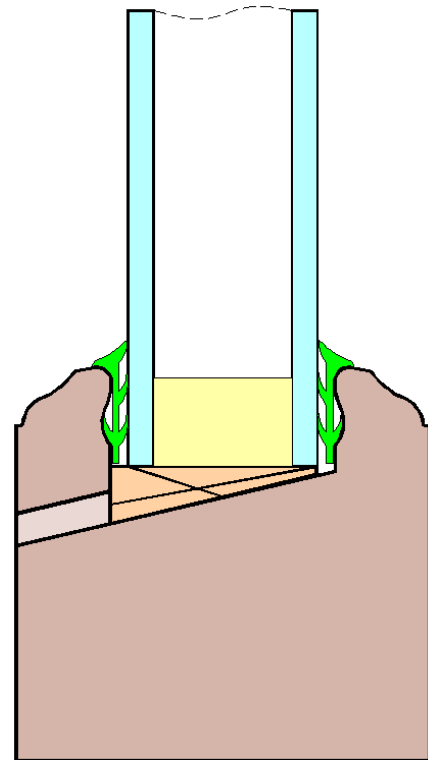
Description

Le calfeutrement est réalisé par réaction mécanique des profilés.

Il existe 2 types de profilés :

- « **en U** », qui encercle le vitrage et empêche ainsi aux joints, dans la durée, de glisser en dehors de leurs réservations. Ils permettent également une meilleure productivité lors du cadrage,
- « **à bourrer** » La tenue sur le bois est faite par un profilage spécifique du joint (ex : queue de sapin).

Epaisseur minimum du profilé après compression : 2 mm.



Mise en œuvre

Joint en U :

Le joint est assemblé en périphérie du vitrage et le vantail est ensuite cadré autour, par assemblage mécanique.

Le calage est positionné en même temps que l'assemblage, il est généralement nécessaire d'intégrer une cale réglable qui permet de bloquer définitivement le vitrage une fois le vantail assemblé.

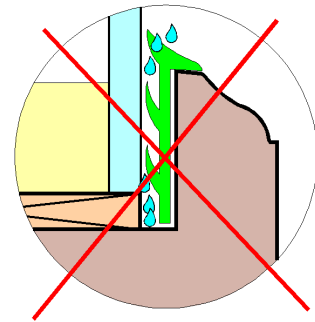
Joint à bourrer :

La menuiserie est cadrée autour du vitrage, si le maintien du vitrage se fait par rainure, ou monté en feuillure avec un montage par parcloles.

Les joints sont ensuite bourrés entre le bois et le vitrage.

Points de vigilance

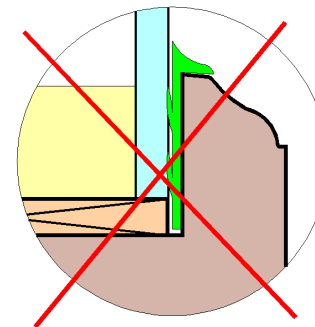
Les profilés extrudés en U ou à boucher sont essentiellement utilisés avec des **montages en rainure**, donc sans réglage de l'écrasement du joint sur le vitrage. Il est donc important de valider avec votre miroitier que les **tolérances d'épaisseur sur les vitrages** sont acceptables dans votre conception.



A fortiori lors de l'utilisation de composition de vitrages différents (vitrages spécifiques acoustiques ou sécurité par exemple), il est nécessaire de vérifier que les joints travaillent toujours dans leurs plages de fonctionnement.

Risques : compression insuffisantes des profilés : mauvaise étanchéité.

Compression trop forte : déformation irréversible du profilé et perte du pouvoir de compensation des joints.



Attention au bon raccordement des profilés dans les angles, il est parfois nécessaire de souder certains profilés pour obtenir une réelle continuité de l'étanchéité.

Autocontrôle

Contrôles visuels :

- continuité dans les angles

Autres contrôles :

- essai à la soufflette

- essai de piscine

- respect de la distance bois / vitrage

Profils extrudés

ETANCHEITE

Etanchéité à l'initial	Bonne à très bonne
Influence de la pression d'air	Moyenne à forte
Pouvoir de compensation	Bon à très bon
Facteur de risque	Mauvaise jointure dans les angles Perte du pouvoir de compensation dans le temps

SALUBRITE

Type de drainage	Drainage rapide
Facteur de risque	Faible
Impact d'un défaut d'étanchéité	Faible du fait de la bonne ventilation du drainage rapide

ESTHETIQUE

Style et "design"	Lèvres du joints visibles
Tenue de la finition	Non recouvrables

DURABILITE

Tenue au vieillissement	Moyenne
Entretien et nettoyage	Nettoyage des rainures de ventilation
Réparation	Nettoyage des bandes défectueuses et pose de nouvelles bandes. Le déparclosage et la dépose du vitrage sont obligatoires.

EVALUATION

Essais produits	Qualification de la tenue des profilés dans le châssis selon l'annexe D de la norme XP P 20-650-2 (vérification de l'effort d'arrachement minimal du joint) Qualification selon l'annexe G de la norme XP P 20-650-2 (Qualification à l'état initial et après vieillissement)
-----------------	--

PROCEDES DE MISE EN OEUVRE

Gamme usinage	Usinage traditionnel, montage du verre en rainure possible
Mise en œuvre vitrage	Mise en œuvre vitrage en rainure ou en feuillure sur châssis cadré et maintien par parclosé pointé.
Equipement (machine - outil)	Après la pose du vitrage, « bourrage » des joints à la main.
Qualification MO	Menuisier
Productivité	Elevée

MISE EN ŒUVRE SUR CHANTIER

Transport	Aucun risque direct sur le calfeutrement
Application sur le chantier	Une application manuelle est possible sur chantier, les critères d'applications du fabricant devant être respectés.

Calfeutrement des petits bois

Les véritables petits bois ont des épaisseurs de matière entre 2 vitrages, trop faibles pour permettre d'inclure un drainage de la feuillure à verre. Il est donc prévu par la norme de remplir entièrement la feuillure à verre.

Ces méthodes de calfeutrement n'est possible que si les deux conditions suivantes sont respectées :

- Surface de vitrage inférieur à 0,1 m²,
- Plus grandes dimensions inférieur à 0,35 m.

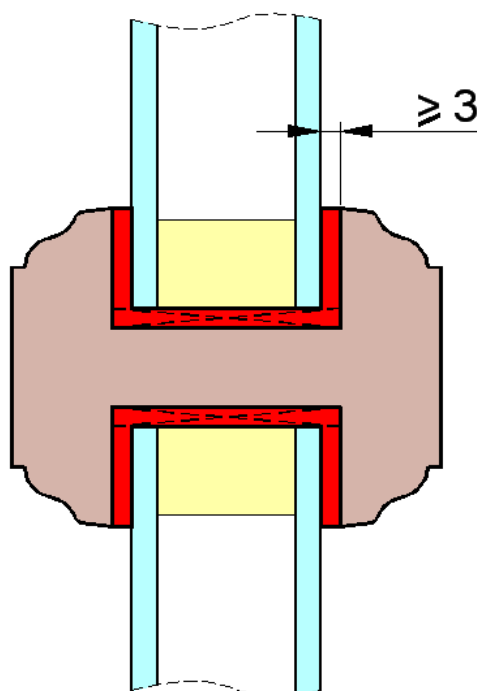
Petits bois – mastic

Description

Le calfeutrement est réalisé par remplissage de la feuillure à verre de mastic.

L'épaisseur minimale de mastic est de 3 mm.
Attention : le vitrage doit toujours être calé, conformément aux exigences d'un vitrage standard.

Il est également nécessaire de prévoir un calage latéral qui garantisse une épaisseur minimum de 3 mm entre le vitrage et le bois.



Mise en œuvre

Le calage latéral est fixé sur le listel de feuillure, un premier cordon de mastic est déposé en fond de feuillure, le vitrage est posé puis calé. Avant parclosage, l'espace entre vitrage et bois est comblé de mastic. Viennent ensuite les cales latérales, les parclozes et enfin le calfeutrement est terminé en solin entre le bois et le vitrage.

Points de vigilance

Ce type de calfeutrement est nécessairement réalisé à l'aide de calages latéraux et supprime donc les risques d'une mauvaise épaisseur de mastic.

Auto-contrôle

Contrôles visuels :

- continuité du solin de mastic

Autres contrôles :

- essai à la soufflette

- essai de piscine

- épaisseur du calfeutrement

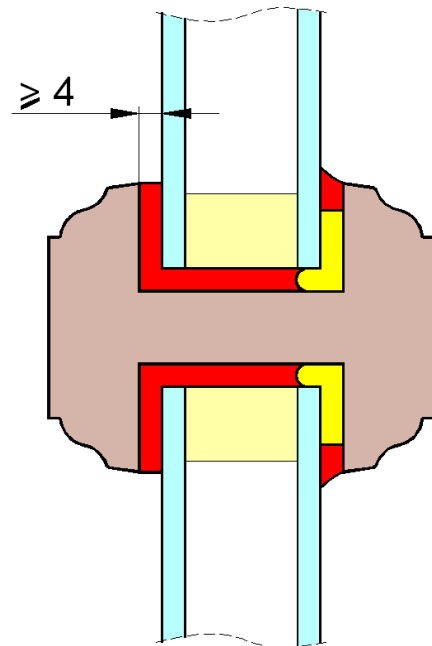
Petits bois – Bande préformée et mastic

Description

Le vitrage est calé par une bande préformée puis la feuillure à verre est remplie par le mastic.

Le maintien du vitrage par la bande préformée permet de supprimer le calage du vitrage.

Pour cette méthode l'épaisseur minimale de mastic est de 4 mm.



Mise en œuvre

La bande préformée est positionnée au pied du listel de feuillure, et le vitrage pressé sur la bande préformée. Le fond de feuillure est ensuite rempli de mastic. Viennent ensuite les calages latéraux, les parcloses et l'extrusion de mastic.

ATTENTION : une fois le vitrage en contact avec la bande préformée il est impossible de repositionner le vitrage, il faut donc prévoir un système de positionnement spécifique pour le vitrage.

Points de vigilance

La bande préformée réalisant le calage, il est nécessaire de vérifier que l'épaisseur après compression est toujours supérieure à 4 mm.

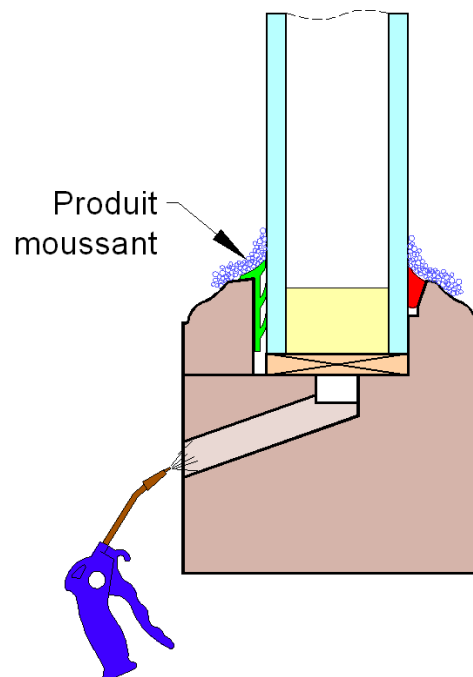
Le calage latéral sous la parclose supprime les risques d'une mauvaise épaisseur de mastic.

Pour vérifier simplement l'étanchéité d'un système de calfeutrement il existe 2 méthodes, simples de mises en œuvre :

NB : ces méthodes ne garantissent de la bonne réalisation du calfeutrement ni de sa tenue dans le temps mais permettent juste un contrôle rapide d'un défaut d'étanchéité, ou pour détecter l'origine d'une fuite.

Essais d'étanchéité par soufflette et produit moussant.

On arrose de produit moussant un côté du calfeutrement et l'on applique de l'air comprimé de l'autre côté, ou dans le drainage, de l'air comprimé. Si une fuite existe elle fera mousser le produit.



Essais d'étanchéité par « baignoire »

La menuiserie est posée à l'horizontale et remplie d'eau jusqu'au ras des parclozes. On forme ainsi une « baignoire ». On vérifie ensuite qu'aucune fuite n'apparaît de l'autre côté de la menuiserie. L'essai est réalisé pendant 1 heure.



Selon les conditions environnantes le cadre bois et le vitrage se comportent différemment et tendent à se déformer.

Si le calfeutrement est adhérent cela va le contraindre en traction/compression ou cisaillement, si le calfeutrement est mécanique cela va réduire ou augmenter le niveau de compression de la garniture.

Les sollicitations de la liaison bois / vitrage d'une menuiserie extérieure bois sont de différentes natures :

- Déformations du cadre du vantail

Le cadre du vantail subit différentes sollicitations mécaniques qui vont le déformer :

- Poids de la menuiserie et du vitrage (fortement amplifié par un mauvais calage),
- Manœuvre ou utilisation anormale,
- Pression de vent.

Le vitrage quand à lui se déforme très peu sous l'action mécanique, c'est donc le calfeutrement, à l'interface des deux, qui reprend la contrainte mécanique.

Exemple Une chute de nez de 2 mm sur une fenêtre à ouverture à la française dont le vitrage est calé selon la XP P 20-650, implique une déformation du calfeutrement bois/vitrage de 2 mm au nez.

- Dilatations thermique

Sous l'effet de la chaleur, du froid ou du rayonnement le vitrage va subir des variations de température qui vont le dilater ou le contracter. Le bois ayant un coefficient de dilatation thermique plus faible que le verre, le calfeutrement sera soumis à des contraintes de cisaillement.

Exemple Pour un vitrage de 2m de longueur, en condition d'hiver: $T_{ref}=20^{\circ}C$, $T_{min}=-20^{\circ}C$
 $\Delta_{verre} = 9.10^{-6}$ $\Delta_{bois} = 4.10^{-6}$
 $\Delta L_{verre} = \Delta_{verre} \cdot L \cdot \Delta T = 9.10^{-6} \times 2000 \times (20 - (-20)) = 0,72 \text{ mm}$
 $\Delta L_{bois} = \Delta_{bois} \cdot L \cdot \Delta T = 4.10^{-6} \times 2000 \times (20 - (-20)) = 0,32 \text{ mm}$
Soit une déformation dans la longueur de 0,4mm.

- Retrait et gonflement du bois

Sous l'effet de l'humidité (ou d'un air sec) le cadre de la menuiserie va reprendre ou perdre de l'humidité et se dilater ou se rétracter. Le verre ne subissant aucune déformation du fait de l'humidité, le calfeutrement va subir des efforts d'arrachement ou d'écrasement, et de cisaillement.

On considère également que la feuillure ou les parclozes se déforment, on dit alors qu'elles « tuilent ». La limite haute de déformation est fixée par la norme XP-P 20-650-2, et doit être inférieure au 30^{ème} de la hauteur de la feuillure à verre.

Exemple Pour un triple vitrage de 44 mm d'épaisseur, une feuillure à verre de 20m m et une variation d'humidité relative du bois de 10%. On considère un tuilage égal au maximum admissible.

$$V = r \cdot e \cdot \Delta H + T_k$$

V : variation dimensionnelle

r : coefficient de retrait du bois en % par variation de 1% du taux d'humidité du bois

Ici 0,3% en tangentiel (largeur de feuillure) et 0,15% en radial (hauteur de feuillure)

e : épaisseur de bois

ΔH : variation d'humidité du bois

t_k : tuilage caractéristique = $hf / 30$

$$V_{\text{largeur}} = 0.003 \times 44 \times 10 + 20/30 \approx 2 \text{ mm (1mm pour un calfeutrement double barrière)}$$

$$V_{\text{hauteur}} = 0.0015 \times 20 \times 10 = 0,3 \text{ mm}$$

Soit une déformation cumulée de 1,1 mm par côté pour un calfeutrement double barrière.

Le calfeutrement, s'il est correctement mis en œuvre, est capable de reprendre ces différentes contraintes mécaniques.

NB : Rigidification du cadre par le vitrage :

Dans le cas des calfeuttements adhérent la rigidité du verre permet de rigidifier le vantail de la menuiserie, mais sollicite fortement le calfeutrement. Il existe des solutions de collage du verre sur la menuiserie qui en créant une tenue forte entre le verre et le cadre diminue les sollicitations sur le calfeutrement.

Solutions non traditionnelles

Nous vous présentons ici des solutions couramment mises en œuvre, en France ou d'en d'autres pays mais qui sont actuellement non-conformes aux normes françaises.

- Drainage par les montants

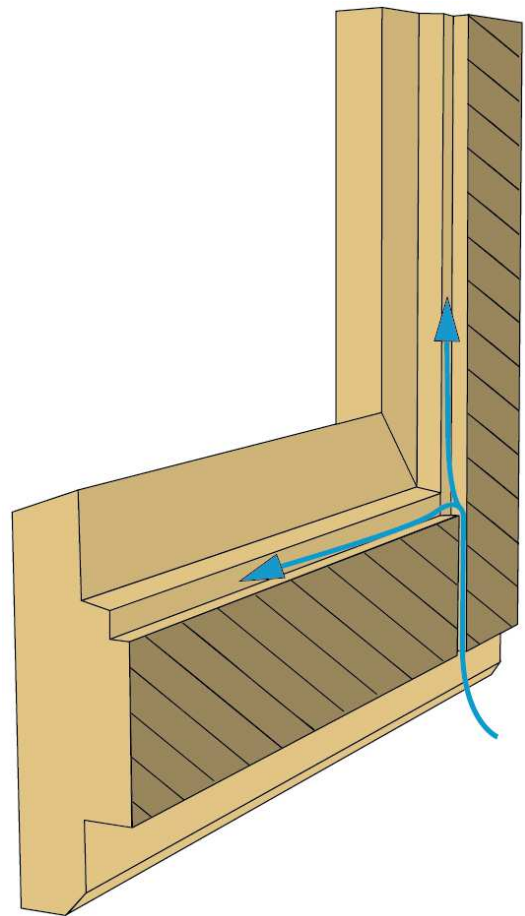
La rainure de drainage de la feuillure à verre est également usinée sur les montants et ainsi drainée vers l'extérieur.

Cette solution présente deux avantages principaux :

- un gain de productivité car elle ne nécessite aucun usinage supplémentaire que le profilage de base,
- les trous de drainage sont très peu visibles.

Les défauts principaux, qui limitent les capacités drainante de cette solution sont:

- quelque soit la dimension du vantail, il n'existe que deux trous de drainage,
- le positionnement aux extrémités des trous de drainage qui expose plus le centre de la traverse basse,
- Les orifices de drainage sont de la dimension de la rainure de drainage (min 6 x 6 mm) plus faible que les perçages du drainage classique (min Ø 8 mm).



- Drainage en cascade des traverses intermédiaires

Cette solution permet d'éviter la présence des trous de drainage en façade de la traverse, mais expose le champ du panneau de soubassement ou le scellement du vitrage ce qui réduit considérablement leurs durabilités.



Les solutions présentées dans ce paragraphe n'ont pas été évaluées et nous ne connaissons pas encore leurs capacités à assurer la salubrité de la feuillure à verre des menuiseries.

ADEQUATION DES SYSTEMES DE MAINTIEN DU VITRAGE POUR LES T.P.E.

	Avantage	problématique	Conclusions
Rainure	<ul style="list-style-type: none"> - Suppression des parcloses - Productivité accrue - Utilisation possible de joints en U - Pas d'investissement spécifique - Tenue des finitions 	<ul style="list-style-type: none"> - Épaisseur des vitrages utilisables défini par la largeur de la rainure - Tolérance mince sur les épaisseurs de vitrage - Vitrage sur menuiserie posée impossible 	adapté au TPE: <ul style="list-style-type: none"> - outillage simple - pas de process difficile à maîtriser (ex: maîtrise de compression de parclose) - exige une bonne maîtrise des épaisseurs
Feuillure intérieure	<ul style="list-style-type: none"> - Parcloses non-exposées aux conditions ext - Compatible avec différentes épaisseurs de vitrages - Permet le vitrage de châssis fixe par l'intérieur (pour accès difficile) 	<ul style="list-style-type: none"> - Étanchéité à l'air plus délicate à obtenir (mastic en pied de parclose) 	Adapté au TPE: <ul style="list-style-type: none"> - Process simple possible (pour certains systèmes de calfeutrement)
Feuillure extérieure	<ul style="list-style-type: none"> - Compatible avec différentes épaisseurs de vitrages - Étanchéité à l'air plus facile à obtenir 	<ul style="list-style-type: none"> - Parcloses exposés aux condition extérieures - Certain cahier des charges interdisent cette solution pour le risque de vandalisme (faible) - La pose du vitrage sur châssis fixe en accès difficile (hauteur) 	Attention, pour certains systèmes la maîtrise systématique d'une bonne compression demande une conception ou un outillage spécifique.
listel rapporté (double parclose)	<ul style="list-style-type: none"> - Compatible avec différentes épaisseurs de vitrages - Rendement matière - Section nécessaire plus faible 	<ul style="list-style-type: none"> - Positionnement et montage délicat - Étanchéité à l'air plus délicate à obtenir 	Système peu courant Peu adapté aux TPE: <ul style="list-style-type: none"> - outillages spécifiques pour le positionnement de la première parclose

ADEQUATION DES SYSTEMES DE CALFEUTREMENT POUR LES T.P.E.

	Avantage	problématique	Conclusions
Mastic	<ul style="list-style-type: none"> - Compatible drainage traditionnel - Mise en œuvre simple - Compatible avec tout les systèmes de maintien du vitrage - Bonne tenue au vieillissement - Remplacement aisé - Bonne étanchéité à l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> - Esthétique - Investissement nécessaire pour une automatisation 	<p>Adapté aux TPE:</p> <ul style="list-style-type: none"> - outillage simple - mise en œuvre facile à maîtriser
Bandes préformées	<ul style="list-style-type: none"> - Compatible drainage traditionnel - Mise en œuvre simple, à plat - Bonne étanchéité à l'eau 	<ul style="list-style-type: none"> - Repositionnement du vitrage impossible après contact du verre avec la bande préformée - Sensibilité à la composition chimique pour éviter les coulures - Maintien du vitrage par parclosé nécessaire - Maîtrise de l'effort de compression des bandes - Positionnement du vitrage délicat - Deparclosage nécessaire pour un remplacement 	<p>Moyennement adapté aux TPE, outillage ou conception spécifique pour une bonne maîtrise:</p> <ul style="list-style-type: none"> - de la compression des bandes préformées - du positionnement vitrage
Mousse	<ul style="list-style-type: none"> - Mise en œuvre simple, à plat - produits secs 	<ul style="list-style-type: none"> - Drainage rapide nécessaire - Maintien du vitrage par parclosé nécessaire - Maîtrise de l'effort de compression des bandes - Deparclosage nécessaire pour un remplacement - Etanchéité à l'eau 	<p>Adapté aux TPE:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Outillage simple possible <p>Attention:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Méthode de compression des bandes ou méthode de contrôle à mettre en œuvre
Profilés extrudés	<ul style="list-style-type: none"> - Compatible avec montage en rainure - Remplacement aisé - Produits secs 	<ul style="list-style-type: none"> - Drainage rapide nécessaire - Tenue dans le temps - Etanchéité à l'eau 	<p>Très adapté aux TPE:</p> <ul style="list-style-type: none"> - process et outillage simples

ADEQUATION DES SYSTEMES DE CALFEUTREMENT POUR LES T.P.E.

	Avantage	problématique	Conclusions
Drainage traditionnel	<ul style="list-style-type: none"> - Machine & Outil standard - Compatible traverse basse sans jet d'eau 	<ul style="list-style-type: none"> - uniquement associé aux calfeutrements assurant l'étanchéité par adhérence - Obstruction des orifices de drainage avec le temps 	<p>Très adapté aux TPE:</p> <ul style="list-style-type: none"> - process et outillage simples
Drainage rapide	<ul style="list-style-type: none"> - Compatible avec tout les système de drainage - Excellent salubrité de l'ouvrage 	<ul style="list-style-type: none"> - Investissement temps et essais de mise au point du drainage - usinage complexe 	<p>Adapté aux TPE:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Outillage et process simple possible <p>Attention, à l'initial la conception du drainage et du process sont plus délicates que pour le drainage traditionnel</p>

ADEQUATION DES SYSTEMES DE DRAINAGE NON-TRADITIONNEL POUR LES T.P.E.

Drainage par les montants	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de reprise d'usinage - Pas de drainage visible en facade 	<ul style="list-style-type: none"> - Non conforme à la norme XP P 20-650 - Pas conçu pour drainer de l'eau mais uniquement pour la ventilation du chant du vitrage - Positionné aux assemblages d'angles: points sensibles de la menuiserie - Obstruction possible des orifices et nettoyage diffi 	<p>Ce type de drainage serait très adapté pour les TPE: pas de reprise d'usinage nécessaire</p>
Drainage en cascade (traverse intermediaire ou petit bois)	<ul style="list-style-type: none"> - Pas de reprise d'usinage - Pas de drainage visible en facade 	<ul style="list-style-type: none"> - Non conforme à la norme XP P 20-650 - Expose les champs des panneaux ou des vitrages - Investissement temps et essais de mise au point du drainage 	<p>L'adéquation de ce système pour les TPE dépendra du système développé</p>