



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS  
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

[www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr](http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr)

RECOMMANDATIONS PROFESSIONNELLES

**VERRIÈRES**

SEPTEMBRE 2013

NEUF-RENOVATION

# ÉDITO

Le Grenelle Environnement a fixé pour les bâtiments neufs et existants des objectifs ambitieux en matière d'économie et de production d'énergie. Le secteur du bâtiment est engagé dans une mutation de très grande ampleur qui l'oblige à une qualité de réalisation fondée sur de nouvelles règles de construction.

Le programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » a pour mission, à la demande des Pouvoirs Publics, d'accompagner les quelque 370 000 entreprises et artisans du secteur du bâtiment et l'ensemble des acteurs de la filière dans la réalisation de ces objectifs.

Sous l'impulsion de la CAPEB et de la FFB, de l'AQC, de la COPREC Construction et du CSTB, les acteurs de la construction se sont rassemblés pour définir collectivement ce programme. Financé dans le cadre du dispositif des certificats d'économies d'énergie grâce à des contributions importantes d'EDF (15 millions d'euros) et de GDF SUEZ (5 millions d'euros), ce programme vise, en particulier, à mettre à jour les règles de l'art en vigueur aujourd'hui et à en proposer de nouvelles, notamment pour ce qui concerne les travaux de rénovation. Ces nouveaux textes de référence destinés à alimenter le processus normatif classique seront opérationnels et reconnus par les assureurs dès leur approbation ; ils serviront aussi à l'établissement de manuels de formation.

Le succès du programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » repose sur un vaste effort de formation initiale et continue afin de renforcer la compétence des entreprises et artisans sur ces nouvelles techniques et ces nouvelles façons de faire. Dotées des outils nécessaires, les organisations professionnelles auront à cœur d'aider et d'inciter à la formation de tous.

Les professionnels ont besoin rapidement de ces outils et « règles du jeu » pour « réussir » le Grenelle Environnement.

**Alain MAUGARD**

Président du Comité de pilotage du Programme  
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »  
Président de QUALIBAT



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS

## « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

Ce programme est une application du Grenelle Environnement. Il vise à revoir l'ensemble des règles de construction, afin de réaliser des économies d'énergie dans le bâtiment et de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

[www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr](http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr)

# AVANT- PROPOS

Afin de répondre au besoin d'accompagnement des professionnels du bâtiment pour atteindre les objectifs ambitieux du Grenelle Environnement, le programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » a prévu d'élaborer les documents suivants :

Les **Recommandations Professionnelles** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents techniques de référence, préfigurant un avant-projet NF DTU, sur une solution technique clé améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur vocation est d'alimenter soit la révision d'un NF DTU aujourd'hui en vigueur, soit la rédaction d'un nouveau NF DTU. Ces nouveaux textes de référence seront reconnus par les assureurs dès leur approbation.

Les **Guides** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents techniques sur une solution technique innovante améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur objectif est de donner aux professionnels de la filière les règles à suivre pour assurer une bonne conception, ainsi qu'une bonne mise en œuvre et réaliser une maintenance de la solution technique considérée. Ils présentent les conditions techniques minimales à respecter.

Les **Calepins de chantier** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des mémentos destinés aux personnels de chantier, qui illustrent les bonnes pratiques d'exécution et les dispositions essentielles des Recommandations Professionnelles et des Guides « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 ».

Les **Rapports** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » présentent les résultats soit d'une étude conduite dans le cadre du programme, soit d'essais réalisés pour mener à bien la rédaction de Recommandations Professionnelles ou de Guides.

Les **Recommandations Pédagogiques** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents destinés à alimenter la révision des référentiels de formation continue et initiale. Elles se basent sur les éléments nouveaux et/ou essentiels contenus dans les Recommandations Professionnelles ou Guides produits par le programme.

L'ensemble des productions du programme d'accompagnement des professionnels « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » est mis gratuitement à disposition des acteurs de la filière sur le site Internet du programme : <http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr>

# Sommaire

<b>1 - Introduction .....</b>	<b>7</b>
<b>2 - Domaine d'application .....</b>	<b>8</b>
<b>3 - Références .....</b>	<b>10</b>
3.1. • NF DTU .....	10
3.2. • Normes .....	12
3.3. • Autres documents de référence.....	19
<b>4 - Glossaire .....</b>	<b>21</b>
<b>5 - Produits .....</b>	<b>26</b>
5.1. • Ossatures ou structures.....	26
5.2. • Remplissages verriers .....	31
5.3. • Remplissages opaques manufacturés .....	32
5.4. • Tôlerie .....	32
5.5. • Membranes d'étanchéité.....	33
5.6. • Mastics.....	33
5.7. • Profilés ou pièces ponctuelles de coupure thermique .....	33
5.8. • Profilés d'étanchéité en caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique.....	35
5.9. • Entrée d'air de ventilation .....	35
5.10. • Protections solaires.....	35
<b>6 - Conception.....</b>	<b>40</b>
6.1. • Stabilité .....	40
6.2. • Sécurité incendie.....	47
6.3. • Hygiène, santé et environnement.....	48
6.4. • Sécurité d'utilisation.....	50
6.5. • Performances acoustiques .....	53
6.6. • Caractéristiques thermiques.....	56
6.7. • Habitabilité .....	60
6.8. • Performances de durabilité .....	61
<b>7 - Dispositions constructives .....</b>	<b>65</b>
7.1. • Pente minimale des verrières .....	65
7.2. • Dispositions d'étanchéité et drainage.....	66
7.3. • Hauteur de la garde à l'eau des traverses .....	70
7.4. • Calage des remplissages en verrière .....	71
7.5. • Maintien des remplissages.....	74
7.6. • Dispositifs de fixation des ossatures (attaches, ancrages, fixations).....	76
7.7. • Conception des joints de dilatation .....	77
7.8. • Compatibilité entre matériaux.....	78
7.9. • Raccordements sur les murs en périphérie.....	79
7.10. • Ouvrants en verrière.....	81
7.11. • Évacuation des eaux pluviales .....	82



<b>8 - Mise en œuvre .....</b>	<b>85</b>
8.1. • Limites de prestations.....	85
8.2. • Coordination des travaux.....	88
8.3. • Conditions requises pour la mise en œuvre.....	91
8.4. • Mode d'exécution des travaux .....	91
8.5. • Essais in situ.....	92
8.6. • Mise en œuvre des vitrages photovoltaïques .....	93
<b>9 - Entretien et maintenance .....</b>	<b>94</b>
9.1. • Entretien.....	94
9.2. • Maintenance.....	94
9.3. • Réparation .....	95
9.4. • Réglementation .....	95
9.5. • Choix des produits d'entretien et méthode .....	96
9.6. • Fréquence des nettoyages .....	97
9.7. • Prescriptions particulières sur différents produits.....	97
<b>10 - Annexes.....</b>	<b>100</b>
Annexe A : Détermination des actions du vent à prendre en compte pour le dimensionnement des verrières .....	101
Annexe B : Détermination des charges de neige à prendre en compte pour le dimensionnement des verrières .....	113
Annexe C : Dimensionnement des ossatures .....	120
Annexe D : Dimensionnement des remplissages verriers.....	122
Annexe E : Résistance des verrières vis-à-vis des séismes .....	130
Annexe F : Calcul des contraintes thermiques.....	139
Annexe G : Méthode de calcul thermique.....	148



# Introduction

# 1



Il n'existe pas aujourd'hui de textes spécifiques tels que normes ou DTU traitant de la réalisation des verrières dans le bâtiment. L'objectif des recommandations professionnelles qui suivent est d'établir, à partir de l'expérience reconnue, les règles de bonne pratique pour la réalisation de ces ouvrages.

Le présent document définit :

- les dispositions constructives minimales des verrières traditionnelles ;
- les actions climatiques et d'exploitation à considérer en tenant compte des nouvelles réglementations (Eurocodes) ;
- les règles de dimensionnement des éléments constitutifs.

Il aborde également :

- l'amélioration des performances thermiques des verrières en intégrant les triples vitrages, les vitrages à hautes performances thermiques ( $U_g$  faible) ;
- les notions de confort d'été avec différents types de protection solaire ;
- l'application de la nouvelle réglementation thermique RT 2012 ;
- l'intégration des apports solaires gratuits en chaleur et en luminosité (gain sur la consommation de chauffage et d'éclairage pour les bâtiments) ;
- l'amélioration du confort d'hiver et d'été dans les bâtiments ;
- la régulation de la température intérieure ;
- l'intégration de vitrages photovoltaïques.



## Domaine d'application

# 2



Ces recommandations professionnelles définissent les spécifications de conception, de mise en œuvre et d'installation des verrières (en travaux neufs, de rénovation, de réhabilitation et d'entretien) exécutés dans tous les types de bâtiment.

Il s'applique aux verrières assurant le clos et le couvert mises en œuvre avec une inclinaison minimale de 5° (8,7 %) jusqu'à 75° par rapport à l'horizontale.

Les produits verriers mis en œuvre sont ceux définis dans la norme NF DTU 39 P1-2 (CGM) à l'exception des verres armés polis, des verres imprimés armés, des verres profilés armés ou non armés, des verres alcalinoterreux et des verres vitrocéramiques.

Le présent document est applicable dans toutes les zones climatiques ou naturelles françaises.

### Note

Le domaine d'application couvre aussi les départements d'outre mer.

Ces recommandations professionnelles s'appliquent pour les verrières :

- dont l'ossature est métallique, dont les remplissages verriers sont isolants et plans ;
- dont les remplissages verriers sont en appuis sur quatre côtés ;
- dont les maintiens extérieurs sont continus sur au moins deux côtés dans le sens de la pente ;
- dont les chevrons sont disposés dans le sens de la plus grande pente ;
- dont les traverses sont perpendiculaires aux chevrons (Figure 1) ;
- dont les feuillures des remplissages sont drainées ;

- comportant des noues et des arêtières ;
- pouvant répondre à une exigence coupe-feu ou pare-flamme.

Ces recommandations professionnelles ne s'appliquent pas :

- aux vérandas qui font l'objet de règles professionnelles ;
- aux serres horticoles définies par les normes NF EN 13031 et suivantes ;
- aux lanterneaux définis par la norme NF EN 14963 ou faisant l'objet des Avis Techniques ;
- aux abris de piscine définis par la norme NF P90-309 et aux verrières abritant des piscines ;
- aux auvents et aux marquises ;
- aux planchers extérieurs en verre définis par le cahier du CSTB n° 3448 ;
- aux verrières en vitrages extérieurs attachés (VEA) définies par le cahier du CSTB n° 3574-V2 ;
- aux verrières en vitrages extérieurs collés (VEC) définies par le cahier du CSTB n° 3488-V2 ;
- aux verrières avec remplissage en verre organique ;
- aux verrières avec coussins gonflables faisant l'objet d'Avis Techniques ou avec toiles tendues.



**Le présent document peut s'appliquer aux verrières avec remplissage à vitrage simple (non isolant), mais il convient de considérer que, selon la réglementation thermique en vigueur, ce type de remplissage ne peut convenir qu'à des bâtiments ou à des locaux pour lesquels il n'existe pas d'exigence thermique (bâtiments ou locaux non chauffés, par exemple).**



## Références

# 3



Le présent document s'appuie sur les documents de référence suivants. Pour les références datées, seule l'édition citée s'applique. Pour les références non datées, la dernière édition du document de référence s'applique (y compris les éventuels amendements).

### 3.1. • NF DTU

#### ■ NF DTU 33.1 : Travaux de bâtiment – Façades rideaux

- NF DTU 33.1 P1 (mai 2008) : Travaux de bâtiment – Façades rideaux – Partie 1 : Cahier des clauses techniques types.
- NF DTU 33.1 P2 (mai 2008) : Travaux de bâtiment – Façades rideaux – Partie 2 : Critères généraux de choix des matériaux.
- NF DTU 33.1 P3 (mai 2008) : Travaux de bâtiment – Façades rideaux – Partie 3 : Cahier des clauses administratives spéciales types.

#### ■ NF DTU 36.5 : Travaux de bâtiment – Mise en œuvre des fenêtres et portes extérieures

- NF DTU 36.5 P1-1 (avril 2010) : Travaux de bâtiment – Mise en œuvre des fenêtres et des portes extérieures – Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques types.
- NF DTU 36.5 P1-2 (avril 2010) : Travaux de bâtiment – Mise en œuvre des fenêtres et des portes extérieures – Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux.
- NF DTU 36.5 P2 (avril 2010) : Travaux de bâtiment – Mise en œuvre des fenêtres et des portes extérieures – Partie 2 : Cahier des clauses administratives spéciales types.
- FD DTU 36.5 P3 : Mémento de choix en fonction de l'exposition

### ■ NF DTU 39 : Travaux de bâtiment – Travaux de vitrerie-miroiterie

- NF DTU 39 P1-1 (octobre 2006) : Travaux de bâtiment – Travaux de vitrerie-miroiterie – Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques.
- NF DTU 39 P1-2 (octobre 2006) : Travaux de bâtiment – Travaux de vitrerie-miroiterie – Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux (CGM).
- NF DTU 39 P2 (octobre 2006) : Travaux de bâtiment – Marchés privés – Travaux de vitrerie-miroiterie – Partie 2 : Cahier des clauses spéciales (CCS).
- NF DTU 39 P3 (octobre 2006) : Travaux de bâtiment – Travaux de vitrerie-miroiterie – Partie 3 : Mémento calculs des contraintes thermiques.
- NF DTU 39 P4 (juillet 2012) : Travaux de bâtiment – Travaux de vitrerie-miroiterie – Partie 4 : Mémento calculs pour le dimensionnement des vitrages.
- NF DTU 39 P5 (juillet 2012) : Travaux de bâtiment – Travaux de vitrerie-miroiterie – Partie 5 : Mémento sécurité.

### ■ NF DTU 42.1 : Travaux de bâtiment – Réfection de façades en service par revêtements d'imperméabilité à base de polymères

- NF DTU 42.1 P1-1 (novembre 2007) : Travaux de bâtiment – Réfection de façades en service par revêtements d'imperméabilité à base de polymères – Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques types.
- NF DTU 42.1 P1-2 (novembre 2007) : Travaux de bâtiment – Réfection de façades en service par revêtements d'imperméabilité à base de polymères – Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux.
- NF DTU 42.1 P2 (novembre 2007) : Travaux de bâtiment – Réfection de façades en service par revêtements d'imperméabilité à base de polymères – Partie 2 : Cahier des clauses administratives spéciales types.

### ■ NF DTU 44.1 : Travaux de bâtiment – Étanchéité des joints de façade par mise en œuvre de mastics

- NF DTU 44.1 P1-1 (août 2012) : Travaux de bâtiment – Étanchéité des joints de façade par mise en œuvre de mastics – Partie 1-1 : Cahier des clauses techniques.
- NF DTU 44.1 P1-2 (août 2012) : Travaux de bâtiment – Étanchéité des joints de façade par mise en œuvre de mastics – Partie 1-2 : Critères généraux de choix des matériaux.
- NF DTU 44.1 P2 (août 2012) : Travaux de bâtiment – Étanchéité des joints de façade par mise en œuvre de mastics – Partie 2 : Cahier des clauses administratives spéciales.





- **NF DTU 60.11 (octobre 1988) : Règles de calcul des installations de plomberie sanitaire et des installations d'évacuation des eaux pluviales.**

## 3.2. • Normes

### Verre dans la construction

- NF EN 572-1 (février 2013) : Verre dans la construction – Produits de base : verre de silicate sodocalcique – Partie 1 : Définitions et propriétés physiques et mécaniques générales.
- NF EN 572-2 (février 2013) : Verre dans la construction – Produits de base : verre de silicate sodocalcique – Partie 2 : Glaces.
- NF EN 572-9 (février 2005) : Verre dans la construction – Produits de base : verre de silicate sodo-calcique – Partie 9 : Évaluation de la conformité.
- NF EN 1096-1 (mars 2012) : Verre dans la construction – Verre à couche – Partie 1 : Définition et classification.
- NF EN 1096-2 : (mars 2012) : Verre dans la construction – Verre à couche – Partie 2 : Exigences et méthodes d'essai pour les couches de classes A, B et S.
- NF EN 1096-3 (mars 2012) : Verre dans la construction – Verre à couche – Partie 3 : Exigences et méthodes d'essai pour les couches C et D.
- NF EN 1096-4 (avril 2012) : Verre dans la construction – Verre à couche – Partie 4 : Évaluation de la conformité-norme de produit.
- NF EN 12150-1 (décembre 2000) : Verre dans la construction – Verre de silicate sodocalcique de sécurité trempé thermiquement – Partie 1 : Définition et description.
- NF EN 12150-2 (février 2005) : Verre dans la construction – Verre de silicate sodocalcique de sécurité trempé thermiquement – Partie 2 : Évaluation de la conformité.
- EN 14179-1 (novembre 2005) : Verre dans la construction – Verre de silicate sodocalcique de sécurité trempé et traité *Heat Soak* – Partie 1 : Définition et description.
- EN 14179-2 (décembre 2005) : Verre dans la construction – Verre de silicate sodocalcique de sécurité trempé et traité *Heat Soak* – Partie 2 : Évaluation de la conformité-norme produit.
- NF EN 1863-1 (février 2012) : Verre dans la construction – Verre de silicate sodocalcique durci thermiquement – Partie 1 : Définition et description.

- NF EN 1863-2 (février 2005) : Verre dans la construction – Verre de silicate sodocalcique durci thermiquement – Partie 2 : Évaluation de la conformité.
- NF EN ISO 12543-1 (octobre 2011) : Verre dans la construction – Verre feuilleté et verre feuilleté de sécurité – Partie 1 : Définitions et description des composants.
- NF EN ISO 12543-2 (octobre 2011) : Verre dans la construction – Verre feuilleté et verre feuilleté de sécurité – Partie 2 : Verre feuilleté de sécurité.
- NF EN ISO 12543-3 (octobre 2011) : Verre dans la construction – Verre feuilleté et verre feuilleté de sécurité – Partie 3 : Verre feuilleté.
- NF EN ISO 12543-4 (octobre 2011) : Verre dans la construction – Verre feuilleté et verre feuilleté de sécurité – Partie 4 : Méthodes d'essai concernant la durabilité.
- NF EN ISO 12543-5 (octobre 2011) : Verre dans la construction – Verre feuilleté et verre feuilleté de sécurité – Partie 5 : Dimensions et façonnage des bords.
- NF EN ISO 12543-6 (octobre 2011) : Verre dans la construction – Verre feuilleté et verre feuilleté de sécurité – Partie 2 : Aspect.
- NF EN 1279-1 (février 2005) : Verre dans la construction – Vitrage isolant – Partie 1 : Généralités, tolérances dimensionnelles et règles de description du système.
- NF EN 1279-2 (août 2003) : Verre dans la construction – Vitrage isolant – Partie 2 : Méthode d'essai de longue durée et exigences en matière de pénétration d'humidité.
- NF EN 1279-3 (juin 2003) : Verre dans la construction – Vitrage isolant – Partie 3 : Méthode d'essai à long terme et prescriptions pour le débit de fuite de gaz et pour les tolérances de concentration du gaz.
- NF EN 1279-4 (décembre 2002) : Verre dans la construction – Vitrage isolant – Partie 4 : Méthodes d'essai des propriétés physiques des produits de scellement.
- NF EN 1279-5 (juillet 2010) : Verre dans la construction – Vitrage isolant – Partie 5 : Évaluation de la conformité.
- NF EN 1279-6 (décembre 2002) : Verre dans la construction – Vitrage isolant contrôle de production en usine et essais périodiques.
- NF EN 14449 (octobre 2005) : Verre dans la construction – Verre feuilleté et verre feuilleté de sécurité – Évaluation de la conformité – norme de produit.





- NF EN 12600 (septembre 2003) : Verre dans la construction – Essai au pendule – Méthode d'essai d'impact et classification du verre plat.

### Façades rideaux, fenêtres et portes

- NF P01 012 (juillet 1988) : Dimensions des garde-corps – Règles de sécurité relatives aux dimensions des garde-corps et rampes d'escalier.
- NF EN 13830 (janvier 2004) : Façades rideaux – Norme de produit.
- NF EN 12153 (octobre 2000) : Façades rideaux – Perméabilité à l'air – Méthode d'essai.
- NF EN 12155 (octobre 2000) : Façades rideaux – Détermination de l'étanchéité à l'eau – Essai de laboratoire sous pression statique.
- NF EN 12179 (octobre 2000) : Façades rideaux – Résistance à la pression du vent – Méthode d'essai.
- NF EN 12207 (mai 2000) : Fenêtres et portes – Perméabilité à l'air – Classification.
- NF EN 12208 (mai 2000) : Fenêtres et portes – Perméabilité à l'eau – Classification.
- NF EN 12210 (mai 2000) : Fenêtres et portes – Résistance au vent – Classification.
- NF EN 13051 (avril 2002) : Façade rideaux – Étanchéité à l'eau – Essai sur site.
- XP P20-650-1 (janvier 2009) : Fenêtres, portes-fenêtres, châssis fixes et ensembles menuisés – Pose de vitrage minéral en atelier – Partie 1 : Spécifications communes à tous les matériaux.
- NF P24-351 (juillet 1997) : Menuiserie métallique – Fenêtres, façades rideaux, semi-rideaux, panneaux à ossature métallique – Protection contre la corrosion et préservation des états de surface.
- NF EN 1670 (juillet 2007) : Quincaillerie pour le bâtiment – Résistance à la corrosion – Exigences et méthodes d'essai.

### Eurocode

- NF EN 1990 (mars 2003) : Eurocodes structuraux – Bases de calcul des structures.
- NF P 06-111-2 (juin 2004) : Eurocode 1 – Bases de calcul des structures – Partie 2 : Annexe nationale à l'EN 1991-1-1.
- NF EN 1991-1-1 (mars 2003) : Eurocode 1 – Actions sur les structures – Partie 1-1 : Actions générales – Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation des bâtiments.

- NF EN 1991-1-3 (avril 2004) : Eurocode 1 : Actions sur les structures – Partie 1-3 : Actions générales – Actions de la neige.
- NF EN 1991-1-4 (novembre 2005) : Eurocode 1 : Actions sur les structures – Partie 1-4 : Actions générales – Actions du vent.
- NF EN 1998-1 (septembre 2005) : Eurocode 8 – Calcul des structures pour leur résistance aux séismes – Partie 1 : Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments.

## Acier

- NF EN 14024 (mars 2003) : Profilés métalliques à rupture de pont thermique – Performances mécaniques – Exigences, preuve et essais pour évaluation.
- NF EN 573-3 (juillet 2009) : Aluminium et alliages d'aluminium – Composition chimique et forme des produits corroyés – Partie 3 : Composition chimique et forme des produits.
- NF EN 755-2 (juillet 2008) : Aluminium et alliages d'aluminium – Barres, tubes et profilés filés – Partie 2 : Caractéristiques mécaniques.
- NF EN 755-9 (juillet 2008) : Aluminium et alliages d'aluminium – Barres, tubes et profilés filés – Partie 9 : Profilés, tolérances sur dimensions et forme.
- NF EN 12020-1 (juin 2008) : Aluminium et alliages d'aluminium – Profilés de précision filés en alliages EN AW-6060 et EN AW-6063 – Partie 1 : Conditions techniques de contrôle et de livraison.
- NF EN 10027-1 (novembre 2005) : Systèmes de désignation des aciers – Partie 1 : Désignation symbolique.
- NF EN 10027-2 (novembre 1992) : Systèmes de désignation des aciers – Partie 2 : systèmes numériques.
- NF EN 10025-1 (mars 2005) : Produits laminés à chaud en aciers de construction – Partie 1 : Conditions techniques générales de livraison.
- NF EN 10152 (mai 2009) : Produits plats en acier, laminés à froid, revêtus de zinc par voie électrolytique pour formage à froid – Conditions techniques de livraison.
- NF EN 10162 (octobre 2003) : Profilés en acier formés à froid – Conditions techniques de livraison – Tolérances dimensionnelles et sur sections transversales.
- NF EN 485-2 (décembre 2012) : Aluminium et alliages d'aluminium – Tôles, bandes et tôles épaisses – Partie 2 : Caractéristiques mécaniques.



- NF EN 1396 (juin 2007) : Aluminium et alliages d'aluminium – Tôles et bandes revêtues en bobine pour applications générales – Spécifications.
- NF EN 1670 (juillet 2007) : Quincaillerie pour le bâtiment – Résistance à la corrosion – Exigences et méthodes d'essai.
- NF EN 15614-1 (février 2002) : Descriptif et qualification d'un mode opératoire de soudage pour les matériaux métalliques – Épreuve de qualification d'un mode opératoire de soudage – Partie 1 : Soudage à l'arc et aux gaz des aciers et soudage à l'arc des nickels et alliages de nickel.
- NF A50-452 (septembre 1984) : Aluminium et alliages d'aluminium. Produits prélaqués livrés en tôles ou en bandes. Caractéristiques.
- NF EN 10169 (décembre 2010) : Produits plats en acier revêtus en continu de matières organiques (prélaqués) – Conditions techniques de livraison.
- NF EN 988 (décembre 1996) : Zinc et alliages de zinc – Spécifications pour produits laminés plats pour le bâtiment.

### Photovoltaïque

- NF EN 61215 (août 2005) : Modules photovoltaïques (PV) au silicium cristallin pour application terrestre – Qualification de la conception et homologation.
- NF EN 61730-1 (septembre 2009) : Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) – Partie 1 : Exigences pour la construction.
- NF EN 61730-2 (avril 2012) : Qualification pour la sûreté de fonctionnement des modules photovoltaïques (PV) – Partie 2 : Exigences pour les essais.

### Sécurité incendie

- NF EN 12101-1 (décembre 2005) : Systèmes pour le contrôle des fumées et de la chaleur – Partie 1 : Spécifications relatives aux écrans de cantonnement de fumée.
- NF EN 12101-2 (octobre 2003) : Systèmes pour le contrôle des fumées et de la chaleur – Partie 2 : Spécifications relatives aux dispositifs d'évacuation naturelle de fumées et de chaleur.
- NF EN 13501-2/A1 (mars 2013) : Classement au feu des produits et éléments de construction – Partie 2 : Classement à partir des données d'essais de résistance au feu à l'exclusion des produits utilisés dans les systèmes de ventilation.

- NF S61-937-1 (décembre 2003) : Systèmes de sécurité incendie (SSI) – Dispositifs actionnés de sécurité (DAS) – Partie 1 : Prescriptions générales.
- NF S61-937-6 (octobre 2010) : Systèmes de sécurité incendie (SSI) – Dispositifs actionnés de sécurité (DAS) – Partie 6 : Exutoire et ouvrant de désenfumage (ouvrages composés).
- NF EN 1364-3 (mars 2007) : Essais de résistance au feu des éléments non porteurs dans les bâtiments – Partie 3 : Façades rideaux – Configuration en grandeur réelle (assemblage complet).
- NF EN 1364-4 (août 2008) : Essais de résistance au feu des éléments non porteurs – Partie 4 : Façades rideaux – Configuration partielle.

### Acoustique

- NF EN ISO 10140-2 (mars 2013) : Acoustique – Mesurage en laboratoire de l'isolation acoustique des éléments de construction – Partie 2 : Mesurage de l'isolation au bruit aérien.
- NF EN ISO 10140-3 (mars 2013) : Acoustique – Mesurage en laboratoire de l'isolation acoustique des éléments de construction – Partie 3 : Mesurage de l'isolation au bruit de choc.
- NF EN ISO 140-3 (août 1995 [remplacée par NF EN ISO 10140-2]) : Acoustique – Mesurage de l'isolement acoustique des immeubles et des éléments de construction – Partie 3 : Mesurage en laboratoire de l'affaiblissement des bruits aériens par les éléments de construction.
- NF EN ISO 717-1 (mai 2013) : Acoustique – Évaluation de l'isolement acoustique des immeubles et des éléments de construction – Partie 1 : Isolement aux bruits aériens.
- NF EN ISO 140-18 (mars 2007) : Acoustique – Mesurage de l'isolation acoustique des immeubles et des éléments de construction – Partie 18 : Mesurage en laboratoire du bruit produit par la pluie sur les éléments de construction.
- NF EN ISO 140-5 (décembre 1998) : Acoustique – Mesurage de l'isolation acoustique des immeubles et des éléments de construction – Partie 5 : Mesurages *in situ* de la transmission des bruits aériens par les éléments de façade et les façades.

### Normes diverses

- NF P03-001 (décembre 2000) : Marchés privés – Cahiers types – Cahier des clauses administratives générales applicable aux travaux de bâtiment faisant l'objet de marchés privés.
- NF EN 13031-1 (avril 2004) : Serres : Calcul et construction – Partie 1 : Serres de production.





- NF EN 14963 (janvier 2007) : Éléments de couverture – Lanterneaux continus en matière plastique avec et sans costière – Classification, spécifications et méthodes d'essais.
- NF P90-309 (octobre 2010) : Éléments de protection pour piscines enterrées non closes privées à usage individuel ou collectif – Abris (structures légères et/ou vérandas) de piscine – Exigences de sécurité et méthodes d'essai.
- NF P24-351 (juillet 1997) : Menuiserie métallique – Fenêtres, façades rideaux, semi-rideaux, panneaux à ossature métallique – Protection contre la corrosion et préservation des états de surface.
- NF EN ISO 11600 (mai 2004) : Construction immobilière – Produits pour joints – Classification et exigences pour les mastics.
- NF EN 12365-1 (décembre 2003) : Quincaillerie pour le bâtiment – Profilés d'étanchéité de vitrage et entre ouvrant et dormant pour portes, fenêtres, fermetures et façades rideaux – Partie 1 : Exigences de performance et classification.
- NF EN 12365-2 (décembre 2003) : Quincaillerie pour le bâtiment – Profilés d'étanchéité de vitrage et entre ouvrant et dormant pour portes, fenêtres, fermetures et façades rideaux – Partie 2 : Méthodes d'essai pour déterminer la réaction linéique à la déformation.
- NF EN 12365-3 (décembre 2003) : Quincaillerie pour le bâtiment – Profilés d'étanchéité de vitrage et entre ouvrant et dormant pour portes, fenêtres, fermetures et façades rideaux – Partie 3 : Méthode d'essai pour déterminer la reprise élastique.
- NF EN 12365-4 (décembre 2003) : Quincaillerie pour le bâtiment – Profilés d'étanchéité de vitrage et entre ouvrant et dormant pour portes, fenêtres, fermetures et façades rideaux – Partie 4 : Méthode d'essai pour déterminer la reprise élastique après vieillissement.
- NF C15-100 COMPIL (octobre 2010) : Installations électriques à basse tension – Version compilée de la norme NF C15-100 de décembre 2002, de sa mise à jour de juin 2005, des fiches d'interprétation F11 de mars 2009, F12 d'octobre 2009, F13 de février 2010, F14 d'avril 2010, F15 et F16 de juillet 2010, de ses amendements A1 d'août 2008, A2 de novembre 2008 et A3 de février 2010 et de son rectificatif.
- UTE C15-712-1 (juillet 2010) : Installations électriques à basse tension – Guide pratique – Installations photovoltaïques raccordées au réseau public de distribution.

### 3.3. • Autres documents de référence

- Cahier CSTB 3448 (mars 2003) : Dalles de planchers et marches d'escalier en verre.
- Cahier CSTB 3574-V2 (janvier 2012) : Vitrages extérieurs attachés (VEA) faisant l'objet d'un Avis Technique.
- Cahier CSTB 3488-V2 (mars 2001) : Vitrages extérieurs collés (VEC) faisant l'objet d'un avis technique – Conditions générales de conception, fabrication et mise en œuvre + erratum.
- Cahier CSTB 3242 (juillet-août 2000) : note d'information n° 1 – Conditions climatiques à considérer pour le calcul des températures maximales et minimales des vitrages critères sur vitrages isolants et vitrages feuilletés.
- Cahier CSTB 3617 (mai 2009) : Guide EOTA n° 001 – Chevilles de fixation.
- Arrêté du 22 mars 2004 relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages.
- Arrêté du 21 novembre 2002 relatif à la réaction au feu des produits de construction et d'aménagement.
- Arrêté du 6 octobre 2004 relatif aux conditions d'autorisation et d'utilisation de la mention « Emploi autorisé dans les jardins » pour les produits phytopharmaceutiques.
- Arrêté du 24 mai 2010 portant approbation de diverses dispositions complétant et modifiant le règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public.
- Arrêté du 25 juin 1980 portant approbation des dispositions générales du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (ERP).
- Arrêté du 23 mars 1965 portant approbation du règlement de sécurité contre les risques d'incendie et de panique dans les établissements recevant du public (ERP).
- Arrêté du 18 octobre 1977 modifié 1982 de sécurité pour la construction des immeubles de grande hauteur et leur protection contre les risques d'incendie et de panique.
- Arrêté du 30 décembre 2011 portant règlement de sécurité pour la construction des immeubles de grande hauteur et leur protection contre les risques d'incendie et de panique.
- Arrêté du 10 septembre 1970 protection des bâtiments d'habitation contre l'incendie.



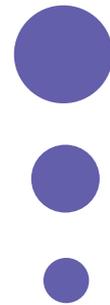


- Circulaire du 13 décembre 1982 relative à la sécurité des personnes en cas de travaux de réhabilitation ou d'amélioration des bâtiments d'habitation existants.
- Arrêté du 31 janvier 1986 modifié par arrêté 18 août 1986 et 19 décembre 1986 relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation.
- Arrêté du 30 juin 1999 relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation.
- Arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ».
- Arrêté du 25 octobre 2012 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ».
- Arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les établissements de santé.
- Décret n° 2011-321 du 23 mars 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils.
- Arrêté du 19 avril 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils.

# Glossaire

---

# 4



## Abergement

Ensemble d'éléments, généralement métalliques façonnés, ou de bandes souples, destinés à réaliser la liaison étanche entre les éléments de verrière et les ouvrages adjacents.

## Ancrages

Éléments scellés, soudés ou insérés lors du coulage dans la structure principale de la construction (ossature primaire) destinés à assurer la liaison des attaches de la verrière au gros œuvre.

## Arêtier

Ligne saillante, inclinée, formée par l'intersection latérale de deux pans de verrière.

## Calfeutrement

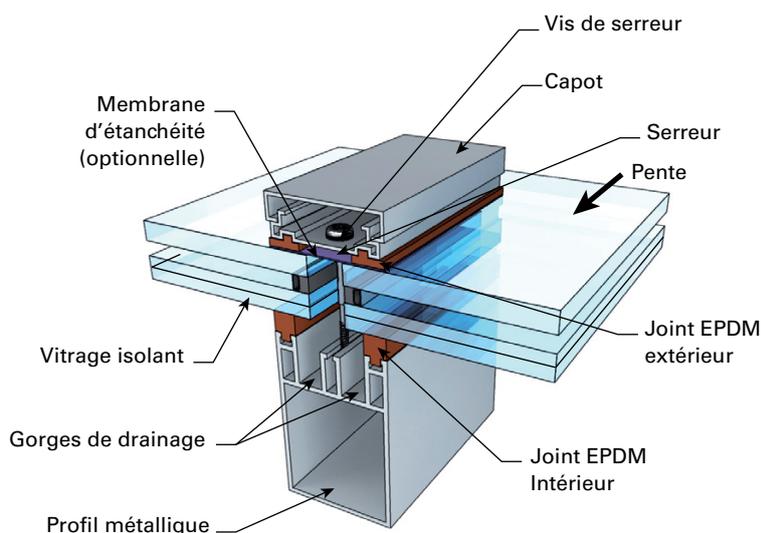
Dispositif de liaison entre deux éléments destiné à assurer des fonctions d'étanchéité à l'eau, de perméabilité à l'air, d'isolement acoustique, thermique, au feu, etc.

## Chéneau

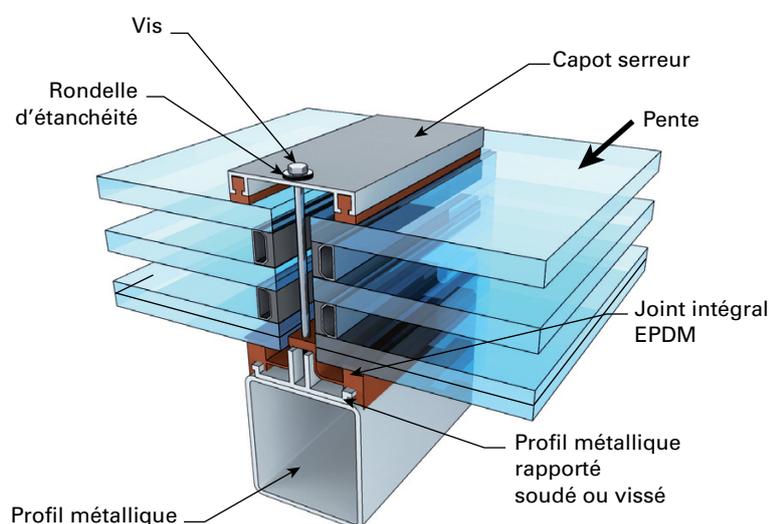
Conduit en métal (généralement en zinc) collectant les eaux pluviales à la base de la toiture, des combles ou entre deux versants, pour en permettre l'évacuation par les tuyaux de descente d'eaux pluviales.

## Chevron

Parfois appelé « montant ». Profilé constitutif de l'ossature, situé parallèlement à la direction de l'écoulement de l'eau (rampant) ou voisin de celle-ci. Un chevron de verrière doit comporter un système de drainage des eaux d'infiltration accidentelles.



▲ Figure 1 : Coupe sur chevron classique en profilé métallique



▲ Figure 2 : Coupe sur chevron avec joint intégral

## Costière

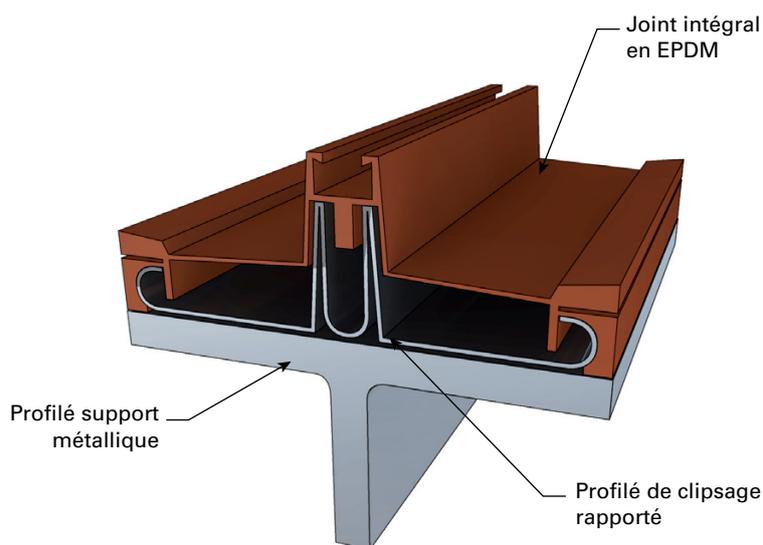
Pièce destinée à assurer l'interface entre la verrière et la couverture ou l'étanchéité de toiture. Elle peut être à simple ou à plusieurs parois, en élément composite, avec ou sans isolation thermique. Elle doit pouvoir reprendre les efforts agissant sur la verrière et permettre de réaliser le relevé d'étanchéité.

## Faitage

Ligne de partage des eaux, déterminée par l'intersection supérieure de deux pans alternés de verrière.

## Joint intégral

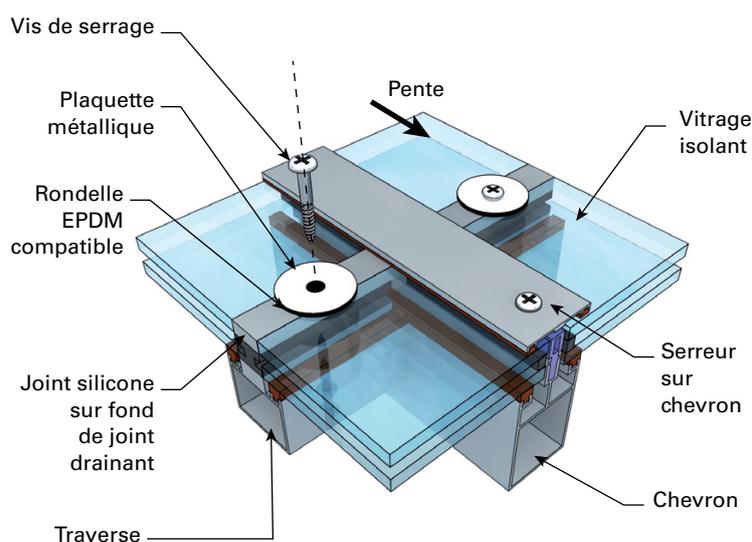
Profilé en matière synthétique réalisant, à lui seul, le drainage des deux feuillures des remplissages d'une traverse ou d'un chevron.



▲ Figure 3 : Clipsage d'un joint intégral sur un profilé en acier

## Maintien ponctuel

Dispositif isolé, remplaçant le profil serreur continu, et destiné à s'opposer aux effets dépressionnaires du vent sur le vitrage.



▲ Figure 4 : Verrière avec maintiens ponctuels en traverse

## Noue

Ligne rentrante, inclinée ou à pente nulle, formée par l'intersection inférieure de deux pans de verrière (noue centrale) ou d'un pan de verrière et d'une paroi verticale (noue de rive).

## Ossature

L'ossature de la verrière, généralement appelée « ossature secondaire », est destinée à recevoir les remplissages. Elle est principalement constituée de chevrons et de traverses connectés entre eux. L'ossature de la verrière n'est pas destinée à assurer la stabilité du bâtiment.

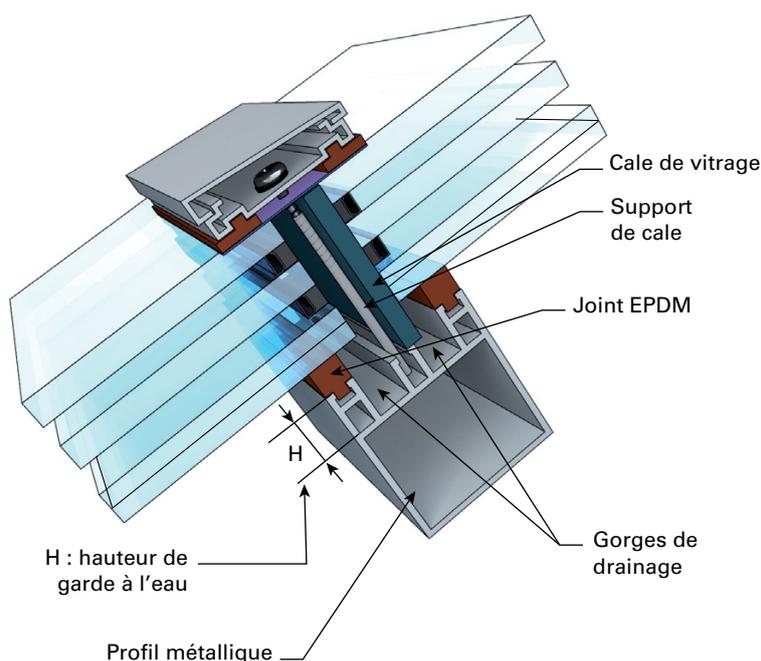


## Profil serreur

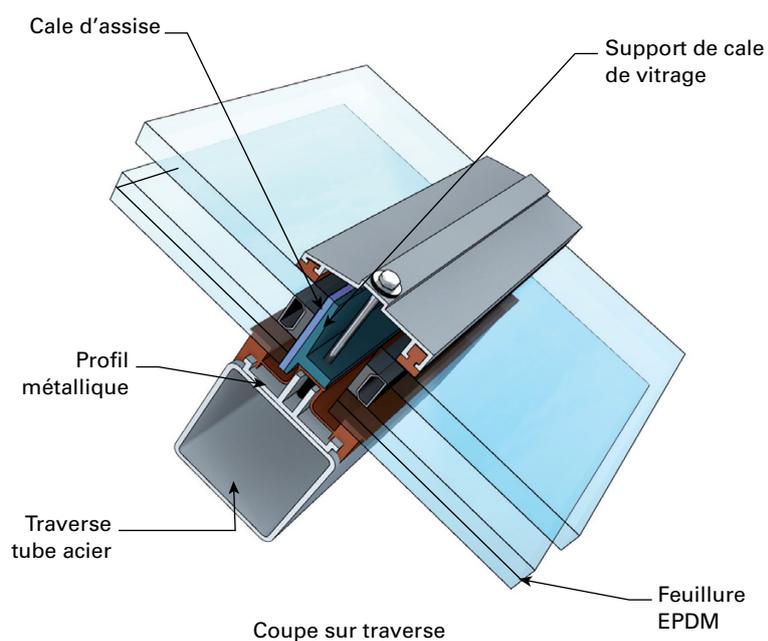
Profilé démontable servant au maintien du vitrage ou de l'élément de remplissage dans les feuillures. Il est fixé mécaniquement sur les profils d'ossature secondaire. Il joue le rôle de parclose. Il peut être équipé de capots d'habillage.

## Traverse

Profilé constitutif de l'ossature, situé entre les chevrons et transversalement à l'écoulement de l'eau. Une traverse de verrière doit comporter un système de drainage des eaux d'infiltration accidentelle.



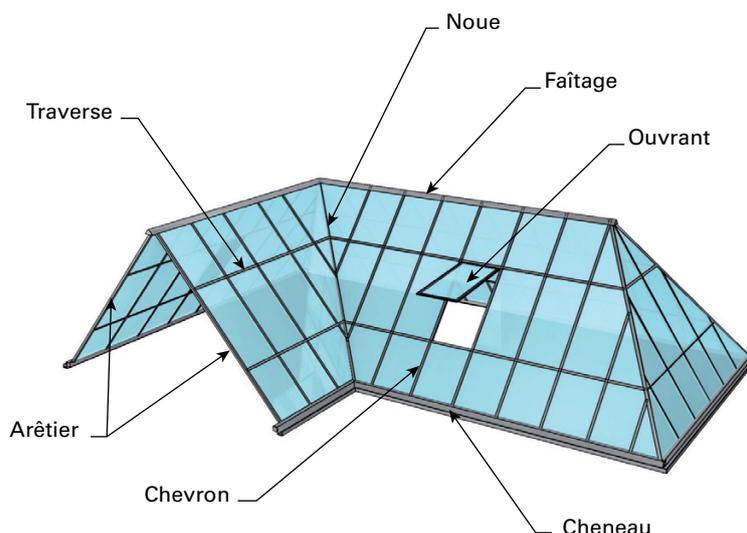
▲ Figure 5 : Coupe sur traverse classique en profilé métallique



▲ Figure 6 : Coupe sur traverse avec joint intégral

## Verrière

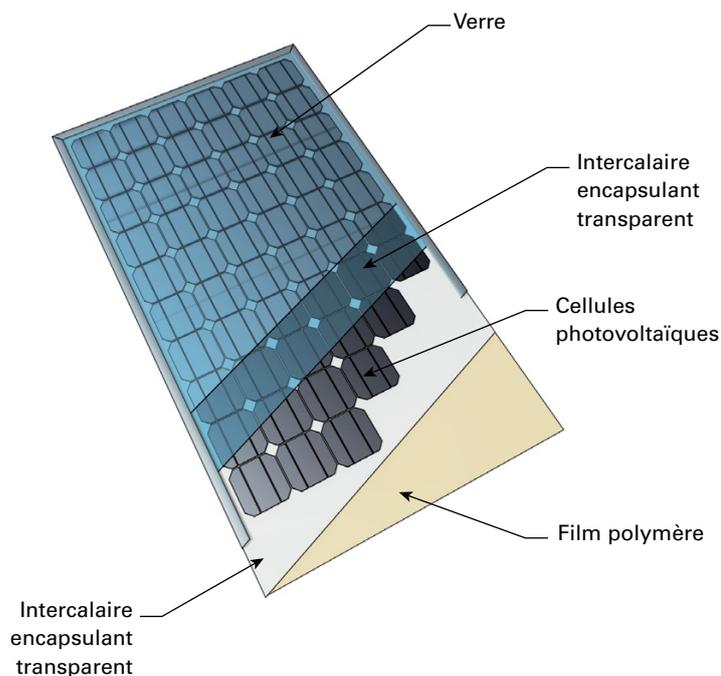
Toiture vitrée d'un local. Elle comporte principalement des remplissages verriers transparents, mais peut intégrer également des parties opaques et/ou des parties verticales.



▲ Figure 7 : Schéma d'une verrière

## Vitrage feuilleté photovoltaïque

Verre résultant de l'assemblage d'une feuille de verre avec une ou plusieurs autres feuilles de verre à l'aide d'un ou de plusieurs intercalaires dont l'un permet l'encapsulation des cellules photovoltaïques.



▲ Figure 8 : Schéma d'un vitrage feuilleté photovoltaïque



## Produits

# 5



### 5.1. • Ossatures ou structures

La structure de la verrière, encore appelée « ossature », est réalisée à partir de profilés en acier ou en alliage d'aluminium, dont la protection contre les risques de corrosion doit satisfaire aux spécifications de la norme NF P24-351.

Les profilés structurels et les éléments d'assemblage en matériaux de synthèse ne sont pas visés par le présent document (hors profilés à rupture de pont thermique conformes à la norme NF EN 14024).

#### 5.1.1. • Profilés métalliques

##### 5.1.1.1. • Profilés en alliage d'aluminium

Les profilés utilisables en verrières sont extrudés à partir d'alliage d'aluminium dont la teneur en cuivre est inférieure à 1 % pour limiter les risques de corrosion. Ces alliages sont généralement de la série 6000 (la nuance la plus courante étant l'AW 6060T5) et doivent répondre aux exigences des normes NF EN 573-3, NF EN 755 et NF EN 12020-1.

Les profilés qui comportent une coupure thermique sertie doivent être conformes à la norme NF EN 14024.

##### 5.1.1.2. • Profilés en acier

Les nuances d'acier utilisé pour les profilés de verrière doivent répondre à la norme NF EN 10027. La nuance la plus couramment utilisée est le S235 JR G2.



Il existe plusieurs types de profilé :

- les profilés laminés à chaud (conformes à la norme NF EN 10025) ;
- les profilés pliés à froid à la presse ou formés au galet à partir de tôles galvanisées (conformes aux normes NF EN 10152 et NF EN 10162) ;
- les profilés acier à rupture de pont thermique conformes à la norme NF EN 14024.

### 5.1.1.3. • Profilés en acier inoxydable

Les principales nuances d'acier inoxydable utilisables en verrière (selon les normes NF EN 10088-2 et NF EN 10088-3) sont les suivantes :

- acier austénitique au chrome nickel X5CrNi18-10 (désignation numérique : 1.4301), correspondant à l'ancienne nuance Z7 CN18-09 ;
- acier austénitique au chrome nickel molybdène X2CrNiMo17-12-2 (désignation numérique : 1.4404), correspondant à l'ancienne nuance Z3 CND17-12-02 ;
- acier ferritique X6Cr17 (désignation numérique : 1.4016), correspondant à l'ancienne nuance Z8 C17, ou X3CrTi17 (désignation numérique : 1.4510), correspondant à l'ancienne nuance Z4 CT17.

### 5.1.2. • Assemblage des profilés constituant l'ossature

Les assemblages des profilés d'ossature peuvent être boulonnés, soudés ou manchonnés.

Les éléments de liaison utilisés dans les assemblages doivent être métalliques.

Les matériaux des vis, des boulons, etc. utilisés pour l'assemblage des profilés formant l'ossature doivent être adaptés à la nature des matériaux à assembler. Le traitement des produits métalliques doit être conforme à la norme NF P24-351.

Les matières des pièces d'assemblage réalisées à partir d'acier, d'acier inoxydable ou d'aluminium filé, laminé ou moulé seront conformes aux spécifications des normes NF EN 573-3, NF EN 485-2, NF EN 755-2, NF EN 755-9 et NF EN 1396.



**Dans le cas de pièces réalisées en fonderie d'aluminium, la teneur en cuivre doit être inférieure à 1 %.**

**Note**

Les matériaux considérés comme non corrodables par nature sont l'acier inoxydable et les alliages d'aluminium.

Dans le cas de pièces d'assemblage de la structure réalisées en fonderie d'aluminium, la teneur en cuivre doit être inférieure à 1 %.

La visserie utilisée devra être :

- en acier inoxydable (acier austénitique) pour les usages où elle est exposée directement à la pluie ;
- dans le même matériau que précédemment ou en acier traité présentant une résistance à la corrosion au moins égale au grade 4 défini dans la norme NF EN 1670 pour les usages où elle n'est pas exposée à la pluie.

**Note**

Pour les profilés en alliage d'aluminium, les matériaux des éléments de liaison doivent être non corrodables par nature et les fixations doivent être exclusivement en acier inoxydable.

Le soudage des pièces métalliques devra être conforme aux normes de la série NF EN ISO 15614.

### 5.1.3. • Ancrages

Les ancrages les plus couramment utilisés pour les fixations des profilés sont les chevilles métalliques, à expansion ou à verrouillage de forme ou à scellement chimique.

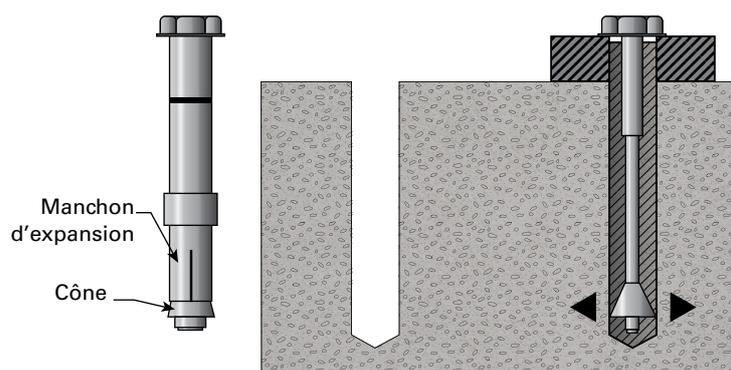
Ces chevilles métalliques et chimiques relèvent du guide ETAG 001.

La mise en œuvre de ces chevilles relève d'un ATE pour des supports en béton fissuré, ou d'un Avis Technique et elles doivent être utilisées conformément à ce document.

Le dimensionnement des chevilles métalliques et chimiques est couvert par l'annexe C du guide ETAG 001 et est défini dans les ATE concernés.

#### 5.1.3.1. • Chevilles à expansion par vissage

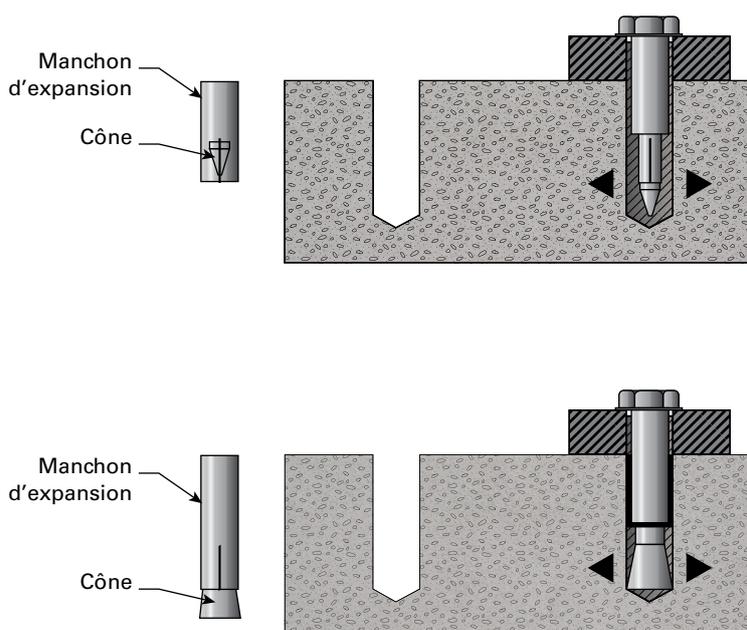
Les chevilles à expansion par vissage à couple contrôlé sont visées dans la partie 2 du guide ETAG 001. Ce type d'ancrage est une cheville pour laquelle une douille est expansée. Cette expansion est réalisée par l'application d'un couple de serrage sur la vis ou sur l'écrou.



▲ Figure 9 : Cheville métallique à expansion

### 5.1.3.2. • Chevilles à expansion par déformation

Les chevilles à expansion par déformation contrôlée sont visées dans la partie 4 du guide ETAG 001. Ce type d'ancrage est une cheville pour laquelle une douille est expansée lors de la mise en œuvre de l'élément d'expansion à frappe. L'ancrage est réalisé par le déplacement de cet élément.



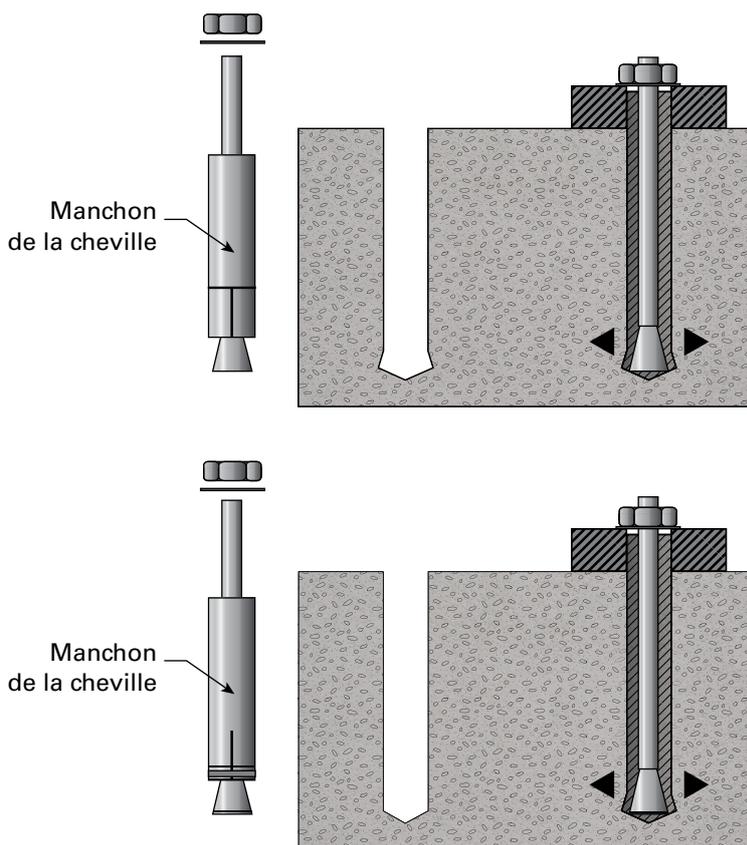
▲ Figure 10 : Cheville métallique à expansion par déformation contrôlée

### 5.1.3.3. • Chevilles à verrouillage de forme

Les chevilles à verrouillage de forme sont visées dans la partie 3 du guide ETAG 001. Cet ancrage est réalisé par une cheville ancrée par un verrouillage mécanique obtenu grâce à un évidement créé dans le béton. Cet évidement est soit réalisé à l'aide d'un foret spécial après le percement du trou cylindrique, soit par la cheville elle-même lors de sa mise en œuvre.



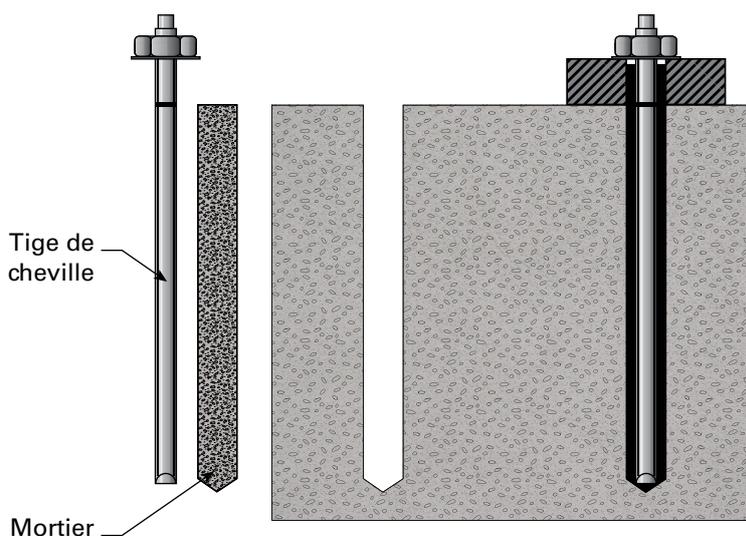
VERRIÈRES



▲ Figure 11 : Cheville métallique à verrouillage de forme

### 5.1.3.4. • Chevilles à scellement

Les chevilles à scellement sont visées dans la partie 5 du guide ETAG 001. Cet ancrage est réalisé par le scellement de la tige d'ancrage à l'aide d'un mortier (mortier colle à base de résine, par exemple) dans un trou foré.



▲ Figure 12 : Cheville à scellement

### 5.1.3.5. • Chevilles à injection pour maçonnerie

Les chevilles à injection pour les maçonneries pleines ou creuses sont définies dans le guide ETAG 029. Ce guide vise les chevilles dont l'élément d'ancrage est une tige filetée, une douille en acier inoxydable. Les scellements visés dans ce guide sont les mortiers synthétiques, les mortiers à base de ciment contenant des charges et des additifs. La longueur de l'ancrage minimale est de 50 mm.

## 5.2. • Remplissages verriers

Les produits verriers utilisables en vitrages isolants, doubles ou triples, sont définis ci-dessous :

- composant supérieur :
  - les glaces conformes à la norme NF EN 572 parties 1, 2 et 9,
  - les verres à couches conformes à la norme NF EN 1096,
  - les verres trempés, émaillés ou non, conformes à la norme NF EN 12150. Afin de limiter le risque de casse spontanée, les verres trempés traités HST, conformément à la norme NF EN 14179, sont fortement recommandés,
  - les verres durcis, émaillés ou non, conformes à la norme NF EN 1863,
  - les verres feuilletés conformes aux normes NF EN ISO 12543 et NF EN 14449,
  - les vitrages photovoltaïques conformes aux normes NF EN 61215 et NF EN 61730 ;
- composant intermédiaire dans le cas d'un triple vitrage :
  - les glaces conformes à la norme NF EN 572 parties 1, 2 et 9,
  - les verres à couches conformes à la norme NF EN 1096,
  - les verres trempés, émaillés ou non, conformes à la norme NF EN 12150. Afin de limiter le risque de casse spontanée, les verres trempés traités HST, conformément à la norme NF EN 14179, sont fortement recommandés,
  - les verres durcis, émaillés ou non, conformes à la norme NF EN 1863 ;
- composant inférieur : les verres feuilletés de sécurité conformes aux normes NF EN ISO 12543-2 et NF EN 14449 et classés 1B1 selon la norme NF EN 12600 et P2A selon la norme NF EN 356 pour les vitrages feuilletés dont l'intercalaire n'est pas un film PVB.

Peuvent être utilisés les vitrages isolants conformes à la norme NF EN 1279 parties 1 à 6, avec un indice de pénétration d'humidité inférieur ou égal à 0,1 déterminé selon la norme NF EN 1279-2.



Afin de maintenir un niveau de qualité équivalent à celui exigé jusqu'à présent par le marché, une certification de produit, par un organisme tiers (inspection initiale, visite de suivi, prélèvement en usine) est requise. La certification Cekal permet de répondre à cette spécification.

Pour les vitrages isolants dont le joint de scellement est exposé aux UV, celui-ci devra être en silicone (label Cekal avec extension E ou V, par exemple).



**Les couches autonettoyantes nécessitent l'utilisation de profilés d'étanchéité et/ou de mastics de calfeutrement dont la compatibilité physico-chimique doit être vérifiée (ces couches sont incompatibles avec les produits à base de silicone).**



**Les éventuelles couches ou émaillages (sérigraphie) positionnées en contact avec l'intercalaire doivent avoir subi les essais de type initial selon la norme NF EN ISO 12543-4.**

### 5.3. • Remplissages opaques manufacturés

Il s'agit des remplissages monolithiques en matériaux de synthèse ainsi que des remplissages composés dont les parois (en métal, en PVC, en stratifié de verre résine, etc.) sont solidarisiées par une âme synthétique (polyéthylène, mousse plastique alvéolaire, nid-d'abeilles, etc.).

Ces remplissages manufacturés ne sont actuellement ni normalisés ni traditionnels et doivent bénéficier d'une évaluation spécifique telle qu'un Avis Technique ou un document technique d'application favorable et en cours de validité.

### 5.4. • Tôlerie

Les dispositifs de calfeutrement ou d'habillages extérieurs sont généralement réalisés en tôle d'alliage d'aluminium des séries 1000, 3000 ou 5000 répondant à la norme NF EN 573-3.

Leur traitement doit être conforme à la norme NF P 24-351.

Les caractéristiques des tôles et des bandes prélaquées aluminium doivent être conformes à la norme NF A 50-452.

Les tôleries en acier pourront être :

- soit en acier galvanisé conformément à la norme NF EN 10326, avec une nuance d'acier minimale S320 GD ;
- soit en acier revêtu en continu d'alliage de zinc-aluminium conformément à la norme NF EN 10326, avec une nuance d'acier minimale S320 GD ;
- soit en acier prélaqué ou revêtu en continu d'un film organique. Les tôles d'acier galvanisées prélaquées sont conformes aux normes NF EN 10169-1,2 et 3.

Les tôleries en zinc devront être conformes à la norme NF EN 988.

## 5.5. • Membranes d'étanchéité

Les membranes d'étanchéité souples à coller, ou autocollantes à froid, sont constituées de bitumes modifiés ou de matériaux de synthèse, renforcés soit par une armature, soit par un support.

Chaque produit doit faire l'objet d'un cahier des charges spécifiant les caractéristiques mécaniques et les conditions d'utilisation.

Ce cahier des charges doit avoir été validé par un contrôleur technique agréé.

## 5.6. • Mastics

Sont utilisables en calfeutrement de verrière les mastics élastomères de type 25E selon la norme NF EN ISO 11600. Ils sont mis en œuvre sous la forme de cordon extrudé à la pompe sur un fond de joint selon les prescriptions données au paragraphe 8.2.1 « Calfeutremments » de la norme.

### Note

Afin de garantir un niveau de qualité satisfaisant, le recours à des mastics sous certification du SNJF est recommandé.

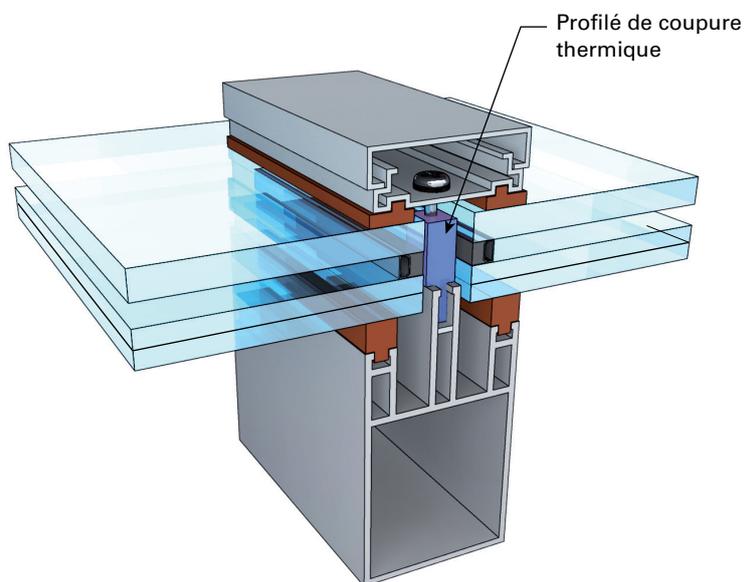
## 5.7. • Profilés ou pièces ponctuelles de coupure thermique

Les profilés d'ossature étant métalliques, il est nécessaire de réaliser une coupure thermique entre l'ambiance extérieure et l'ambiance intérieure du local pour éviter les phénomènes de parois froides et les risques de condensation. La coupure thermique est réalisée par des profilés continus ou par des pièces ponctuelles en matériau synthétique à faible conductivité (polyamide, PVC, EPDM sont les plus courants).

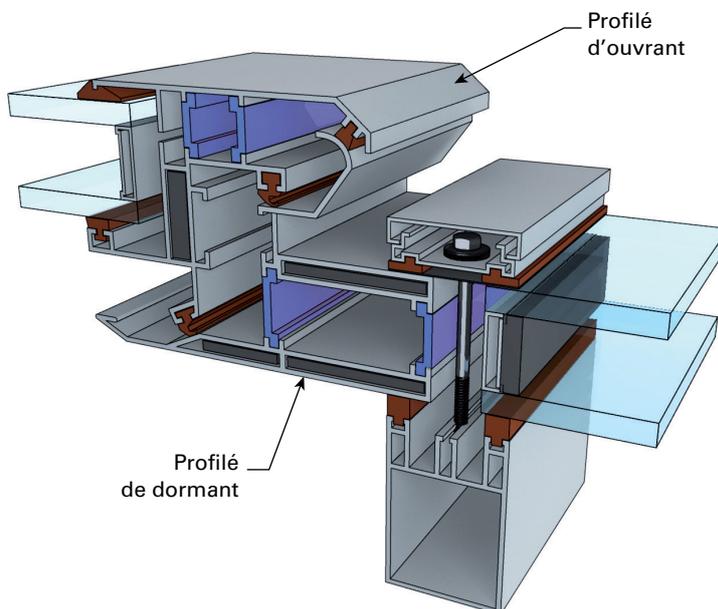


Les matériaux de coupure thermique doivent être évalués vis-à-vis de leur comportement à l'humidité et à la température.

Ces éléments de coupure thermique ne participent pas à la tenue mécanique des profilés, sauf pour les profilés de catégorie CW avec une catégorie de température TC2 (- 20 °C, + 80 °C), répondant aux exigences de la norme NF EN 14024.



▲ Figure 13 : Exemple de coupure thermique continue rapportée sur un chevron en aluminium



▲ Figure 14 : Exemple de profilé à coupure thermique sertie

## 5.8. • Profilés d'étanchéité en caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique

Les profilés d'étanchéité à base de caoutchouc vulcanisé ou thermoplastique doivent être conformes aux spécifications de la norme NF EN 12365, parties 1 à 6.

## 5.9. • Entrée d'air de ventilation

En règle générale, les verrières ne sont pas conçues pour contribuer aux apports d'air nécessaires à la ventilation des locaux, en dehors des possibilités d'aération naturelle par l'ouverture des ouvrants de confort.

## 5.10. • Protections solaires

L'intérêt principal de l'ouvrage de verrière est de faire bénéficier au local des apports solaires, en termes d'éclairage et d'apports calorifiques. Il est cependant nécessaire de pouvoir maîtriser le flux solaire entrant au travers des vitrages, en particulier en période estivale lorsque l'effet de serre est le plus important.

Il existe deux moyens pour maîtriser les apports :

- le choix des caractéristiques énergétiques du vitrage ;
- la mise en place d'une protection solaire supplémentaire sur la verrière.

### 5.10.1. • L'effet de serre

L'effet de serre, est engendré par le rayonnement solaire qui traverse les vitrages de la verrière, et qui provoque un échauffement des murs, du sol et du mobilier du local sous-jacent. Ces derniers réémettent alors un rayonnement situé dans l'infrarouge lointain (de longueur d'onde supérieure à 2500 nm). Or les vitrages sont pratiquement opaques à ce type de rayonnement. L'énergie réémise se trouve donc piégée à l'intérieur du local et provoque une élévation de la température de l'air.

Ce principe bénéfique pendant les saisons froides, peut être source d'inconfort en période estivale.

L'effet de serre est particulièrement recherché dans les bâtiments de logements aux périodes froides de l'année car il permet de réaliser des économies d'énergie. En revanche, son action est souvent contre-productive dans les bâtiments tertiaires qui nécessitent un besoin plus important en rafraîchissement (conditionnement d'air) qu'en chauffage, en raison d'un fort taux d'occupation humaine et de l'activité (fonctionnement des appareils électriques et informatiques liés à l'activité)

### 5.10.2. • Le choix des caractéristiques énergétiques du vitrage

Les paramètres pour le choix des vitrages de contrôle sont en priorité :

- le facteur solaire (FS ou g) ;
- la transmission lumineuse (TL).



Afin de limiter les apports énergétiques, on cherchera à limiter au maximum le facteur solaire du vitrage. Cet effet peut être obtenu par des vitrages colorés, des vitrages sérigraphiés ou des vitrages à couche réfléchissante. . L'utilisation de vitrages à couche sélective, apparaît toutefois être la solution la plus performante pour limiter le facteur solaire en conservant un maximum de transmission lumineuse.

### 5.10.2.1. • Facteur solaire

Le facteur solaire  $g$  (ou FS) représente le rapport (%) entre l'énergie traversant le vitrage (énergie transmise directement et réémission d'énergie liée à l'absorption) et l'énergie solaire totale incidente.

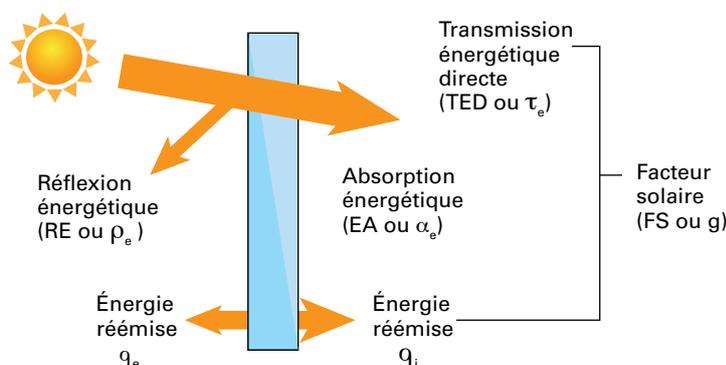
$$g = \tau_e + q_i / 100$$

Lorsque les rayons du soleil viennent frapper un vitrage, le rayonnement solaire total incident (de 300 à 2500 nm)  $\phi_e$  est partagé en :

- une fraction  $\rho_e$  (ou RE) réfléchi vers l'extérieur, directe du vitrage
- une fraction  $\tau_e$  (ou TED) transmise à travers le vitrage,
- une fraction  $\alpha_e$  (ou EA) absorbée par le vitrage,

L'énergie absorbée par le vitrage est ensuite partagée en :

- une fraction  $q_i$  réémise vers l'intérieur ;
- une fraction  $q_e$  réémise vers l'extérieur.



▲ Figure 15 – Décomposition du rayonnement solaire au travers d'un vitrage

### 5.10.2.2. • Transmission lumineuse

Les facteurs de transmission lumineuse  $\tau_v$  (ou TL) et de réflexion lumineuse  $\rho_v$  (ou RL) sont définis comme étant respectivement les fractions de lumière visible transmise et réfléchi par le vitrage (longueur d'onde de la partie visible du spectre solaire de 380 à 780 nm).

### 5.10.2.3. • Verres sélectifs

On peut limiter la chaleur pénétrant dans le local, sans pour autant diminuer la lumière, en utilisant des verres à couches empêchant le

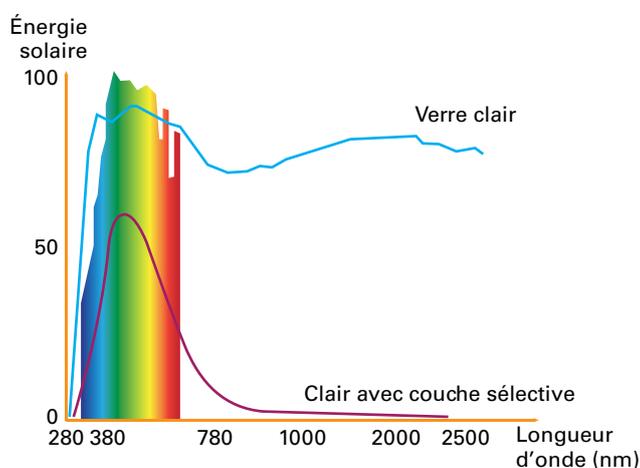
passage des rayonnements UV et des IR, et non de la lumière visible. Ces verres sont dits sélectifs.

La sélectivité d'un vitrage est le rapport entre sa transmission lumineuse TL et de son facteur solaire FS :

Sélectivité = TL / FS.

La sélectivité est toujours comprise entre 0 et 2 :

- 0 correspond à un verre opaque qui a une transmission lumineuse nulle ;
- 2 correspond à la meilleure sélectivité possible puisque la lumière représente 50% du spectre solaire ; par exemple, pour un vitrage ayant une TL de 50%, le FS le plus bas que l'on peut atteindre est 25.



▲ Figure 16 – Comparaison entre verre clair et verre sélectif

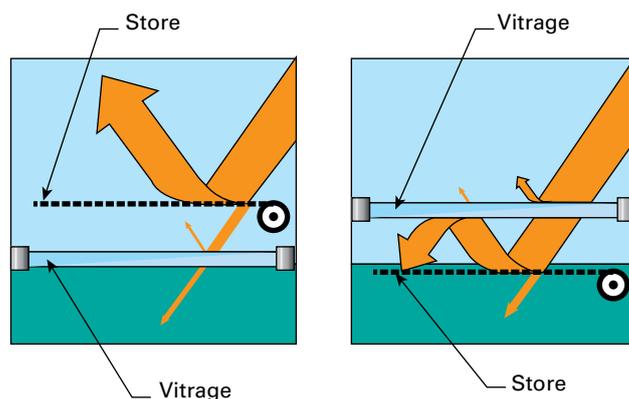
### 5.10.3. • Les protections solaires

Les protections solaires peuvent être de plusieurs types :

- brise-soleil extérieur (fixes ou orientables);
- store extérieur (mobile);
- store intérieur (mobile);
- volet roulant extérieur (mobile).

Pour une protection en période estivale, la meilleure solution est une protection placée à l'extérieur de la verrière, sur des rails ou supports fixés sur les éléments de structure. Le système de fixation devra cependant être conçu de manière à ne pas traverser le dispositif de drainage, ni dégrader les étanchéités.

Lorsqu'elles sont placées côté intérieur (store) les protections solaires sont peu efficaces vis-à-vis de l'effet de serre et peuvent engendrer un échauffement critique pour les vitrages.



▲ Figure 17 – Exemple de protection solaire intérieure ou extérieure

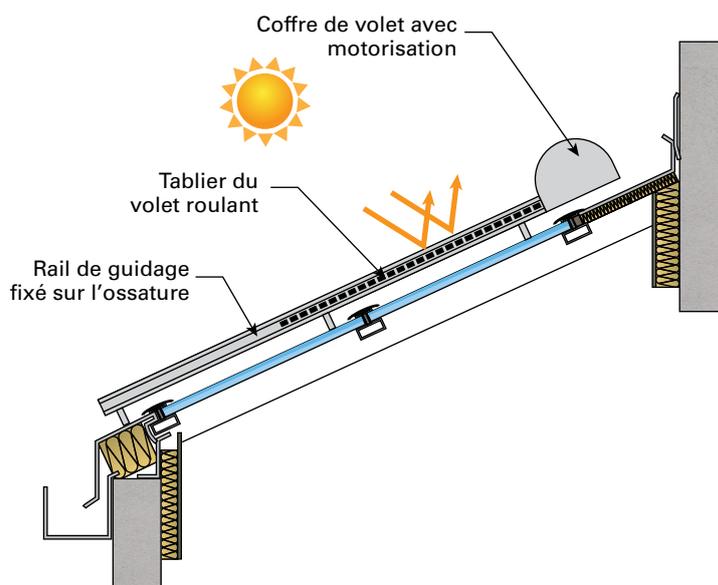
Une protection extérieure est plus efficace vis-à-vis de l'effet de serre.

### Note

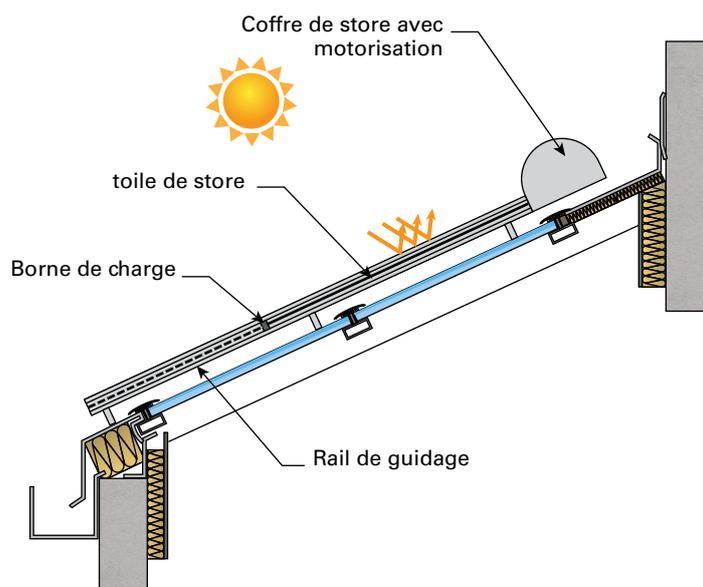
Il faudra nécessairement de prendre en compte la présence des protections solaires lors des vérifications de casse thermique et des calculs des températures maximales dans les vitrages.



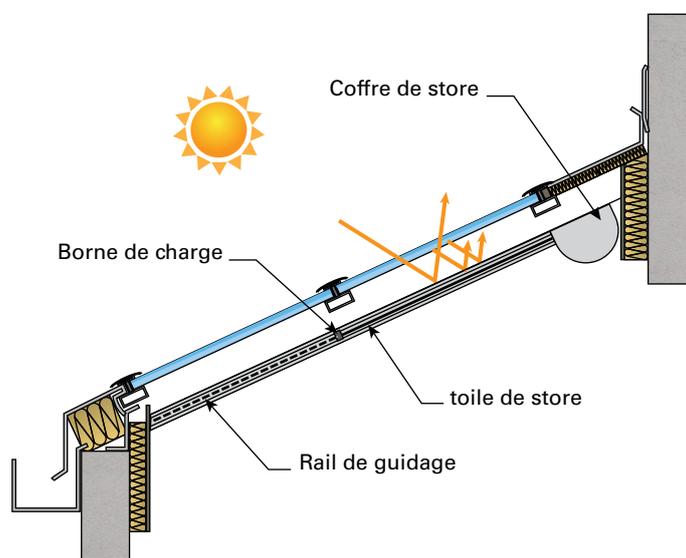
**Lorsqu'elles sont placées côté intérieur, les protections solaires peuvent engendrer un échauffement critique pour les vitrages. Il est nécessaire de prendre en considération la protection solaire intérieure dans les calculs des contraintes thermiques dans les vitrages.**



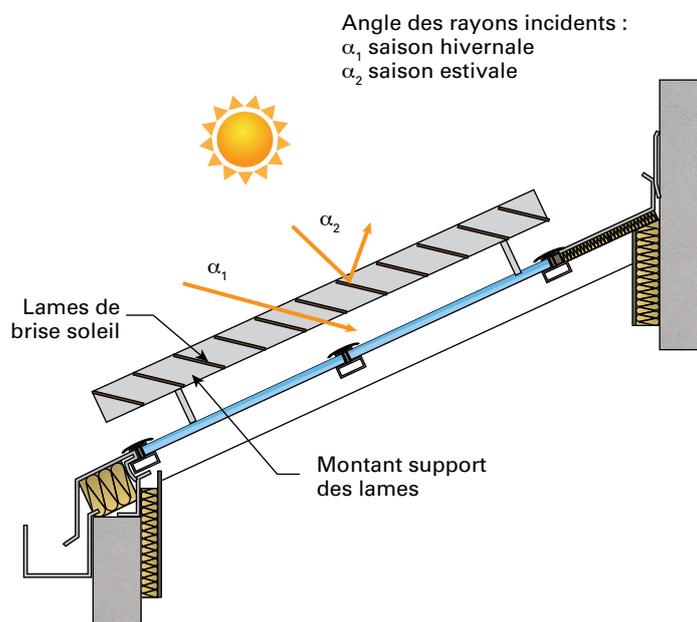
▲ Figure 18 – Verrière équipée d'un volet roulant



▲ Figure 19 – Verrière équipée d'un store extérieur



▲ Figure 20 – Verrière équipée d'un store intérieur



▲ Figure 21 – Verrière équipée de brise-soleil



# 6

## Conception



### 6.1. • Stabilité

Les actions et les combinaisons des actions à appliquer pour dimensionner les verrières sont issues de l'Eurocode NF EN 1990.



**Il conviendra de prendre en compte la présence éventuelle d'éléments additionnels extérieurs ou intérieurs liés à la verrière (protection extérieure, brise-soleil, passerelle, éclairage, etc.).**

#### 6.1.1. • Poids propre de la verrière

Poids propre des éléments verriers :

$$P_p = 25 \times e$$

avec :

- $e$  : somme des épaisseurs nominales des composants verriers en mm ;
- $P_p$  : newton/m<sup>2</sup>.

Le poids des éléments constitutifs de la verrière doit être ajouté aux charges résultant des équipements extérieurs ou intérieurs accrochés à l'ossature.

#### 6.1.2. • Actions du vent

La détermination des actions est réalisée :

- selon l'[ANNEXE A] de ce document ;

- ou par l'application de la norme NF EN 1991-1-4 et son annexe nationale, avec une période de retour égale à cinquante ans et en appliquant un coefficient partiel de sécurité  $\gamma_0$  égal à 1,5.

### 6.1.3. • Actions de la neige

La détermination des actions est réalisée :

- selon l'[ANNEXE B] de ce document ;
- ou par application de la norme NF EN 1991-1-3 et son annexe nationale.

#### Note

Il conviendra de prendre en compte les actions liées aux accumulations éventuelles en bord de toiture, à proximité d'une façade, à proximité d'une toiture supérieure, etc.

#### Note

Dans le cadre de travaux de rénovation, il conviendra de prendre en compte d'éventuelles chutes de neige de la verrière sur les toitures inférieures.

### 6.1.4. • Actions des charges d'exploitation

Les effets induits par les dispositifs d'accès (nacelles ou passerelles d'entretien) devront être pris en compte.

La détermination des actions est réalisée :

- selon les prescriptions des documents particuliers du marché (DPM) ;
- ou par application de l'Eurocode NF EN 1991-1-1 et de son annexe nationale NF P 06-111-2.

### 6.1.5. • Actions accidentelles de réparation

Les remplissages ne sont pas conçus pour supporter une circulation même pour l'entretien (*cf.* [Entretien et maintenance]). Néanmoins, afin de permettre une éventuelle réparation, chaque composant de l'ossature doit être dimensionné pour reprendre une charge ponctuelle unique minimale de 1,50 kN, à défaut de précision dans les documents du marché.

### 6.1.6. • Actions des charges sismiques

Sauf étude spécifique, les actions sont précisées en [ANNEXE E].

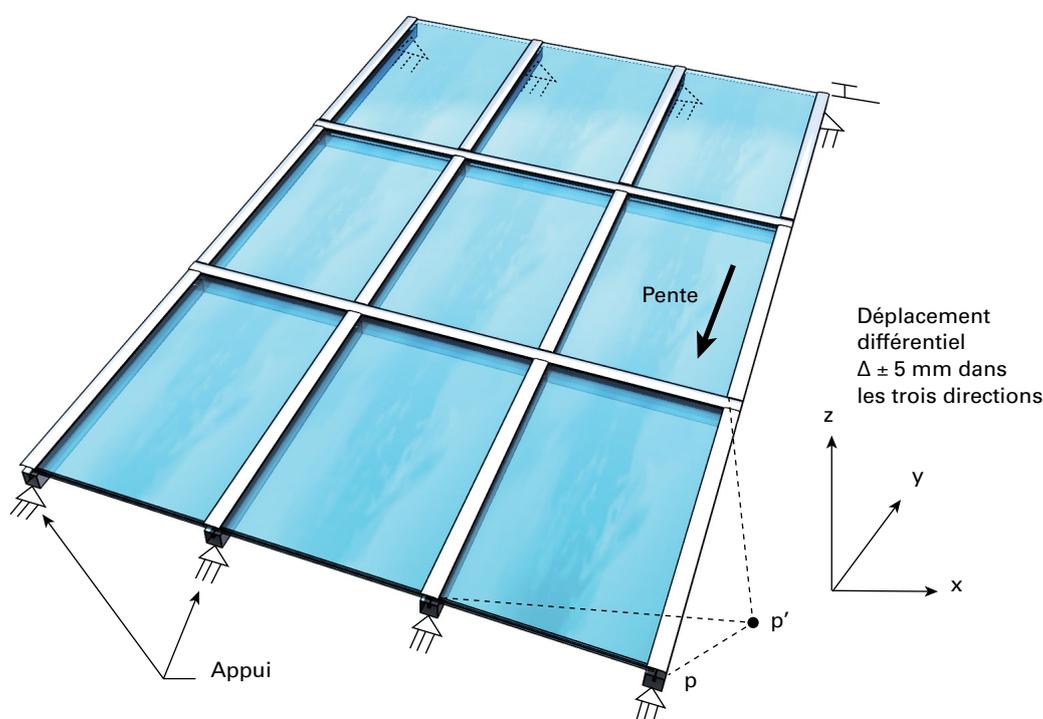


### 6.1.7. • Actions dues au gros œuvre

Les déplacements induits par l'ossature primaire ou par l'action de la température ne doivent pas entraîner de report de charge sur la verrière et/ou altérer son fonctionnement. Ces déplacements doivent être pris en compte dès la conception de la verrière au niveau des systèmes d'appui.

L'amplitude des déplacements à prendre en compte est celle précisée par le cahier des clauses techniques particulières (CCTP) spécifique au projet.

Sauf spécifications contraires, les déplacements différentiels maximaux que devront reprendre les verrières posées et réglées sont de  $\pm 5$  mm entre deux points d'appui adjacents.



▲ Figure 22 : Déplacement différentiel entre appuis adjacents

Lorsque le phasage prévoit que des charges permanentes (pose, équipements techniques, etc.) seront ajoutées ultérieurement à la pose de la verrière, il convient de prendre en compte l'impact des déplacements additionnels de l'ossature support dès la phase de conception. Cet aspect doit faire l'objet d'une étude de synthèse sous la responsabilité du maître d'œuvre impliquant les différents lots concernés (lot charpente, gros œuvre, etc.).

### 6.1.8. • Actions des variations de température

Pour apprécier les effets des variations de température, les températures limites des matériaux à prendre en compte sont  $- 20$  °C et  $+ 80$  °C, sauf conditions climatiques ou justifications particulières.

Les variations dimensionnelles des éléments et les jeux résultants ménagés dans les assemblages sont appréciés par référence à l'expérience et, en cas de besoin, par le calcul.

**Note**

La pratique montre qu'une prévision de variation dimensionnelle de ± 1 mm par mètre pour les profilés aluminium est suffisante. Mais des variations dimensionnelles moindres peuvent être utilisées pour des configurations où l'amplitude entre ces températures limites est justifiée comme étant de moindre importance.

### 6.1.9. • Combinaisons d'actions

Les combinaisons d'actions sont calculées à partir des formules données dans le (Tableau 1).

L'[Annexe C] donne des indications pour calculer les efforts et les réactions dans les traverses et les montants.

		Combinaisons	Formules	C	T	F	R
<b>ELS</b>							
Actions perpendiculaires au plan des vitrages	1	Poids propre	$q_s = G \times \cos \alpha$	x	x	-	x
	2	Poids propre + neige	$q_s = (G + S \cos \alpha) \times \cos \alpha$	x	x	-	x
	3	Poids propre + vent	$q_s = (G \cdot \cos \alpha) + W$	x	x	-	x
	4	Action ascendante Action descendante	$q_s = (G \cdot \cos \alpha) - W$	x	x	-	x
	5	Poids propre + neige + vent Poids propre + vent + neige	$q_s = (G \cdot \cos \alpha) + 0,9 (S \cos \alpha^2 + W)$	x	x	-	x
Actions parallèles au plan des vitrages	6	Poids propre + neige	$q_s = (G + S \cos \alpha) \times \sin \alpha$	-	x	-	-
Charges d'exploitation*	14	Poids propre + charge exploitation	$q_u = (G + Q_k \cos \alpha) \times \cos \alpha$	x	x	x	-
<b>ELU</b>							
Actions perpendiculaires au plan des vitrages	7	Poids propre	$q_u = 1,35 \times G \times \cos \alpha$	x	x	x	x
	8	Poids propre + neige	$q_u = (1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S \cos \alpha) \times \cos \alpha$	x	x	x	x
	9	Poids propre + vent	$q_u = (1,35 \cdot G \cdot \cos \alpha) + 1,5 \cdot W$	x	x	x	x
	10	Action ascendante Action descendante	$q_u = (1,35 \cdot G \cdot \cos \alpha) - 1,5 \cdot W$	x	x	x	x
	11 12	Poids propre + neige + vent Poids propre + vent + neige	$q_s = 1,35 \cdot G \cdot \cos \alpha + 1,5 \cdot S \cos^2 \alpha + 0,9 \cdot W$ $q_s = 1,35 \cdot G \cdot \cos \alpha + 1,5 \cdot W + 0,9 \cdot S \cos^2 \alpha$	x x	x x	x x	x x
Actions parallèles au plan des vitrages	13	Poids propre + neige	$q_u = (1,35 \cdot G + 1,5 \cdot S \cos \alpha) \times \cos \alpha$	x	x	x	-
Charges d'exploitation*	14	Poids propre + charge exploitation	$q_u = (1,35 \cdot G + 1,5 \cdot Q_k \cos \alpha) \times \cos \alpha$	x	x	x	-



		Combinaisons	Formules	C	T	F	R
<b>ELU ACCIDENTEL</b>							
Actions accidentelles	15	Poids propre + neige accidentelle	$q_u = (G + S_{ad} \cdot \cos \alpha) \times \sin \alpha$	x	x	x	x
	16	Poids propre + charge de réparation (Q = 1,5kN)	$q_u = (G + Q \cdot \cos \alpha) \times \sin \alpha$	x	x	x	–
	17 18	Poids propre + séisme	Fixation (cf. [Annexe D]) Liaison chevron-traverse (cf. [Annexe D])	– –	– –	x x	– –
<p><math>\alpha</math> : angle de la verrière par rapport à l'horizontale            G : poids propre  <math>q_u</math> : charge pondérée à l'état limite ultime (ELU)  <math>q_s</math> : charge pondérée à l'état limite service (ELS)            Q : charge d'exploitation  <math>Q_k</math> : charge d'exploitation accidentelle            S : charge de neige  <math>S_a</math> : charge de neige accidentelle  <math>F_a</math> : force sismique            W : charge de vent            ELS : état limite de service            ELU : état limite ultime  <math>S_{ad}</math> : charge de neige accidentelle            C : chevrons            T : traverses            F : fixations et attaches            R : remplissages</p>							

▲ Tableau 1 : Combinaison d'actions à l'ELS et à l'ELU pour les remplissages et les ossatures secondaires.

## 6.1.10. • Principe de calcul

### 6.1.10.1. • Exigences pour les états limites

Les états limites de service (ELS) correspondent à l'apparition de flèches ou de déplacements considérés excessifs et affectant l'aspect ou l'exploitation normale de l'ouvrage.

Les états limites ultimes (ELU) sont associés à toute forme de ruine pouvant mettre en danger la sécurité des personnes. La stabilité de l'ouvrage doit être assurée avec un coefficient de sécurité suffisant par rapport aux charges climatiques maximales prévisibles pour le site considéré. Les déplacements sous charges ELU ne doivent pas remettre en cause les hypothèses d'appui.

Les combinaisons des actions (poids propre, vent, neige) sous lesquelles doivent être respectés les critères associés à cet état limite (flèche, contrainte maximale, etc.) sont définies pour chaque état limite.

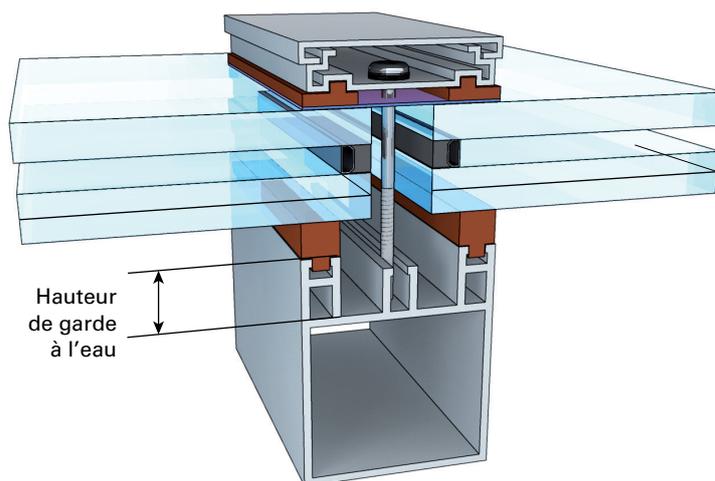
Les principes de dimensionnement des ossatures et des remplissages verriers sont donnés en [ANNEXE C] et [ANNEXE D].

## 6.1.10.2. • Critères de dimensionnement

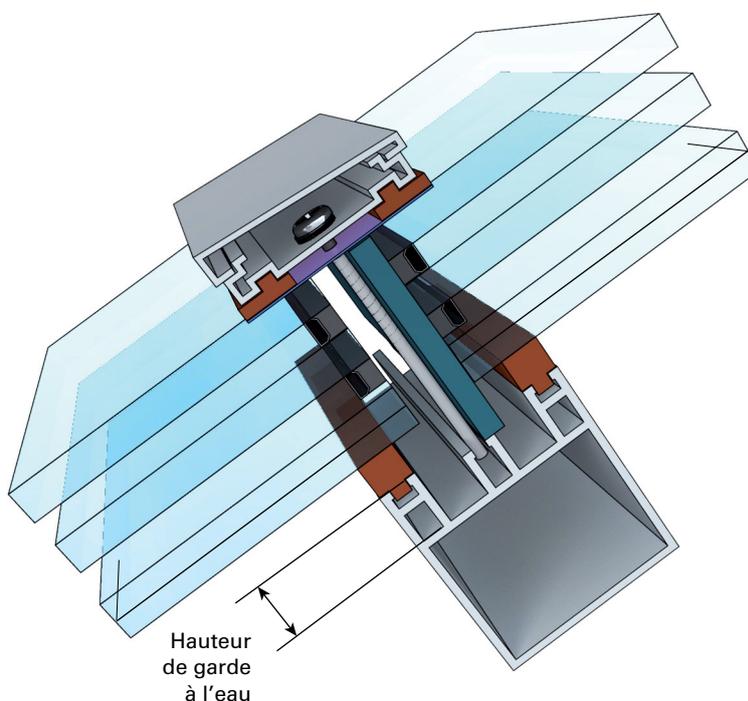
		Combinaisons	C	T	F	R
<b>ELS</b>						
Actions perpendiculaires au plan des vitrages	1	Poids propre	–	Hauteur garde à l'eau – 2 mm	–	–
	2	Poids propre + neige	1/200 <sup>e</sup>	1/200 <sup>e</sup>	–	X
	3	Poids propre + vent	1/200 <sup>e</sup>	1/200 <sup>e</sup>	–	X
	4	Action ascendante Action descendante	1/200 <sup>e</sup>	1/200 <sup>e</sup>	–	X
	5	Poids propre + neige + vent Poids propre + vent + neige	1/200 <sup>e</sup>	1/200 <sup>e</sup>	–	X
Actions parallèles au plan des vitrages	6	Poids propre + neige	–	1/500 <sup>e</sup> et 3 mm	–	–
<b>ELU</b>						
Actions perpendiculaires au plan des vitrages	7	Poids propre	–	–	–	X
	8	Poids propre + neige	$\sigma_{adm}$	$\sigma_{adm}$	$\sigma_{adm}$	X
	9	Poids propre + vent	$\sigma_{adm}$	$\sigma_{adm}$	$\sigma_{adm}$	X
	10	Action ascendante Action descendante	$\sigma_{adm}$	$\sigma_{adm}$	$\sigma_{adm}$	X
	11	Poids propre + neige + vent	$\sigma_{adm}$	$\sigma_{adm}$	$\sigma_{adm}$	X
	12	Poids propre + vent + neige	$\sigma_{adm}$	$\sigma_{adm}$	$\sigma_{adm}$	X
Actions parallèles au plan des vitrages	13	Poids propre + neige	$\sigma_{adm}$	$\sigma_{adm}$	$\sigma_{adm}$	–
<b>ELU ACCIDENTEL</b>						
Actions accidentelles	14	Poids propre + neige accidentelle	$\sigma_{adm}$	$\sigma_{adm}$	$\sigma_{adm}$	X
	15	Poids propre + séisme	–	–	$\sigma_{adm}$	–
	16		–	–	$\sigma_{adm}$	–

▲ Tableau 2 : Exigences pour les états limites

Les hauteurs de garde à l'eau sont illustrées (Figure 23) et (Figure 24).



▲ Figure 23 : Hauteur de garde à l'eau sur les chevrons



▲ Figure 24 : Hauteur de garde à l'eau sur les traverses

ELU		Combinaisons	Type de remplissage		
			Vitrage feuilleté	Vitrage isolant	Élément de remplissage
Actions perpendiculaires au plan des vitrages	1	Poids propre	–	–	–
	2	Poids propre + neige	1/60° de la petite dimension et 30 mm	1/60° de la petite dimension et 30 mm	Cf. AT <sup>1</sup>
	3	Poids propre + vent	1/60° de la petite dimension et 30 mm	1/60° de la petite dimension et 30 mm	Cf. AT <sup>1</sup>
	4	Action ascendante Action descendante	1/60° de la petite dimension et 30 mm	1/60° de la petite dimension et 30 mm	Cf. AT <sup>1</sup>
	5	Poids propre + neige + vent Poids propre + vent + neige	1/60° de la petite dimension et 30 mm	1/60° de la petite dimension et 30 mm	Cf. AT <sup>1</sup>

ELU		Combinaisons	Type de remplissage		
			Vitrage feuilleté	Vitrage isolant	Élément de remplissage
Actions parallèles au plan des vitrages	6	Poids propre + neige	—	—	—
<b>ELU</b>					
Actions perpendiculaires au plan des vitrages	7	Poids propre	$\sigma_{adm}$	$\sigma_{adm}$	$\sigma_{adm}$ Cf. AT <sup>1</sup>
	8	Poids propre + neige	$\sigma_{adm}$	$\sigma_{adm}$	$\sigma_{adm}$ Cf. AT <sup>1</sup>
	9	Poids propre + vent	$\sigma_{adm}$	$\sigma_{adm}$	Cf. AT <sup>1</sup>
	10	Action ascendante Action descendante	$\sigma_{adm}$ $\sigma_{adm}$	$\sigma_{adm}$ $\sigma_{adm}$	$\sigma_{adm}$ $\sigma_{adm}$
	11	Poids propre + neige + vent	$\sigma_{adm}$	$\sigma_{adm}$	$\sigma_{adm}$
	12	Poids propre + vent + neige	$\sigma_{adm}$	$\sigma_{adm}$	$\sigma_{adm}$
Actions parallèles au plan des vitrages	13	Poids propre + neige	—	—	—
<b>ELU ACCIDENTEL</b>					
Actions accidentelles	14	Poids propre + neige accidentelle	$\sigma_{adm}$	$\sigma_{adm}$	$\sigma_{adm}$
	15 16	Poids propre + séisme	—	—	Voir [Annexe D]
1. Suivant Avis Technique en cours de validité.					

▲ Tableau 3 : Exigences pour les remplissages

## 6.2. • Sécurité incendie

D'une manière générale, les verrières ne requièrent pas d'exigence particulière vis-à-vis de la sécurité incendie.

Lorsqu'une exigence est requise, la justification des performances consiste à établir la conformité aux textes réglementaires en vigueur.

Les verrières peuvent intégrer des ouvrants de désenfumage. Ceux-ci devront être conformes aux normes de référence NF EN 12101-1 et 2 et NF S 61-937-1 et 6 et devront justifier des performances décrites au paragraphe 7.10.

Lorsque l'ouvrage de verrière requiert un degré pare-flamme ou un classement E selon l'arrêté du 22 mars 2004 et/ou un degré coupe-feu ou un classement EI selon l'arrêté du 22 mars 2004, ce type de performances doit être attesté par un PV délivré par un laboratoire agréé français.

**Note**

À la date de publication du présent document, les principaux textes réglementaires concernant les dispositions constructives à respecter sont :

- l'arrêté du 22 mars 2004, renvoyant aux normes EN 13501-2 et EN 1364-3,4, relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrage ;
- l'arrêté du 21 novembre 2002, relatif à la réaction au feu des produits de construction et d'aménagement.

Pour les ERP :

- l'arrêté du 6 octobre 2004, article AM8, relatif aux produits d'isolation utilisés dans les établissements recevant du public (ERP) ;
- l'arrêté du 24 mai 2010 ;
- l'arrêté du 25 juin 1980 et les instructions techniques ;
- l'arrêté du 23 mars 1965.

Pour les IGH :

- l'arrêté du 18 octobre 1977, modifié en 1982, portant règlement de sécurité pour la construction des immeubles de grande hauteur (IGH) et leur protection contre le risque d'incendie et de panique ;
- l'arrêté du 30 décembre 2011.

Pour les bâtiments d'habitation :

- l'arrêté du 10 septembre 1970 ;
- la circulaire du 13 décembre 1982 ;
- l'arrêté du 31 janvier 1986, modifié par l'arrêté du 18 août 1986 et du 19 décembre 1986.

Pour les établissements relevant du Code du travail : le Code du travail.

## 6.3. • Hygiène, santé et environnement

### 6.3.1. • Santé

Les matériaux constitutifs de la verrière ne doivent pas être susceptibles d'émettre, dans des conditions normales d'emploi, des gaz nocifs, des radiations ou des poussières nocives. Ils doivent également présenter, indépendamment ou en association (remplissages composés, par exemple), une stabilité physico-chimique convenable et durable dans les conditions normales d'emploi et, en particulier, sous l'effet des températures supportées par ces matériaux.

**Note**

Certains produits et revêtements de surface, indépendamment de ces critères, peuvent être interdits par le Code de la santé et du travail soit parce qu'ils renferment des substances dangereuses, soit parce que leur mise en œuvre est considérée comme dangereuse.

**Note**

Les produits utilisés doivent respecter le document guide H 99/363 : Approche harmonisée relative aux substances dangereuses dans le cadre de la directive 89/106/CEE relative aux produits de construction.

**Note**

En France, la directive produits de construction a été transposée en droit français par le décret n° 92-647 du 8 juillet 1992 (*JORF* du 14 juillet 1992) modifié par le décret n° 95-1051 du 20 septembre 1995 (*JORF* du 27 septembre 1995) concernant l'aptitude à l'usage des produits de construction.

Les verrières doivent respecter le décret n° 2011-321 du 23 mars 2011 et l'arrêté du 19 avril 2011 relatifs à l'étiquetage des produits de construction ou des revêtements de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils.

### 6.3.2. • Hygiène

Les condensations superficielles sur les parements intérieurs, dans les conditions où le local est correctement chauffé et convenablement ventilé ou climatisé, doivent être limitées. Cependant, avant stabilisation du gros œuvre (béton, plâtre, etc.), une plus forte hygrométrie de l'air peut entraîner des condensations plus importantes.

Dans le cas d'utilisation de remplissages à faible résistance thermique, il doit être prévu un dispositif de recueil des eaux de condensation.

**Note**

Les remplissages dont la résistance thermique est inférieure à  $0,05 \text{ m}^2/(\text{K}\cdot\text{W}^{-1})$ , tels que le vitrage simple, sont considérés comme à faible résistance thermique.

Sauf spécification particulière, la température superficielle du parement intérieur de la paroi intérieure des remplissages est calculée pour une ambiance intérieure hivernale de 20 °C et de 40 % HR (humidité relative).

Les verrières ne sont pas conçues pour contribuer aux apports d'air nécessaires à la ventilation des locaux, en dehors des possibilités d'aération naturelle par l'ouverture des ouvrants de toiture.

### 6.3.3. • Environnement

Les procédés de verrières peuvent disposer de fiches de déclaration environnementales et sanitaires (FDES) ou *Environmental Product Declaration* (EPD).

Les composés organiques volatils (COV) constituent une famille de produits très large comme le benzène, l'acétone, le perchloroéthylène, etc. qui se trouvent à l'état de gaz ou s'évaporent facilement dans les conditions normales de température et de pression.



La directive 99/13 du 11 mars 1999 relative aux émissions de COV dues à l'utilisation de solvants a imposé des valeurs limites pour les émissions canalisées et diffuses de COV et des obligations particulières concernant les solvants les plus toxiques (réduction, substitution). Ces dispositions ont été transposées dans la réglementation française.

## 6.4. • Sécurité d'utilisation

### 6.4.1. • Vis-à-vis des risques de chute de bris de verre

Le choix des remplissages doit être conforme aux exigences de la norme NF DTU 39 qui prévoit, notamment, la mise en place d'un vitrage feuilleté de sécurité sur la face inférieure du vitrage.

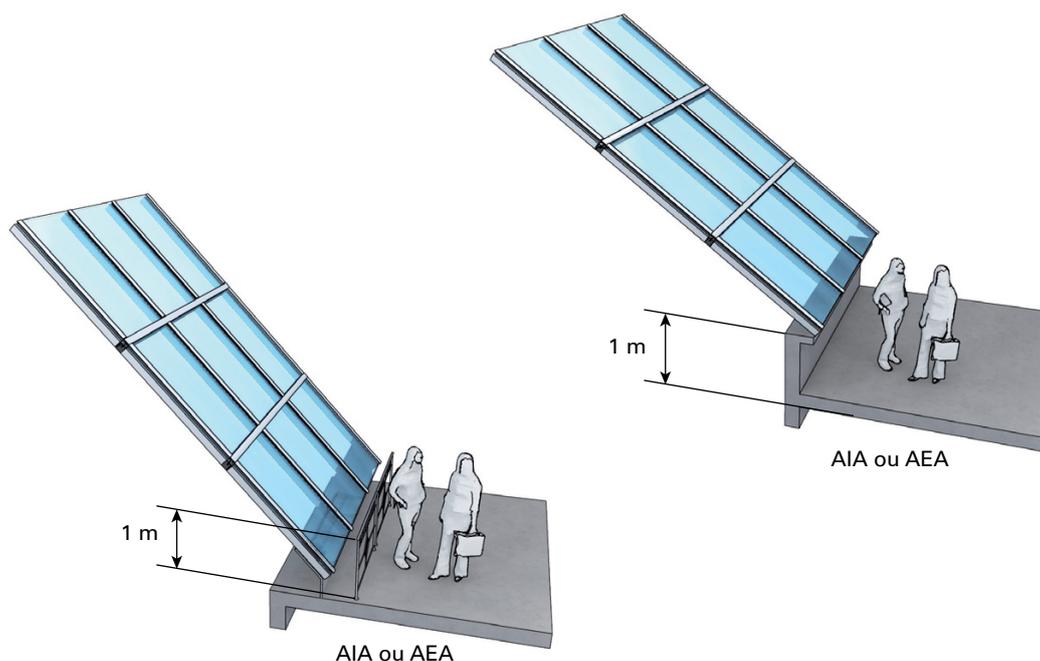
### 6.4.2. • Vis-à-vis du risque de chute d'objets

D'une façon générale, la verrière n'a pas à assurer la sécurité aux chocs exceptionnels, tels que des chutes d'objets d'un niveau supérieur à l'ouvrage. Le cas échéant, il appartient au maître d'ouvrage de définir le risque de choc (chute d'objet volontaire ou involontaire), afin de prendre des dispositions (nature de vitrage, résistance à une énergie de choc, etc.) pouvant pallier ce risque.

### 6.4.3. • Accessibilité de la verrière

Les verrières de conception courante ne sont pas prévues pour être accessibles aux usagers.

Lorsque l'ouvrage de verrière donne sur une zone accessible aux usagers, un dispositif additionnel prescrit par le maître d'œuvre doit empêcher l'accessibilité de la verrière. Un garde-corps conforme à la norme NF P01-012 répond à cette exigence.



▲ Figure 25 : Exemples de mise en place d'un dispositif empêchant l'accès à la verrière

#### 6.4.4. • Sécurité du personnel d'entretien

La loi du 31 décembre 1993 demande au maître d'ouvrage, au maître d'œuvre et au coordonnateur de sécurité de mettre en œuvre, dès la phase de conception du projet, les principes généraux de prévention définis à l'article L. 230-2 du Code du travail.

Cette démarche consiste, pour chaque intervention, à évaluer les risques et à prévoir des moyens de prévention adaptés à la situation en privilégiant les protections collectives. Dans le cadre de travaux de maintenance d'une verrière, les principaux risques à prévenir sont les chutes de hauteur à l'extérieur du bâtiment, les chutes à travers le produit verrier, l'effondrement de l'ouvrage sous l'action des charges d'entretien et les blessures par bris de verre.

Les remplissages résistant à l'essai de choc de M50/1 200 joules permettent de limiter le risque de chute au travers de la verrière pour les intervenants de maintenance (essai correspondant à une chute de plain-pied depuis une échelle de couvreur posée sur l'ossature de la verrière).

#### Note

Les modalités de l'essai de choc à 1 200 joules sont définies dans le document du CSTB n° 3228 : « Note d'information n° 4 du groupe spécialisé n° 2 – Construction, façades et cloisons légères ».

La circulation des intervenants directement sur les vitrages sans élément de protection des produits verriers et de répartition des charges est prohibée.



**En cours de travaux, les vitrages ou remplissages opaques ne sont pas destinés à servir d'aires de stockage à divers composants, notamment les vitrages qui sont généralement d'un poids relativement important. L'ossature secondaire ainsi que les remplissages transparents ou opaques ne sont pas dimensionnés en conséquence.**

### 6.4.5. • Sécurité vis-à-vis des événements exceptionnels

Sauf prescriptions particulières, une verrière n'est pas conçue pour résister aux événements exceptionnels tels que :

- les effractions ;
- les explosions ;
- le vandalisme.

De même, une verrière n'est pas prévue pour résister aux sollicitations générées par des explosions.

#### Note

La norme NF DTU 39 donne des classifications pour des vitrages devant assurer un rôle dans la protection des personnes et des biens.

### 6.4.6. • Sécurité vis-à-vis des risques électriques

Toute installation électrique devra être conçue et réalisée par une entreprise habilitée.

Les occupants ne doivent subir aucun dommage corporel pouvant résulter des installations électriques mises en œuvre sur les verrières. Le respect des prescriptions définies dans la norme NF C15-100, pour le dimensionnement et la pose des matériels, permet d'assurer la sécurité. Dans ce cadre, il convient de respecter notamment les dispositions suivantes :

- les ossatures de la verrière ne doivent pas être utilisées comme conducteur de descente du système de protection contre la foudre ;
- en cas de montage de matériels électriques sur les ossatures métalliques de la verrière, celles-ci doivent être reliées à un conducteur de protection. Il en est de même si les ossatures sont utilisées pour le passage des conducteurs, sauf si ces conducteurs sont de classe 2 et qu'ils ne comportent aucun raccordement sur la traversée de l'ouvrage ;
- les matériels électriques mis en place doivent être choisis en fonction des conditions de service et des influences externes (selon chapitre 512 de la norme NF C15-100) ;

- le choix des types de canalisations électriques doit être fait en fonction de leurs conditions de mise en œuvre (selon chapitre 521 de la norme NF C15-100) ;
- les canalisations doivent être réalisées de manière à permettre le remplacement des conducteurs détériorés.

Pour les installations photovoltaïques, il conviendra de se référer à l'avis technique du fabricant ainsi qu'au guide UTE C15-712-1.

### Note

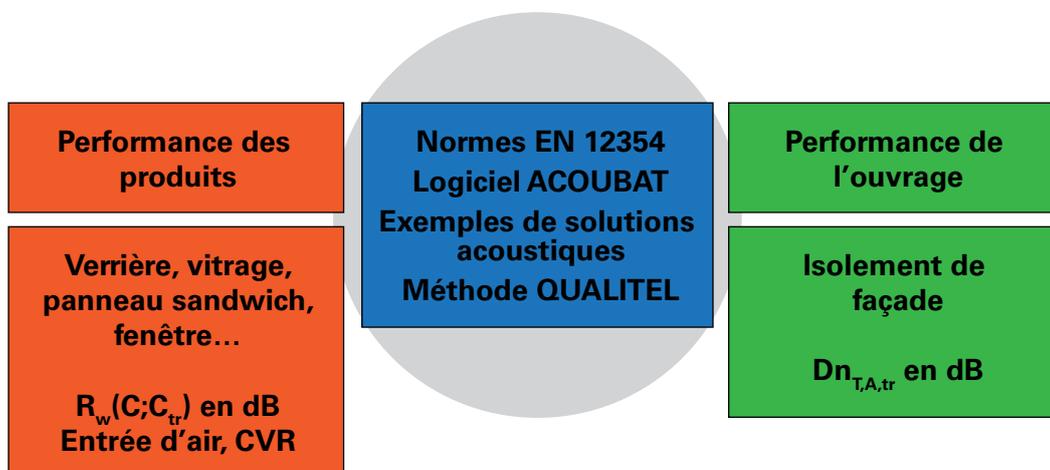
Pour information, les « Règles professionnelles Vérandas » définissent, en [ANNEXE F], un cahier des charges pour les installations électriques des vérandas à structure aluminium.

## 6.5. • Performances acoustiques

Les réglementations acoustiques françaises sont des réglementations de résultats et non de moyens, ce n'est donc pas la performance propre des produits ou des systèmes qui est visée, mais la performance globale du bâtiment. Pour concevoir un bâtiment de façon à ce qu'il puisse atteindre les exigences fixées, il est donc nécessaire de bien connaître la performance des systèmes qui le composent ainsi que leurs connexions.

À ce jour, il existe principalement quatre domaines réglementés sur le plan acoustique pour les bâtiments neufs ou les extensions de bâtiment :

- bâtiment d'habitation : arrêté du 30 juin 1999 ;
- hôtel : arrêté du 25 avril 2003 ;
- établissement d'enseignement : arrêté du 25 avril 2003 ;
- établissement de santé : arrêté du 25 avril 2003.



▲ Figure 26 : Passage de la performance des produits à la performance de l'ouvrage



Les performances acoustiques d'une verrière sont de deux natures :

- isolation acoustique vis-à-vis des bruits extérieurs (réglementaire dans certains contextes) ;
- isolation acoustique vis-à-vis des bruits d'impact de la pluie sur la verrière (non réglementée, mais le critère peut s'avérer crucial dans certaines situations).

### 6.5.1. • Isolation acoustique vis-à-vis des bruits extérieurs

Il est important que la verrière remplisse sa fonction de protection acoustique afin de garantir un niveau de pression acoustique lié au bruit extérieur compatible avec l'usage de la verrière.

#### 6.5.1.1. • Performance produit : $R_w + C_{tr}$ en dB

Pour décrire l'exigence acoustique sur la transmission directe d'une verrière, on parle d'« indice d'affaiblissement acoustique »  $R_w (C ; C_{tr})$ . Cet indice sera exprimé en décibel (dB). Lorsque cela est nécessaire, l'indice d'affaiblissement acoustique doit être déterminé par des essais en laboratoire qui seront réalisés suivant la norme NF EN 10140-2 (ex-NF EN ISO 140-3), et les résultats obtenus à la suite de ces essais devront être exprimés conformément à la norme NF EN ISO 717-1. L'indice unique qui fait référence dans le cas d'un produit à l'interface entre l'intérieur et l'extérieur d'un bâtiment est le  $R_w + C_{tr} = R_{a,tr}$ .

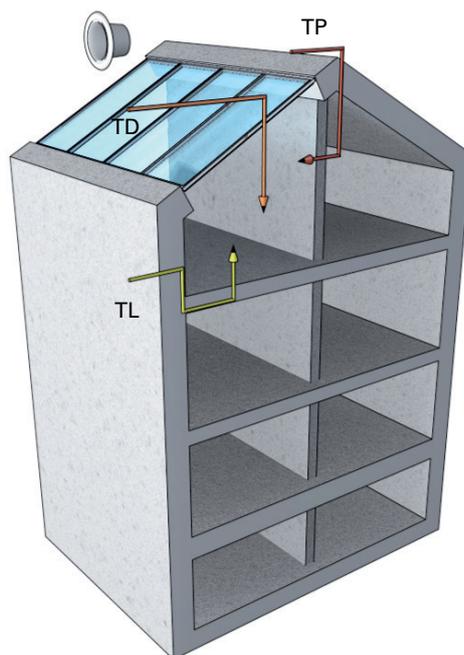
L'indice d'affaiblissement du produit dépend généralement de sa partie la plus faible.

#### 6.5.1.2. • Performance *in situ* : isolement acoustique au bruit aérien $D_{nT,A,tr} = D_{nT,w} + C_{tr}$ en dB

La performance finale du bâtiment (*in situ*) n'est pas directement comparable à la performance de chacun de ses constituants (en laboratoire). Pour passer de l'un à l'autre, il existe un certain nombre de passerelles décrites (Figure 26).

Cet isolement acoustique peut être affecté par plusieurs voies de transmission de bruits, mais elle dépend aussi du volume de réception :

- TD : les transmissions dites « directes » ;
- TL : les transmissions dites « latérales » (généralement négligeables pour ce type d'ouvrage) ;
- TP : les transmissions dites « parasites ».



▲ Figure 27 : Schéma des transmissions acoustiques

Les transmissions directes sont principalement dues aux composants vitrés, aux éléments de remplissage, aux profilés. Si une entrée d'air est intégrée à la verrière, elle est assimilée à une transmission directe et doit, bien sûr, être prise en compte dans le calcul.

Les transmissions parasites sont toutes les transmissions non maîtrisées à la conception. Elles peuvent, par exemple, être liées à des défauts d'étanchéité. Ces défauts sont généralement facilement identifiables.

### 6.5.2. • Niveau de bruit d'impact de la pluie

Il n'y a pas de réglementation sur le bruit d'impact de la pluie, il existe uniquement une norme d'essai en laboratoire : NF EN ISO 10140-3 (ex-NF EN ISO 140-18). Outre les composants verriers qui jouent bien sûr un rôle dans cette problématique, il ne faut pas oublier l'impact des éléments de profil (quand ils sont apparents) et des éléments, souvent métalliques, de raccord avec la toiture ou autre. Il faut aussi faire attention à la présence d'éléments translucides en polycarbonate extrudé ou de panneaux sandwichs car si certains industriels ont travaillé sur des solutions performantes vis-à-vis du bruit d'impact de la pluie, les versions de base sont généralement moins performantes que des éléments verriers.

### 6.5.3. • Autre aspect

Les espaces délimités par les verrières peuvent être assez réverbérants acoustiquement : selon leur utilisation et s'ils ne sont pas assez absorbants, ils peuvent générer des niveaux de bruit important et des problèmes d'inconfort. Le traitement acoustique de ces espaces (par l'emploi de matériaux absorbants bien répartis) est donc à considérer avec attention.



### 6.5.4. • Amélioration de l'isolation acoustique

Afin d'améliorer l'isolation acoustique des verrières, quelques solutions existent (liste non exhaustive) :

- assurer une bonne étanchéité à l'air entre les parties ouvrantes et les parties fixes ;
- assurer une bonne étanchéité à l'air entre la verrière et le gros œuvre ;
- utiliser des vitrages plus épais ;
- favoriser des vitrages asymétriques dans les limites des règles mécaniques ;
- utiliser des vitrages feuilletés avec un intercalaire PVB acoustique ;
- apporter une attention particulière aux raccordements entre l'ossature et les remplissages. Si les joints ne sont pas continus, cela peut dégrader les performances acoustiques de la verrière.



**Les vitrages feuilletés acoustiques ne sont pas nécessairement des vitrages feuilletés de sécurité pour la sécurité vis-à-vis des risques de chutes des personnes.**

#### Note

Il y a lieu de ne pas confondre l'indice d'affaiblissement acoustique  $R$  avec l'isolement acoustique standardisé pondéré  $D_{nT,A}$  ou  $D_{nT,A,tr}$ . L'isolement acoustique *in situ* dépend partiellement des performances de la verrière, plus particulièrement des transmissions latérales, du volume du local et de sa durée de réverbération.

#### Note

À la date de publication du présent document, les textes de référence sont :

- NF EN ISO 140-3 ;
- NF EN ISO 140-5 ;
- NF EN ISA 717-1.

### 6.6. • Caractéristiques thermiques

La conception de toute verrière entrant dans le domaine d'application d'une réglementation thermique devra répondre aux spécifications de cette réglementation tant en hiver qu'en été.

## 6.6.1. • Contexte réglementaire

### 6.6.1.1. • *Réglementations Thermiques dans le neuf et dans l'existant*

La Réglementation Thermique se décline en une réglementation concernant les bâtiments neufs (RT 2012) et deux réglementations concernant les bâtiments existants (RT existant globale et RT existant par éléments).

#### *Bâtiments neufs*

L'application de la RT 2012 couverte par les arrêtés du 26 octobre 2010 et du 28 décembre 2012 s'échelonne selon les catégories et l'usage des bâtiments entre le 27 octobre 2011 et le 1<sup>er</sup> janvier 2013.

#### *Bâtiments existants*

La RT existant globale couverte par l'arrêté du 8 juin 2008 s'applique aux bâtiments construits après 1948 et aux rénovations importantes lorsque la surface du bâtiment est supérieure à 1 000 m<sup>2</sup> et lorsque le coût des travaux est supérieur à 25 % de la valeur du bâtiment concerné.

La RT existant par éléments couverte par l'arrêté du 3 mai 2007 s'applique aux cas de rénovation non visés par la RT existant globale.

### 6.6.1.2. • *Respect des exigences globales*

#### *Bâtiments neufs*

La RT 2012 fixe des exigences globales à ne pas dépasser sur le besoin bioclimatique (Bbio), les ponts thermiques (Ratio  $\psi$ ), la perméabilité à l'air, la consommation en énergie primaire (Cep) et la Température intérieure de confort (Tic).

#### *Bâtiments existants*

La RT existant globale fixe des exigences globales à ne pas dépasser sur la déperdition moyenne par transmission à travers l'enveloppe (Ubât), la consommation en énergie primaire (Cep) et la Température intérieure de confort (Tic). Elle fixe par ailleurs une exigence de réduction de la Cep initiale.

RT existant par élément ne fixe pas d'exigences globales à l'échelle du bâtiment.



### 6.6.1.3. • Respect exigences minimales et valeurs limites concernant le procédé

#### Bâtiments neufs

La RT 2012 ne fixe pratiquement plus d'exigence à l'échelle des parois mais conserve une exigence minimale sur le pont thermique du plancher intermédiaire.

#### Bâtiments existants

La RT existant globale fixe des coefficients de transmission surfacique U maximaux à ne pas dépasser à l'échelle des parois.

Pour les parois vitrées, la réglementation thermique par éléments fixe des coefficients de transmission surfacique U maximaux à ne pas dépasser pour les composants qui ont été remplacés ou installés.

Les verrières ne sont soumises à aucune exigence minimale sur les déperditions surfaciques. Toutefois, au vu de leur surface relativement importante par rapport à l'ensemble de l'enveloppe du bâtiment, elles jouent un rôle important pour le calcul des exigences globales (Bbio et Cep) et leur coefficient de transmission thermique  $U_{cw}$  doit être suffisamment bas.

Dans le cas (rare) de verrière donnant sur un local destiné au sommeil et de catégorie CE1, la mise en place de protection solaire est obligatoire de sorte que le facteur solaire  $S_{cws}$  de la verrière, protections solaires déployées, soit inférieur aux valeurs suivantes :

Zones	Altitudes		
Zones H1a et H2a	Toutes altitudes		
Zones H1b et H2b	Altitude > 400 m	Altitude ≤ 400 m	
Zones H1c et H2c	Altitude > 800 m	Altitude ≤ 800 m	
Zones H2d et H3		Altitude > 400 m	Altitude ≤ 400 m
<b>1- BAIES EXPOSÉES BR1 HORS LOCAUX À OCCUPATION PASSAGÈRE</b>			
Baie verticale nord	0,65	0,45	0,25
Baie verticale autre que nord	0,45	0,25	0,15
Baie horizontale	0,25	0,15	0,10
<b>2- BAIES EXPOSÉES BR2 OU BR3 HORS LOCAUX À OCCUPATION PASSAGÈRE</b>			
Baie verticale nord	0,45	0,25	0,25
Baie verticale autre que nord	0,25	0,15	0,15
Baie horizontale	0,15	0,10	0,10
<b>3- BAIES DE LOCAUX À OCCUPATION PASSAGÈRE</b>			
Baie verticale	0,65	0,65	0,45
Baie horizontale	0,45	0,45	0,45

▲ Tableau 4 : Facteurs solaires maximaux admissibles pour une verrière avec protection solaire déployée donnant sur un local destiné au sommeil de catégorie CE1

## 6.6.2. • Performances thermiques intrinsèques du procédé

La performance énergétique intrinsèque des verrières est caractérisée par trois coefficients :

- un coefficient de transmission thermique surfacique moyen  $U_{cw}$  s'exprimant en  $W/(m^2.K)$ , qui caractérise les déperditions thermiques de l'intérieur vers l'extérieur ;
- un facteur de transmission de l'énergie solaire  $S_{cw}$  (sans unité), qui caractérise la capacité de la verrière à capter / limiter les apports solaires, permettant ainsi de profiter des apports solaires gratuits en hiver et de limiter le recours aux systèmes de refroidissement en été ;
- un facteur de transmission lumineuse  $TL_{cw}$  (sans unité), qui caractérise la capacité de la verrière à capter / limiter les apports lumineux, permettant ainsi de limiter l'utilisation de l'éclairage artificiel dans le bâtiment.

Les facteurs de transmissions solaire et lumineuse se décomposent en plusieurs composantes caractérisant la nature de l'énergie solaire et de la lumière transmises.

Les paramètres pouvant impacter de façon importante les caractéristiques énergétiques des verrières sont :

- la nature du vitrage utilisé (simple, double, double avec faible émissivité, double avec faible émissivité et remplissage gaz lourd, triple, vitrage à contrôle solaire...) ou la nature du remplissage opaque utilisé ;
- le type de profilé utilisé (avec ou sans rupture de pont thermique) ;
- la géométrie de la verrière (nombre de profilés, ratio clair moyen, inclinaison...) ;
- la présence ou non de protections solaires pour réduire les apports solaires estivaux et limiter ainsi le recours aux systèmes de refroidissement ;
- la nature des protections solaires employées, en particulier leurs propriétés diffusantes pour obtenir une ambiance lumineuse intérieure de qualité et limiter ainsi le recours à l'éclairage artificiel.



## 6.7. • Habitabilité

### 6.7.1. • Performances air, eau et vent (AEV)

Afin de valider les principes de drainage et d'étanchéité à l'eau, de perméabilité à l'air et de résistance au vent d'une verrière, il est nécessaire de recourir à des essais conventionnels sous pression et réalisés en laboratoire.

#### 6.7.1.1. • Essais en laboratoire

À l'heure actuelle, il n'existe pas de normes d'essais d'étanchéité spécifiques aux verrières.

On pourra toutefois utiliser les essais applicables aux façades rideaux selon la procédure de la norme NF EN 13830 :

- **perméabilité** : pour déterminer la performance de perméabilité à l'air, il conviendra d'utiliser la norme NF EN 12153. Pour toutes les parties fixes, la perméabilité mesurée sous 25 % de la pression de vent caractéristique doit être inférieure ou égale à  $1,5 \text{ m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$  ou à  $0,5 \text{ m}^3/\text{h}$  par mètre linéaire de joint ;
- **étanchéité** : pour déterminer la performance d'étanchéité à l'eau, il conviendra d'utiliser la méthodologie de la norme NF EN 12155, « Détermination de l'étanchéité à l'eau – Essai de laboratoire sous pression statique », en augmentant le débit d'arrosage [avec un débit d'eau de  $3 \text{ L}/(\text{m}^2 \cdot \text{min})$ ] sur un prototype présentant l'inclinaison voulue.

L'étanchéité à l'eau doit être vérifiée sous pression P1 correspondant à 25 % de la pression de vent caractéristique du chantier, avec un minimum de 150 Pa ;

- **tenue au vent** : pour déterminer la performance de résistance au vent, il conviendra d'utiliser la norme NF EN 12179. Cet essai consiste à mesurer les déformations sous pression de vent caractéristique du site P et à vérifier l'absence de ruine sous une pression de vent égale à  $1,5 P$ .

Les critères retenus pour les déformations sont donnés au (Tableau 2) et au (Tableau 3).

Pour les châssis ouvrants, un classement minimal A\*3 E\*8A V\*A2 est requis, en se basant sur les exigences minimales du NF DTU 36.5 P3 (mémento de choix des fenêtres) et en suivant les normes d'essais des fenêtres (NF EN 12207, NF EN 12208 et NF 12210). Les essais doivent être effectués en position (suivant la pente de l'ouvrage).

### 6.7.1.2. • Essais d'arrosage réalisés *in situ*

Les essais d'arrosage *in situ* peuvent être utiles pour contrôler la mise en œuvre des étanchéités et pour rechercher des infiltrations sur un ouvrage réalisé. La méthodologie d'épreuve utilisable est décrite dans la norme NF EN 13051.

### 6.7.2. • Variation des températures

Les variations dimensionnelles des éléments et les jeux résultants ménagés dans les assemblages sont appréciés par référence à l'expérience et, en cas de besoin, par calcul.

Pour apprécier les effets sur les variations dimensionnelles, les températures limites des matériaux à prendre en compte sont - 20 °C et + 80 °C, sauf conditions climatiques ou justifications particulières.

Les vitrages de verrière sont dans la majorité des cas très exposés à l'ensoleillement, il faut donc vérifier systématiquement leur comportement vis-à-vis des risques d'échauffement. On se reportera pour cette étude aux hypothèses climatiques et aux critères de températures du cahier du CSTB n° 3242, ainsi qu'aux méthodes de calcul du DTU 39 P3 pour ce qui concerne les risques de casse thermique. Compte tenu des nombreux paramètres, ces vérifications sont généralement réalisées par logiciel (Vitrage Décision du CEBTP, par exemple).

Pour mémoire, voici les critères du cahier du CSTB n° 3242 :

- température admissible pour les vitrages feuilletés PVB : 60 °C (jusqu'à 63 °C sous certaines conditions) ;
- température admissible pour la barrière de scellement du vitrage isolant : 60 °C (jusqu'à 65 °C sous certaines conditions) ;
- réaction admissible dans la barrière de scellement < 0,95 daN/cm.

## 6.8. • Performances de durabilité

### 6.8.1. • Généralités

Compte tenu des facteurs de dégradation habituels pour un usage et un entretien courant, l'ouvrage doit conserver, pendant la durée de vie généralement admise pour le type de bâtiment concerné, toutes ses qualités découlant des exigences fonctionnelles de sécurité et d'habitabilité.

Les incompatibilités physico-chimiques des composants d'une façade, susceptibles d'être en contact ou proches les uns des autres, sont proscrites.

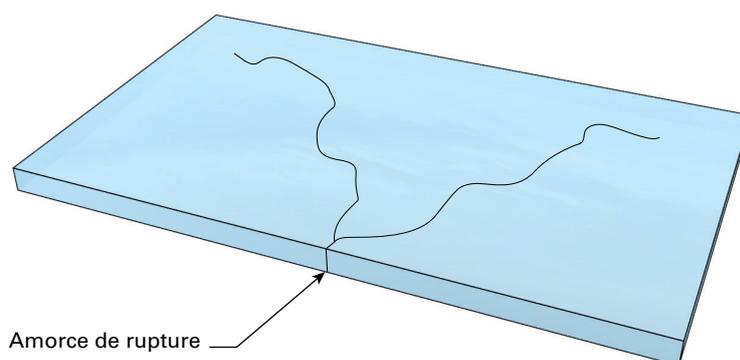
**Note**

La durabilité des ouvrages de façade est liée à la qualité des composants. Les performances et la constance de qualité de ces composants peuvent être certifiées dans le cadre d'une démarche qualité. Des informations sur l'identification de ces produits sont indiquées dans la norme NF DTU 33.1 P1-2 (CGM).

## 6.8.2. • Calcul des contraintes thermiques dans les vitrages

Le paragraphe de calcul des contraintes thermiques dans les vitrages est issu de la norme NF DTU 39 P3 (vitrerie-miroiterie) et a été adapté pour les verrières. Les méthodologies de calcul sont données dans l'[Annexe F] de ce guide.

Au regard des casses d'origine thermique, ce paragraphe définit les règles de calcul pour le choix des vitrages utilisés en paroi extérieure des verrières et susceptibles d'être exposés à l'ensoleillement.

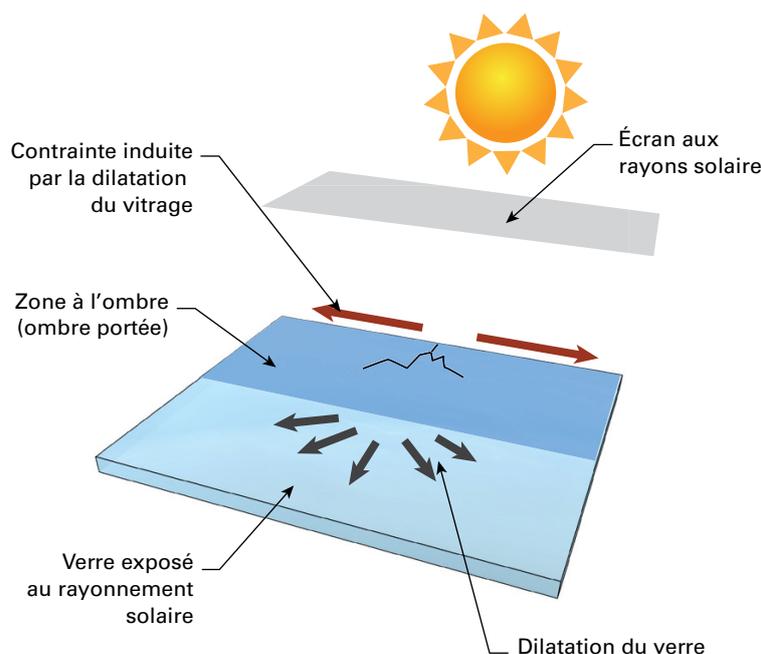


▲ Figure 28 : Exemple de casse thermique d'un vitrage

La méthode ci-dessous s'applique aux vitrages, équipés ou non de stores ou de protection solaire, non directement exposés aux effets d'un corps de chauffe.

### 6.8.2.1. • Principe

Sous l'effet de l'ensoleillement, un vitrage s'échauffe d'autant plus que son absorption énergétique est plus élevée. La présence permanente ou occasionnelle d'ombres portées engendre sur le vitrage des écarts de température (les bords étant la partie la plus froide du vitrage), créant localement des contraintes de traction. Ces contraintes sont susceptibles de provoquer la rupture du vitrage si ces différences de température atteignent des écarts critiques.



▲ Figure 29 : Phénomène de casse thermique d'un vitrage

Les écarts de température générés entre deux points d'un même verre dépendent :

- des conditions climatiques du site (flux solaire, écart journalier de température, vent, orientation des façades, saison, altitude, etc.) ;
- de la nature et de la constitution des vitrages (nombre de composants et leurs caractéristiques énergétiques, valeur du coefficient  $U_g$ ) ;
- de la nature et l'environnement des feuillures (inertie thermique) ;
- de la nature des parois au voisinage du vitrage ;
- de la présence de store ou de la proximité d'un corps de chauffe.

Pour l'ensemble des conditions du projet, la contrainte d'origine thermique résultant de l'écart de température instantané maximal entre deux parties d'un même verre doit être inférieure à la contrainte thermique admissible.

La contrainte thermique admissible dépend du type de vitrage, de son inclinaison et de ses conditions d'appui.

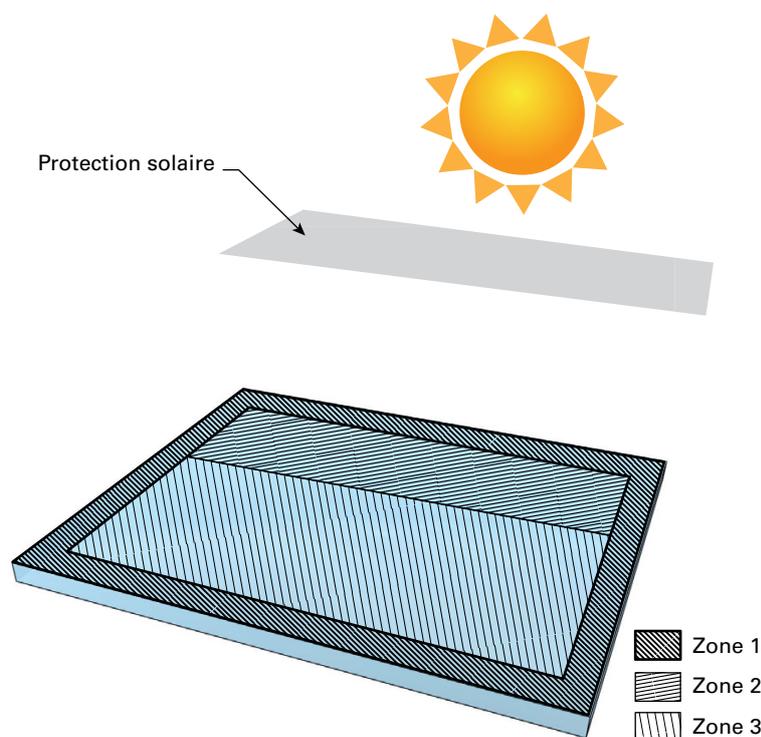
### 6.8.2.2. • Méthodes de calcul

Il existe trois méthodes de calcul pour déterminer les contraintes thermiques dans les vitrages :

- la méthode générale avec un calcul en régime transitoire. Cette méthode permet un calcul pour la plupart des vitrages et des inerties de feuillure, et ce avec l'approche la plus fine des conditions réelles d'utilisation. Elle est basée sur les hypothèses sur



la température du verre en zone 1 (partie du vitrage pris en feuillure à l'ombre), indépendante des caractéristiques énergétiques des verres et de l'orientation du vitrage mais dépendante de la nature de la feuillure et de son environnement, et sur la température des zones 2 (partie centrale ensoleillée) et 3 (partie centrale à l'ombre) du vitrage qui, elles, sont indépendantes du type de la feuillure ;



▲ Figure 30 : Schéma des zones du vitrage

- la méthode simplifiée avec un calcul en régime permanent. Cette méthode est limitée aux simples ou doubles vitrages mis en œuvre dans des feuillures à inertie thermique faible, avec ou sans store. La vérification est faite en régime permanent en conditions d'hiver et d'été ;
- la méthode simplifiée manuelle. Cette méthode est limitée aux simples ou doubles vitrages mis en œuvre dans des feuillures à inertie thermique faible, avec ou sans store intérieur.

Les deux premières méthodes nécessitent l'utilisation d'un logiciel.

En [ANNEXE F] de ce document, la méthode simplifiée manuelle sera décrite avec les trois méthodes :

- méthode des écarts de températures ;
- méthode de comparaison des contraintes ;
- méthode de comparaison des coefficients d'absorption.

# Dispositions constructives

# 7



## 7.1. • Pente minimale des verrières

Une pente minimale est toujours nécessaire pour permettre l'écoulement de l'eau et le bon fonctionnement des profilés drainants. Elle peut varier, selon :

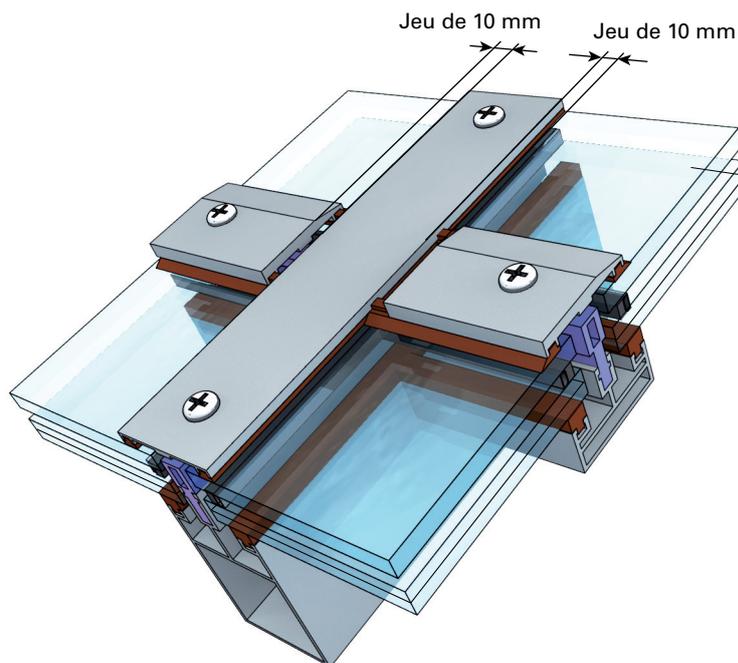
- la conception du système de verrière (conception des profilés drainants, des raccordements des traverses, des éclissages, etc.) ;
- les dimensions de l'ouvrage (longueur de rampant, largeur des traverses) ;
- la configuration générale de l'ouvrage (nombre de traverses, présence de noues, etc.).

Plus la pente diminue, plus le risque d'infiltration d'eau augmente. La pente minimale pour un ouvrage donné ne peut être déterminée que par le retour d'expérience sur le système de verrière utilisé et par des essais d'étanchéité conventionnels réalisés sur un prototype représentatif (*cf.* paragraphe [Performances air, eau et vent]).

Ce document vise les verrières ayant une pente nominale supérieure ou égale à 5° (8,7 %) par rapport à l'horizontale.

Il conviendra de vérifier également qu'il n'y a pas de risque de rétention d'eau au niveau des éléments saillants continus des traverses (garniture d'étanchéité extérieure + serreur + capot éventuel). Les stagnations d'eau et de matières organiques risquent d'entraîner un vieillissement prématuré des éléments (vieillessement des garnitures d'étanchéité, corrosion des pièces métalliques).

Lorsqu'il existe un élément saillant continu avec une surépaisseur comprise entre 2 et 20 mm, l'écoulement de l'eau doit être favorisé par un espace libre minimal de 10 mm à chaque extrémité de l'élément saillant.



▲ Figure 31 : Espace libre en extrémité d'un élément saillant (10 mm minimum)

Pour les pentes inférieures à 15°, il est recommandé d'opter pour une solution sans serreur continu extérieur sur les traverses.

## 7.2. • Dispositions d'étanchéité et drainage

Par principe, toute garniture d'étanchéité à l'eau directement exposée à l'eau de pluie ou de ruissellement, qu'elle soit sur une partie fixe ou une partie ouvrante, est considérée comme susceptible d'infiltration d'eau accidentelle. Un système de récupération et d'évacuation (système de drainage) est donc obligatoire.

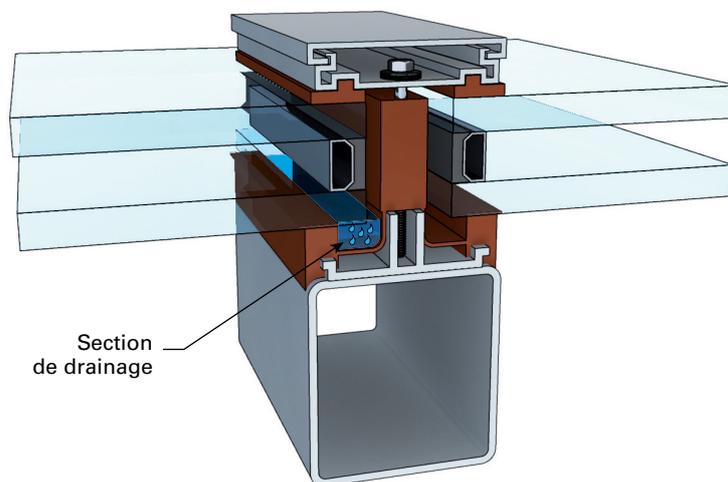
Pour les verrières, le système de drainage est dit « à évacuation indirecte ». Les eaux d'infiltration sont collectées par les traverses, celles-ci se déversant « en cascade » dans les chevrons, qui assurent eux-mêmes une évacuation en bas de pente. Le système de drainage de verrière doit respecter les dispositions suivantes :

- une pénétration de la feuillure de la traverse dans celle du chevron ;
- un dispositif d'étanchéité capable d'absorber les dilatations de la traverse ;
- des gorges de drainage dans les chevrons et les traverses permettant le recueil des eaux d'infiltration.

Il est recommandé pour les chevrons une section minimale de :

- 50 mm<sup>2</sup> (pour chaque gorge de drainage) lorsque la longueur du rampant est inférieure ou égale à 20 m ;
- 100 mm<sup>2</sup> (pour chaque gorge de drainage) lorsque la longueur du rampant est supérieure à 20 m.

La section de drainage peut être réduite si le système dispose d'une étanchéité renforcée. Par « système d'étanchéité renforcée », on entend un dispositif complémentaire au dispositif de calfeutrement à deux étages (mise en place d'une bande butyle sous le capot serreur extérieur ou réalisation d'un mastic bord à bord sous le capot serreur, par exemple).



▲ Figure 32 : Section de drainage avec joint intégral

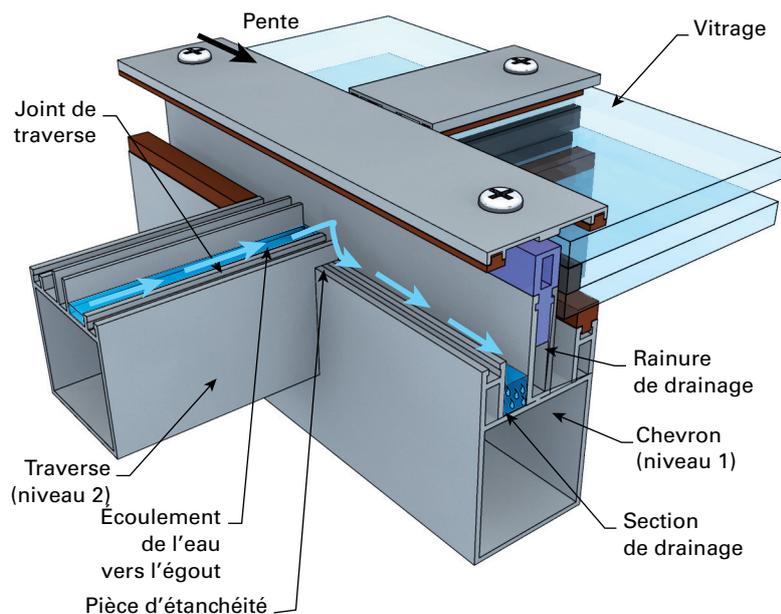
Le dispositif de drainage peut être soit métallique (directement dans les profilés aluminium), soit synthétique (profilé intégral en EPDM ou thermoplastique conforme à la norme NF EN 12365).

#### Note

Lors d'utilisation de profilé intégral thermoplastique, il est nécessaire de porter une attention particulière à la température pour éviter un éventuel fluage.

Les éclissages des chevrons, par leur conception, doivent permettre la continuité de l'étanchéité soit par un dispositif formant tuilage soit par cadre vulcanisé, soit par joint intégral filant.

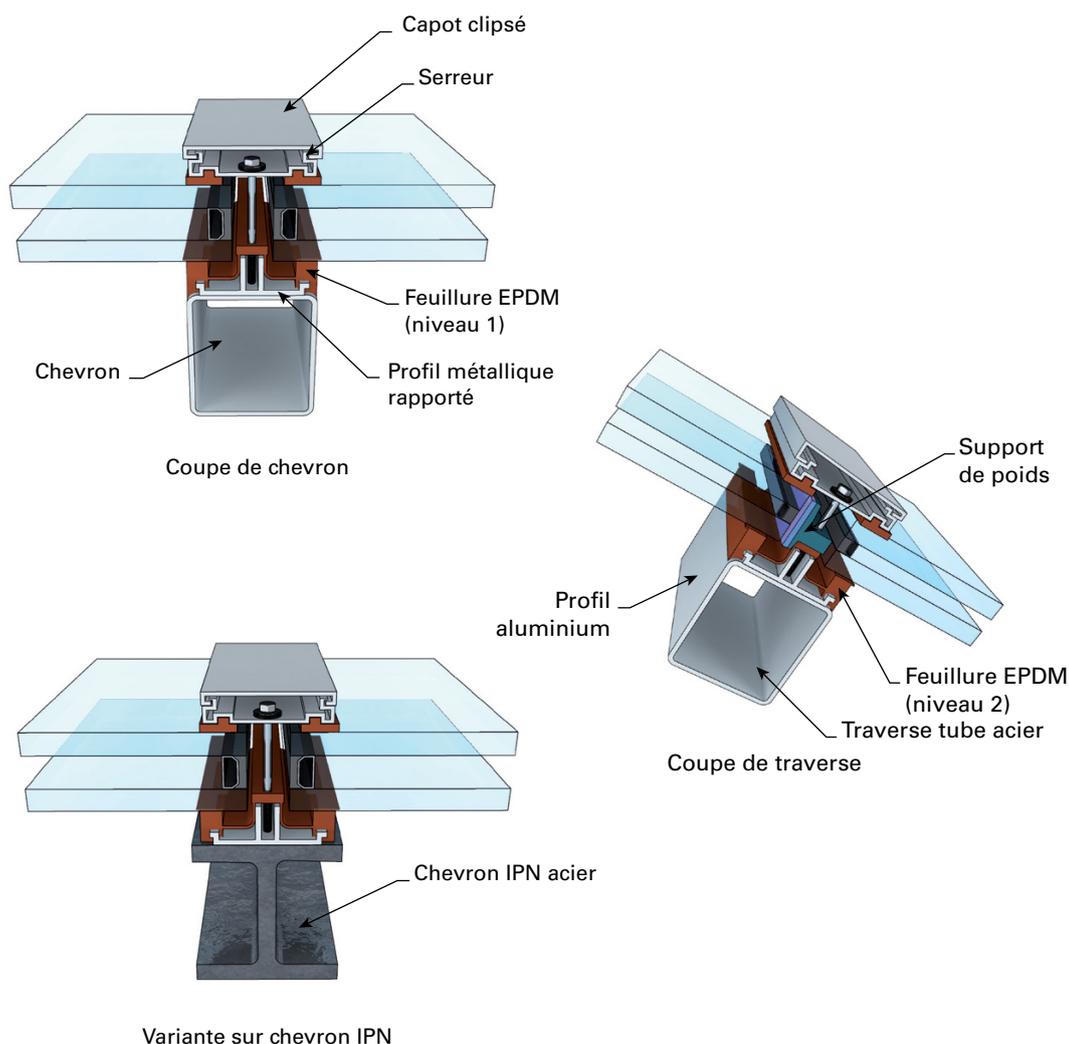
Le raccordement des profilés serreurs ou des capots serreurs et des chevrons doit être décalé d'au moins 100 mm.



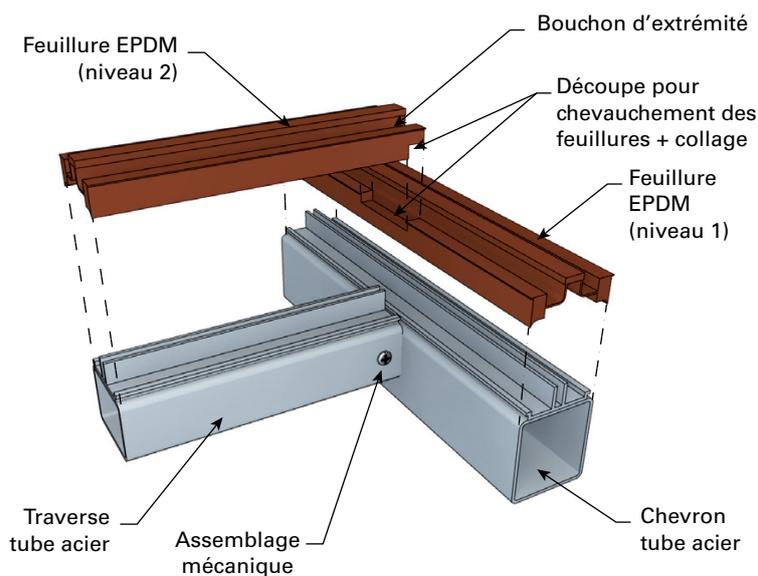
▲ Figure 33 : Principe de drainage en cascade. Exemple de raccordement des profilés drainants

### Note

Une attention particulière est à porter à la jonction des étanchéités entre les chevrons et les traverses.



▲ Figure 34 : Exemples de profilés supports métalliques avec joint drainant intégral

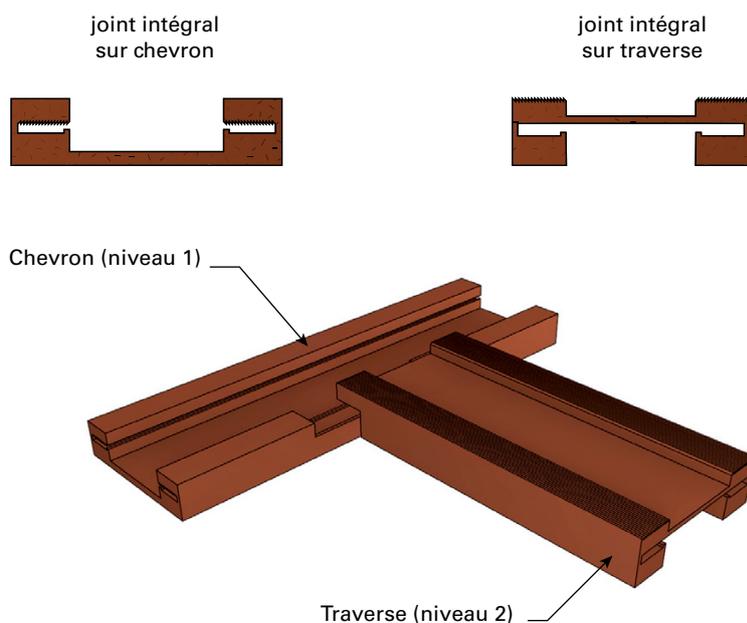


▲ Figure 35 : Exemple de raccordement de profilés drainants intégraux rapportés sur ossature acier

**Note**

Le bouchon d'extrémité du profil d'étanchéité de la traverse peut être réalisé à l'aide soit d'un bouchon de mastic compatible, soit d'une pièce spécialement conçue à cet effet, par exemple un obturateur spécifique collé.





▲ Figure 36 : Exemple de raccordement de joint intégral par tuilage

### Note

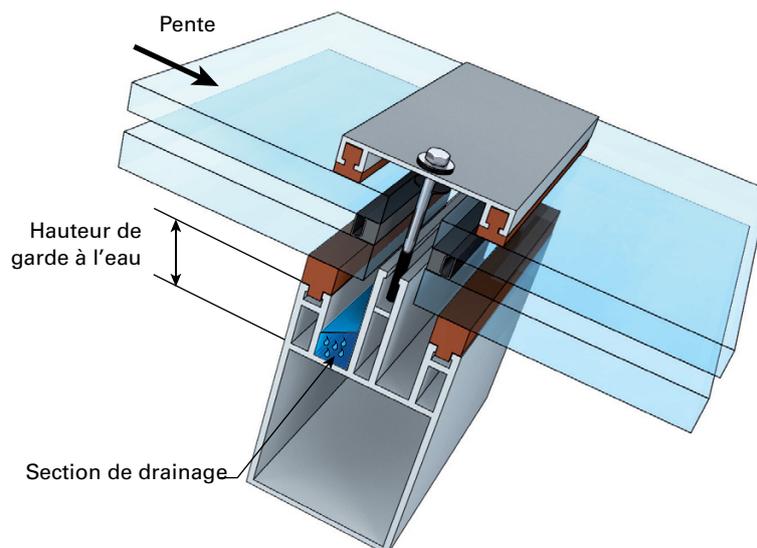
Une attention particulière est à porter à la découpe des joints d'étanchéité.

## 7.3. • Hauteur de la garde à l'eau des traverses

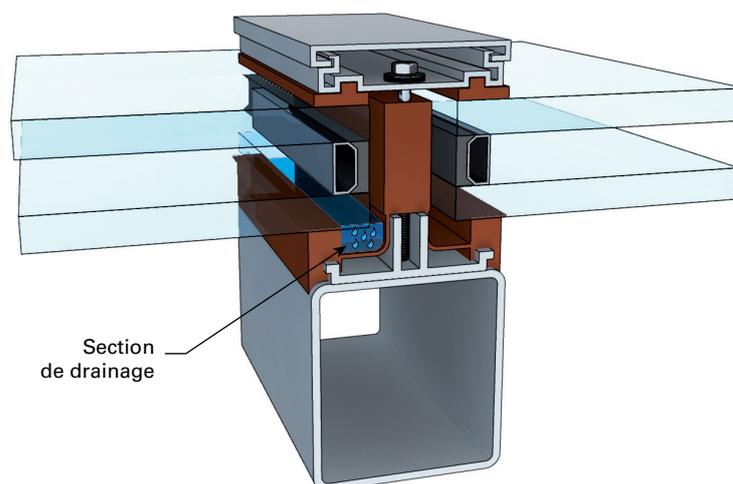
Les traverses doivent comporter une gorge de drainage à l'eau afin de recueillir les eaux d'infiltration éventuelle et les drainer vers les chevrons. Cette gorge de drainage doit permettre de respecter une hauteur de garde à l'eau effective minimale de 2 mm, en tenant compte de la flèche de la traverse sous poids propre.

### Note

Pour une garde à l'eau nominale de 5 mm et une flèche sous poids propre de 3 mm, la garde à l'eau effective est de 2 mm.



▲ Figure 37 : Hauteur de garde à l'eau sans système de joint intégral



▲ Figure 38 : Hauteur de garde à l'eau avec un système de joint intégral

## 7.4. • Calage des remplissages en verrière

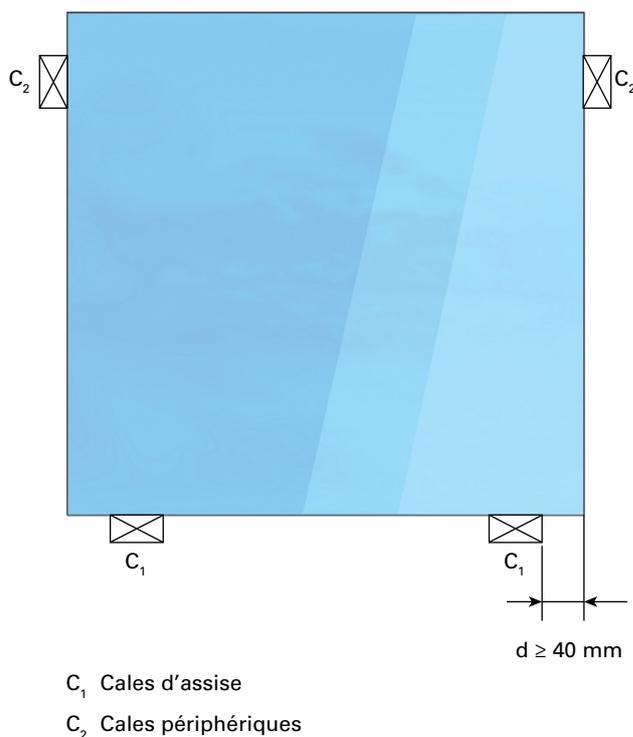
Même en cas de faible pente, les vitrages doivent être systématiquement calés, le simple serrage ne pouvant s'opposer de façon durable au glissement du vitrage. Les dispositions relatives au calage des vitrages sont décrites dans le DTU 39 P1-1 et reprises ci-après pour une application adaptée aux verrières.

### 7.4.1. • Positionnement des cales de vitrage

Pour les vitrages fixes, il existe deux types de cales :

- les cales d'assise (C1) qui transmettent le poids du vitrage sur la traverse ;
- les cales d'assise (C2) qui évitent le déplacement du vitrage dans son plan (reptation).

Pour les parties fixes, les cales sont disposées à proximité des angles de vitrage selon la figure 32, avec une distance minimale de 40 mm entre le bord de la cale et l'angle. Cette distance peut être nulle si la pente de la verrière est inférieure à 15°.



▲ Figure 39 : Position des cales sur vitrage fixe

Pour le calage des vitrages d'ouvrants, se reporter au DTU 39 P1-1.

### 7.4.2. • Dimensionnement des cales de vitrage

La longueur de calage d'assise (C1) est déterminée en fonction de la composante du poids du vitrage et du taux de compression admissible du matériau de calage par la formule suivante :

$$L = 24,5 \times S \times \cos(\beta) / (p' \cdot n) \text{ avec } L_{\text{mini}} \geq 30 \text{ mm}$$

où :

- L : est la longueur de la cale (en mm) ;
- S : est l'aire du vitrage en mètres carrés (m<sup>2</sup>) ;
- n : est le nombre de cales d'assise sur la traverse basse (avec n = 2, dans le cas général) ;
- p' : est la contrainte admissible, en compression, pour le matériau de la cale (en MPa) ;
- β : est l'inclinaison de la verrière.

À défaut de calcul détaillé, et dans le cas de cales courantes en matière synthétique (PVC, PE ou ABS) de dureté comprise entre 75 et 95 DIDC, la formule suivante peut être utilisée :

$$L = 10 \times S$$

avec :

$$L_{\text{mini}} \geq 30 \text{ mm}$$

Lorsque l'inclinaison est inférieure à 15°, la longueur de chaque cale d'assise peut être affectée d'un coefficient minorateur de 0,25 en conservant une longueur minimale de 30 mm.

Les cales d'assise C1 doivent avoir une épaisseur minimale de 3 mm.

Les cales périphériques C2 ont une longueur minimale de 30 mm et une épaisseur minimale de 3 mm.

Exemple de contrainte admissible en compression selon la norme pr ISO 14439 :

Matériaux	Contrainte de compression p' (MPa)
Bois	1,5
Caoutchouc	0,9
Plastique	1,5



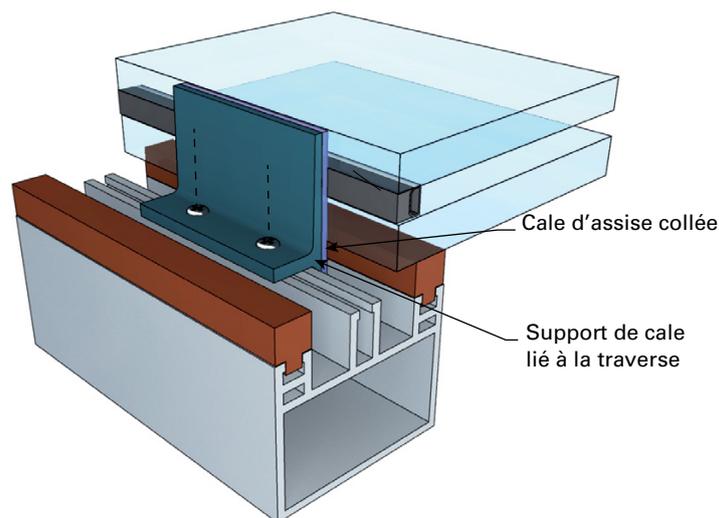
**Les cales ne doivent pas nuire à l'évacuation des eaux d'infiltration éventuelle dans les traverses.**

### 7.4.3. • Mise en œuvre des cales de vitrage

Les cales d'assise doivent être positionnées sur des supports liés aux traverses et dimensionnés en fonction des charges à reprendre.

Dans le cas général, les cales d'assise doivent porter sur toute la largeur du vitrage isolant. Pour les verrières d'inclinaison  $\leq 15^\circ$ , la portée du calage peut se limiter au seul composant intérieur du vitrage.

Les cales doivent toujours être immobilisées par rapport à leur support (par collage ou par clippage, par exemple) pour éviter tout déplacement ultérieur sous l'effet des dilatations ou des vibrations.



▲ Figure 40 : Mise en place des cales d'assise

Il est également nécessaire de vérifier que la mise en place des cales n'entrave pas le bon fonctionnement du système de drainage.

## 7.5. • Maintien des remplissages

Le maintien des remplissages peut être réalisé de deux façons différentes :

- maintien par serreurs continus ;
- maintien par serreurs ponctuels.

### 7.5.1. • Maintien par serreur continu

Le dispositif de liaison du serreur sur l'ossature visé par le présent document est exclusivement métallique et doit respecter la norme NF P 24-351. Le serreur est maintenu par la visserie en acier inoxydable de grade 4 (classe A4) conformément à la norme NF EN 1670. Le vissage se fait :

- soit au travers d'une paroi métallique et/ou par pièce métallique indépendante (clameau, insert, par exemple). Dans ce cas, le percement de la paroi métallique ne doit pas entraîner d'infiltration d'eau. Les volumes traversés doivent donc être drainés ;
- soit dans un canal de vissage.

Dans les deux cas, la tenue à l'arrachement des vis de fixation devra être justifiée par des essais caractéristiques sur le profilé de verrière. L'effort de soulèvement apporté à chaque fixation  $F_s$  devra être inférieur à  $F_{smax}$  :

$$F_{smax} = P_k / \gamma_m \text{ (valeur } P_k / \gamma_m \geq 60 \text{ daN)}$$

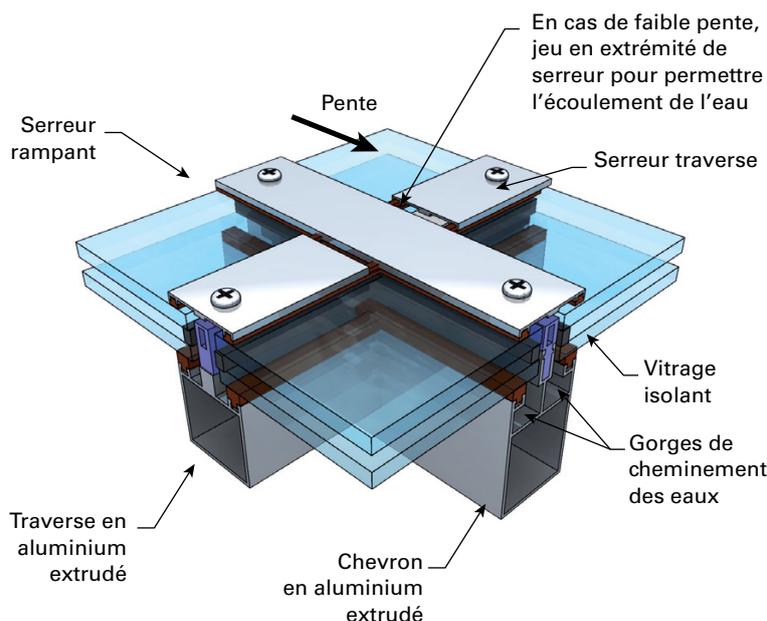
avec :

- $\gamma_m = 3$  pour canal à visser ;

- $\gamma_m = 1,5$  pour les systèmes vis-écrous métriques.

Le dispositif de serrage doit permettre d'assurer une bonne compression des joints de calfeutrement tout en limitant les efforts de compression sur les chants des vitrages. La valeur de compression des joints doit être  $\leq 2$  daN/cm (par limitation du couple de serrage des vis, par exemple). Sauf justifications particulières, les fixations seront espacées au plus de 300 mm.

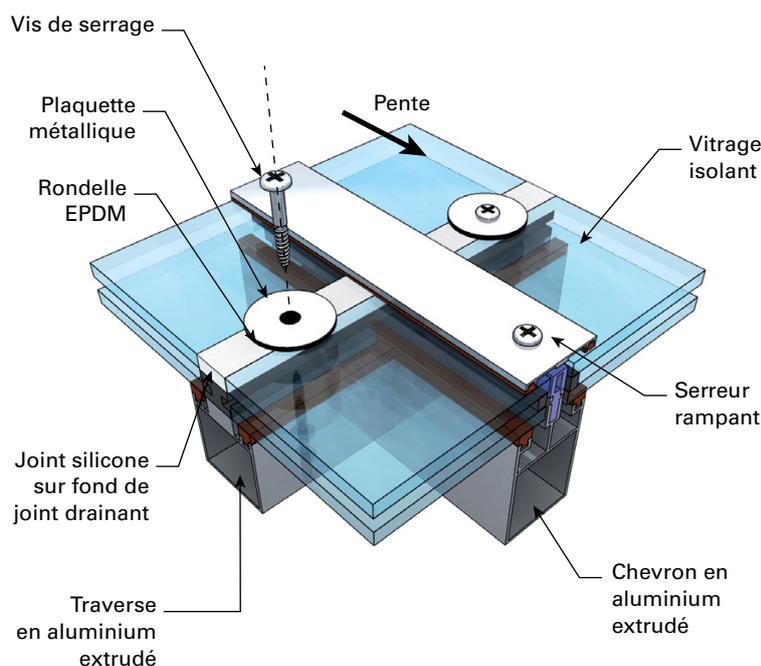
Le système doit permettre le démontage et le remontage tout en assurant les mêmes performances.



▲ Figure 41 : Jonction de profils drainants en aluminium avec maintien des vitrages par serreurs

### 7.5.2. • Maintien par pièce ponctuelle métallique

Le maintien par pièce (ou dispositif) ponctuelle peut être réalisé sur les traverses pour limiter les rétentions d'eau, en particulier dans le cas de faibles pentes. Il est associé à une étanchéité par mastic silicone bord à bord. Sur les chevrons, le maintien est toujours assuré par serreur continu.

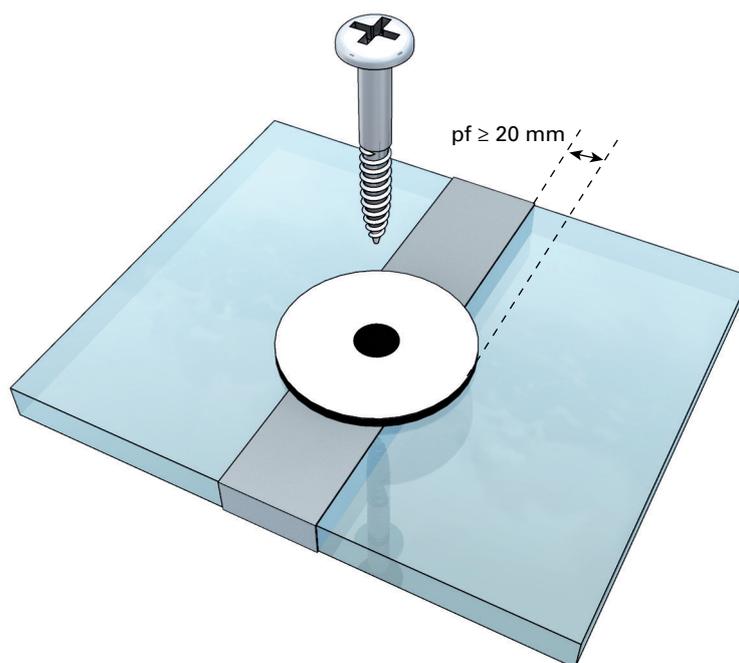


▲ Figure 42 : Verrière avec maintien ponctuel

### Note

Dans cette configuration, le scellement du vitrage étant exposé aux UV, il doit être réalisé avec un mastic silicone résistant aux UV (label Cekal E ou V).

Conformément à la norme NF DTU 39, le maintien ponctuel doit être réalisé par une platine de fixation métallique, d'épaisseur  $\geq 4$  mm, généralement vissée dans un montant. Sa géométrie doit assurer une prise en feuillure de vitrage au moins égale à 20 mm, avec une surface de contact au moins égale à 8,5 cm<sup>2</sup>. Le maintien ponctuel doit, en principe, être assuré sans serrage du produit verrier. Dans le cas où un couple de serrage est préconisé, la pression exercée sur le système de scellement ne devra pas dépasser 0,8 daN/cm à 2,0 daN/cm selon le type de système.



▲ Figure 43 : Exemple de maintien ponctuel avec prise en feuillure minimale ( $pf \geq 20 \text{ mm}$ )

Un intercalaire d'une dureté comprise entre 50 DIDC et 70 DIDC doit être prévu entre le verre et la platine. Le matériau de l'intercalaire doit être de nature à résister au rayonnement UV et être compatible avec son environnement.

## 7.6. • Dispositifs de fixation des ossatures (attaches, ancrages, fixations)

### 7.6.1. • Réglages dans les trois directions

Les dispositifs de liaison doivent permettre de reprendre les écarts dimensionnels de l'ossature primaire dans ses limites de tolérances géométriques, tout en permettant le respect des tolérances dimensionnelles de la verrière.

Les tolérances dimensionnelles de l'ossature primaire destinée à recevoir des verrières sont précisées au chapitre [Mise en œuvre].

### 7.6.2. • Reprise des dilatations

Les dispositifs de liaison doivent être conçus pour reprendre les dilatations des ossatures sous l'effet des températures. Les jeux à prévoir seront calculés en fonction des coefficients de dilatation des matériaux (aluminium  $24 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ , acier  $12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ ) et des températures limites des matériaux sur la verrière ( $-20 \text{ °C}$  et  $+80 \text{ °C}$ , soit  $\pm 50 \text{ °C}$  suivant la température de pose).

En pratique, on prévoira  $\pm 1,0 \text{ mm/m}$  pour l'aluminium et  $\pm 0,5 \text{ mm/m}$  pour l'acier.



Chaque chevron doit comporter un appui fixe et les autres appuis devront être glissants.

L'éclissage des chevrons peut être dilatant ou non. Dans le cas d'un éclissage de chevron dilatant, il conviendra de vérifier la continuité de l'étanchéité (au droit de l'éclissage et recouvrement des étanchéités sur le vitrage) et l'absence d'efforts parasites dans les remplissages (risque de mise en compression des vitrages).

### 7.6.3. • Reprise des mouvements de l'ossature primaire

Il conviendra de prendre en compte les mouvements éventuels de structure, comme les déformations sous charge des planchers et toitures, dans les dispositifs de liaison (cf. paragraphe [Actions dues au gros œuvre] où les exigences sont données).

### 7.6.4. • Freinage des fixations

Toutes les fixations doivent être freinées, après réglage, en tenant compte du ou des degrés de liberté éventuels.

Par « frein », il faut entendre tout dispositif empêchant le desserrage autrement que par une action volontaire (écrou freiné, rondelle éventail, colle frein filet, goupille, soudure, par exemple).

## 7.7. • Conception des joints de dilatation

La réalisation d'un joint de dilatation en verrière nécessite une étude particulière.

La conception d'un joint de dilution dépendra notamment de la direction et de l'amplitude des variations déclarées du joint de dilatation de l'ossature primaire.

Si les dilatations et mouvements sont dans un même plan, une conception de joint avec liaison fixe d'un côté et libre de l'autre peut être envisagée.

Pour un fonctionnement optimal, le joint de dilatation de la verrière sera réalisé au droit du joint de dilatation de la structure et respectera ses dimensions.

Les calfeutrements du joint de dilatation devront assurer la continuité des fonctions assurées par la verrière.

## 7.8. • Compatibilité entre matériaux

### 7.8.1. • Matériaux synthétiques

Le contact entre les différents matériaux synthétiques peut entraîner des dégradations prématurées suite à des migrations de composants chimiques (plastifiants, huiles, etc.).

L'exigence de vérification de compatibilité concerne en particulier les associations de matériaux suivants lorsqu'ils peuvent être à proximité ou en contact direct dans le système de verrière :

- mastics d'étanchéité-scellement de vitrage isolant ;
- mastics d'étanchéité-intercalaire de verre feuilleté ;
- mastics d'étanchéité-joint EPDM ;
- mastics d'étanchéité-couche autonettoyante ;
- joint EPDM-couche autonettoyante ;
- etc.

La compatibilité des matériaux de synthèse est vérifiée par les essais suivant la norme NF EN 15434 (cf. NF DTU 39 ou ETAG 002).

### 7.8.2. • Couples électrolytiques entre les différents métaux

Quand deux métaux de natures différentes sont en contact dans un milieu conducteur, l'un des deux peut subir une corrosion galvanique. Le métal susceptible de se corroder est celui qui présente le potentiel le plus électronégatif (formant l'anode de la pile ainsi constituée). Le métal couple qui présente le potentiel le moins électronégatif bénéficie, au contraire, d'un effet de protection.

Le risque de corrosion galvanique est donc principalement lié à la combinaison des conditions suivantes :

- la présence d'un électrolyte (humidité fréquente ou permanente, eau de mer, détergent) ;
- la présence d'un courant électrique résultant de la différence de potentiel entre les métaux en contact.

En pratique, d'autres phénomènes peuvent s'opposer à la formation d'une pile galvanique, comme, par exemple, la formation d'une couche d'oxyde isolante dans le cas de l'aluminium ou de l'acier inoxydable. Le phénomène galvanique est également influencé par les rapports de surface des métaux en contact.

Afin de limiter des risques importants de corrosion, on évitera en particulier les associations des métaux suivant :

- aluminium-cuivre ;
- aluminium-plomb ;



- aluminium-acier non protégé ;
- acier-cuivre ;
- acier-plomb.

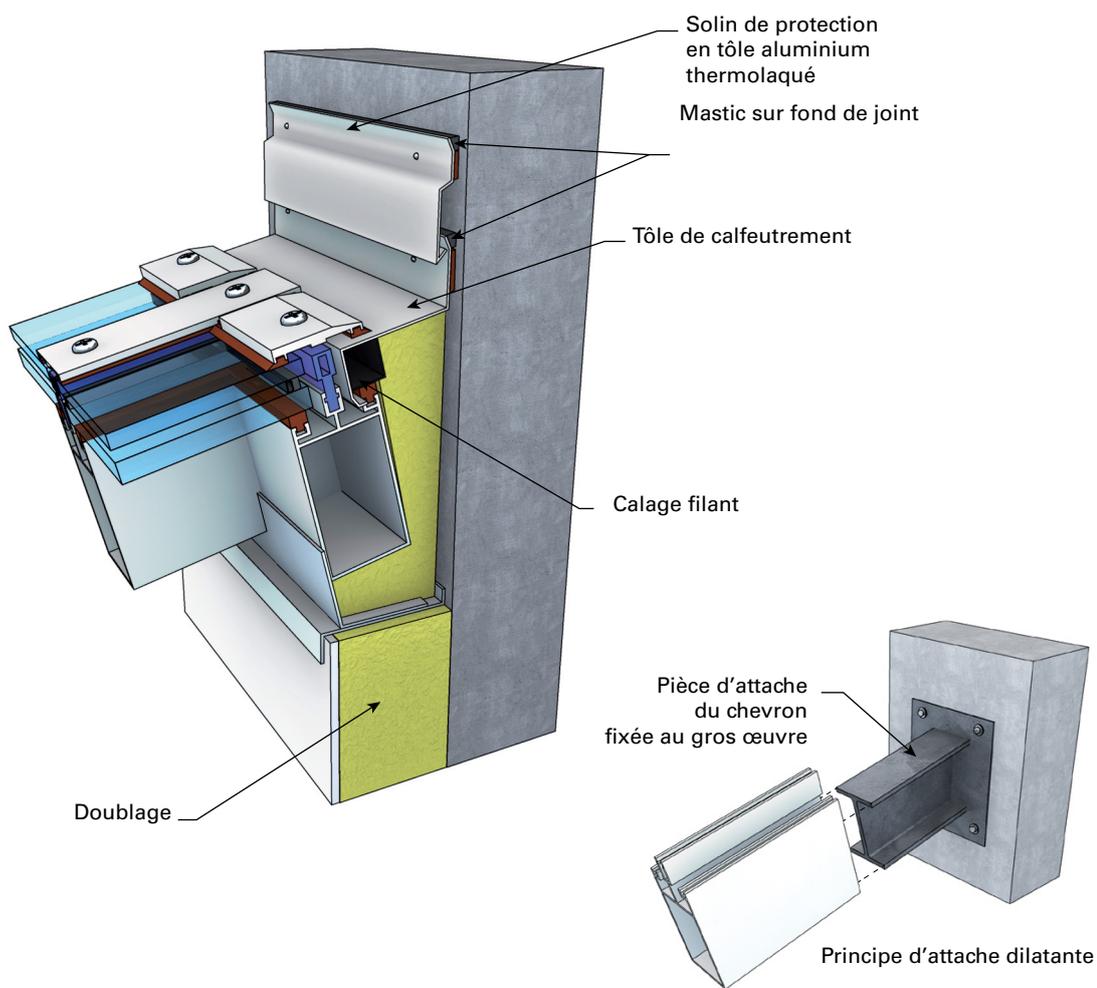
Outre le choix des associations de métaux, le phénomène de corrosion galvanique peut également être limité par certaines dispositions constructives :

- la mise en place à l'interface des différents métaux d'un intercalaire isolant empêchant la circulation des électrons et constitué, par exemple, de rondelles ou de cales en matière plastique ;
- la mise en place d'un film étanche empêchant le contact entre l'assemblage et le milieu extérieur ou l'électrolyte et constitué, par exemple, d'une peinture épaisse de type bitumineux.

## 7.9. • Raccordements sur les murs en périphérie

Les raccordements sur les murs situés en périphérie de la verrière sont réalisés selon les mêmes techniques (en particulier, solin) que celles décrites dans la norme NF DTU 40 pour raccordements sur des pénétrations continues.

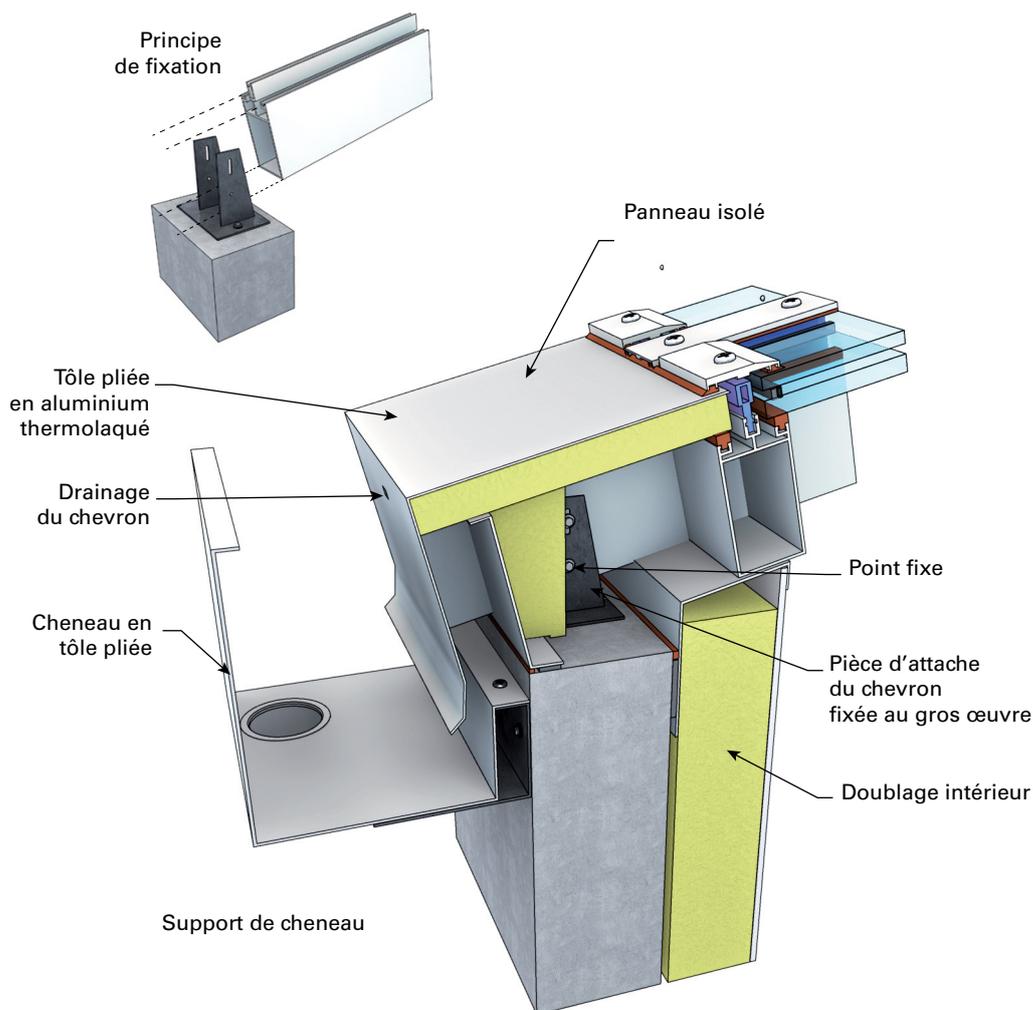
Afin d'assurer une bonne étanchéité à l'eau, le solin ou le mastic d'étanchéité ne doivent pas être réalisés sur un enduit qui pourrait lui-même ne pas être étanche, mais venir rechercher une partie du mur permettant d'assurer cette étanchéité.



Exemple de détail de fixation en tête de verrière

▲ Figure 44 : Exemple de raccordement d'une verrière en panne faîtière





Exemple de détail de fixation en pied de verrière

▲ Figure 45 : Exemple de raccordement d'une verrière en bas de pente

## 7.10. • Ouvrants en verrière

L'ouvrant en verrière doit être placé dans un chevêtre constitué de deux chevrons et de deux traverses.

Pour chaque châssis ouvrant, un classement minimal A\*3 E\*8A V\*A2 est requis, en se basant sur les exigences minimales du NF DTU 36.5 P3 (mémento de choix des fenêtres) et en suivant les normes d'essais des fenêtres (NF EN 12207, NF EN 12208 et NF EN 12210). Les essais devront être réalisés avec la pente minimale du système ou du projet.



**Dans le cas de la mise en œuvre d'ouvrant dans les DROM (Départements et Région d'Outre mer), une attention particulière doit être portée au classement AEV des châssis ouvrants.**



## 7.11. • Évacuation des eaux pluviales

Les règles générales à appliquer sont celles des normes NF DTU 40.5 et NF DTU 60.11.

De façon générale, la toiture de la verrière n'est pas conçue pour recevoir les eaux de la toiture du bâtiment sur laquelle elle est construite. Cependant, dans le cas où elle a été conçue pour cela, la surface de récupération d'eau de pluie sera la surface totale de la toiture de la verrière à laquelle on ajoutera celle de la toiture concernée du bâtiment.

### 7.11.1. • Chéneaux

Les chéneaux sont la plupart du temps horizontaux avec possibilité, de ce fait, d'une certaine rétention d'eau. Il sera nécessaire de prévoir un entretien régulier de ces chéneaux selon les modalités indiquées ( cf. [Mise en œuvre]).

Le (Tableau 5) rappelle les sections minimales des chéneaux de section rectangulaire ou trapézoïdale selon la surface en plan de la partie de toiture desservie par celui-ci pour un tuyau de descente.

Surface en plan de la partie de la toiture desservie (m <sup>2</sup> )	20	30	40	50
Section minimale du chéneau (mm <sup>2</sup> )	7 200	9 400	11 600	13 200

▲ Tableau 5 : Section minimale de chéneau en fonction de la pente

### 7.11.2. • Tuyaux de descente

Pour éviter les risques d'obstruction, il est préférable que le diamètre intérieur minimal des tuyaux de descente soit de 60 mm.

Le (Tableau 6) rappelle la surface maximale en plan des toitures desservies pour une section de tuyau de descente.

Diamètre du tuyau de descente dont l'entrée d'eau est à moignon cylindrique	ø (mm)	60	70	80
Section	(mm <sup>2</sup> )	2 825	3 845	5 024
Surface maximale en plan de toiture desservie par le tuyau de descente	m <sup>2</sup>	28	38	50

▲ Tableau 6 : Diamètre du chéneau en fonction de la surface de verrière

Avec des moignons tronconiques, les surfaces collectées peuvent être plus importantes (cf. NF DTU 50.11).

Pour des surfaces en plan de toiture ne dépassant pas 12 m<sup>2</sup> et lorsque l'environnement de la verrière permet d'éviter les risques d'obstruction, il est possible d'utiliser des tuyaux de descente de section plus faible mais d'au moins 40 x 40 mm.

Les dispositions à prendre en partie basse des tuyaux de descente dont les raccordements éventuels à prévoir doivent être précisés par le maître d'ouvrage.

### 7.11.3. •Trop-pleins

La section d'écoulement de l'ensemble des orifices de trop-plein sera au moins égale à la moitié de la section minimale de celle des tuyaux de descente.

Un débordement extérieur des chéneaux sans possibilité de pénétration d'eau à l'intérieur de la verrière pourra être considéré comme trop-plein.



# Mise en œuvre



## 8.1. • Limites de prestations

### 8.1.1. • Travaux dus par le titulaire du marché

Sauf dispositions contraires dans les documents particuliers du marché, les travaux dus par le titulaire du marché sont les suivants :

- les études, calculs, dessins d'exécution et de détails des ouvrages de verrière, ainsi que les justificatifs de performance ;
- la définition et la justification des ancrages (chevilles, rails) conformément à leur cahier des charges et en fonction de la qualité prescrite de la structure (béton, métal, bois, etc.) et des performances des matériels utilisés ;
- dans le cas d'emploi d'éléments à incorporer dans la structure du bâtiment (rails, douilles, etc.), la définition et la fourniture au gros œuvre de dispositifs d'ancrage et leurs plans d'implantation ;
- la réception visuelle de l'état et des caractéristiques dimensionnelles des supports dans les zones en vis-à-vis ou directement concernées par les verrières ;
- le traçage pour l'implantation de la verrière, si l'état des supports respecte les conditions requises pour la mise en œuvre conformément au paragraphe 7.1 de la NF DTU 33.1 P1-1 (CCT) ;
- la fourniture et la pose des chevilles, douilles autoforeuses et autres systèmes d'ancrage non incorporés au gros œuvre ;
- les échafaudages fixes ou mobiles, les moyens de manutention et de levage et les moyens de sécurité spécifiques à la profession, sauf dérogation du marché ;



- la fourniture, le transport à pied d'œuvre, la pose et le réglage des ouvrages ;
- la fourniture et la pose de toutes quincailleries, systèmes de manœuvre ; les condamnations et la visserie qui sert à la pose et au maintien et, éventuellement, au fonctionnement des composants de la verrière (ouvrants de toiture, remplissages, vitrages, etc.) ;
- la fourniture et pose des remplissages de la verrière ;
- les dispositifs de calfeutrement en périphérie de la verrière ;
- les retouches de protection contre la corrosion sur les parties en acier de la verrière ;
- l'enlèvement des déchets provenant des travaux de verrière ;
- la fourniture du DOE (dossier ouvrage exécuté) ;
- les informations utiles à la constitution du DIUO (dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage).

### 8.1.2. • Travaux sur prescriptions

Sauf prescription particulière ou avenant pour travaux complémentaires, les travaux suivants ne sont pas compris dans le marché :

- la fourniture de maquettes ou de prototypes de présentation ;
- le raccordement des éléments de verrière en vue de la mise à la terre ;
- les dispositifs particuliers utiles aux systèmes de nettoyage des verrières, dont les liaisons avec les nacelles ;
- la protection des ouvrages de verrière ;
- le soudage des ancrages sur ossature métallique ;
- la fourniture et la pose des habillages pour abouts de refend, poteaux, cloisons, planchers techniques, plafonds suspendus ;
- la fourniture, la pose et les réservations des équipements tels les pare-soleil, stores, caillebotis, plinthes ou garde-corps ;
- la fourniture d'avance pour remplacement éventuel d'éléments : remplissages, stores, quincaillerie, etc. ;
- la fourniture, le conditionnement et le transport d'éléments de verrière destinés à être soumis à des essais spécifiques au chantier, ainsi que le coût de leur réalisation, tels que :
  - essais d'arrosage *in situ*,
  - essais de performances d'étanchéité à l'air et à l'eau ou de résistance au vent,
  - essais de résistance aux chocs,
  - essais de résistance au feu,
  - essais particuliers pour châssis spéciaux tels châssis d'accès aux pompiers, de désenfumage, etc.,

- essais acoustiques,
- essais mécaniques ;
- les protections locales ou la mise en place différée d'éléments de verrière, afin de réduire le risque de dégradation en cours de chantier ;
- la fourniture et la pose de tôleries ou de dispositifs spécifiques tels que couvertines, acrotères, garde-corps en terrasse, rives basses de terminaison, raccordements en parties latérales et habillages de poteaux ;
- les modifications qui seraient à apporter aux systèmes de fixation et de liaison comme aux éléments de verrière ;
- le nettoyage final des verrières avant réception (face intérieure, extérieure ou les deux) ;
- les frais de stockage et de manutention des éléments de verrière, dans le cas où le chantier pour quelque raison que ce soit ne permet pas leur approvisionnement normal dans le cadre du planning.

Les prescriptions doivent être précisément décrites (quantité, type exact, localisation, etc.).

### 8.1.3. • Travaux non prévus

- Les rectifications du gros œuvre lorsque celui-ci ne respecte pas les tolérances admissibles.
- Les protections lourdes destinées à permettre l'intervention du titulaire du marché avant la fin des travaux du gros œuvre.
- La réalisation des appuis de la verrière (chevêtres, par exemple).
- Tous les raccords de revêtements (carrelage, peinture, papier, etc.).
- Les réservations dans la structure primaire nécessaires à la mise en place de la verrière (feuillures gros œuvre, percements charpente, etc.).
- La mise en place des dispositifs d'ancrage (rails, douilles, etc.) incorporés dans la structure du bâtiment.
- Les calfeutrements et ragréages propres à la structure du bâtiment tels que trous de banches, ragréages de baies, calfeutrements de planchers.
- Le dégagement et le nettoyage des zones nécessaires au stockage et à la pose des éléments de verrière.
- La ligne de ceinture pour mise à la terre et son raccordement.
- La fourniture et la pose des costières du support du relevé d'étanchéité des toitures-terrasses.



- La fourniture, le conditionnement et le transport d'éléments de verrière destinés à être soumis à des essais en soufflerie, ainsi que le coût de leur réalisation.

#### 8.1.4. • Exécution des travaux non prévus

Si le maître d'ouvrage demande des travaux qui ne figurent pas aux paragraphes [Travaux dus par le titulaire du marché] ou [Travaux sur prescriptions], le titulaire du marché est libre de les accepter ou non.

Si le titulaire du marché les accepte, cette acceptation entraîne une rémunération supplémentaire (avenant) et un aménagement du planning si le titulaire du marché le juge nécessaire.

## 8.2. • Coordination des travaux

Le maître d'ouvrage désigne le maître d'œuvre et le contrôleur technique, et indique au titulaire du marché les missions confiées et les pouvoirs délégués, notamment en ce qui concerne la coordination avec les autres entreprises d'aménagement et de second œuvre.

### 8.2.1. • Informations à donner au titulaire du marché

- Définir les valeurs des tolérances de la structure et des supports.
- Fournir les valeurs des différentes actions particulières qui agissent sur la façade, conformément au paragraphe 5.1 de la NF DTU 33.1 P1-1 (CCT).
- Fournir les charges d'exploitation sur les équipements tels que caillebotis ou pare-soleil servant à l'entretien ou au nettoyage, conformément au paragraphe 5.1.6 de la NF DTU 33.1 P1-1 (CCT).
- Fournir l'objectif sismique du bâtiment, s'il y a lieu, les amplitudes des déplacements et les accélérations qui correspondent à la structure, conformément au paragraphe 5.1.7 de la NF DTU 33.1 P1-1 (CCT).
- Fournir les amplitudes des déplacements de la structure, conformément au paragraphe 5.1.5 de la NF DTU 33.1 P1-1 (CCT).
- Fournir la destination et le classement feu du bâtiment ainsi que la répartition des ouvrants dits « accès pompiers », s'il y a lieu, avec leurs dimensions d'ouverture et leur mode d'ouverture et de manœuvre.
- Fournir toute information utile sur les sections de désenfumage à inclure dans la façade avec leurs localisations et leurs répartitions.

- Fournir les niveaux des différentes performances des parois, en particulier thermiques et acoustiques, conformément au paragraphe 5.5 de la NF DTU 33.1 P1-1 (CCT).
- Fournir la qualité prescrite de la structure aux points d'ancrage de la façade pour un traitement de ces jonctions conforme au paragraphe 5.9 de la NF DTU 33.1 P1-1 (CCT).
- Fournir les dispositions précises de jonctions en terminaison de façade en parties hautes, basses et latérales ainsi que les limites de ces prestations.
- Fournir les conditions d'accessibilité aux terrasses, s'il y a lieu, et leurs spécifications de sécurité.
- Fournir toute information utile sur le dispositif éventuel de garde à l'eau sur planchers, conformément au paragraphe 5.9.6 de la NF DTU 33.1 P1-1 (CCT).
- Fournir le tracé des axes de référence du bâtiment et les traits de niveau à chaque étage en vue de l'implantation de la façade, conformément au paragraphe 7.1.1. de la NF DTU 33.1 P1-1 (CCT).
- Fournir les informations figurant aux attendus du permis de construire pour ce qui concerne les dispositions spécifiques à la sécurité incendie.
- Fournir une zone de stockage en précisant la surface, la localisation et les charges admissibles.

### 8.2.2. • Informations à donner par le titulaire du marché

La date de remise de ces informations est fixée par le maître d'ouvrage à la signature du marché.

Le titulaire du marché soumet au maître d'œuvre, sous chacun des délais prescrits par le marché ou arrêtés d'un commun accord entre parties, les dessins d'ensemble et de détail nécessaires à l'exécution des verrières.

Le maître d'œuvre retourne au titulaire du marché, après les avoir visés, un exemplaire de ces plans et dessins revêtus de son visa.

### 8.2.3. • Défaut d'informations reçues par le titulaire du marché

Si le titulaire du marché ne dispose pas de certaines des données citées au paragraphe 4.1, il en avise sans retard le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre qui doivent donner suite dans un délai de huit jours.

Le délai d'exécution est prolongé le cas échéant d'autant de jours de retard.



### 8.2.4. • Acceptation par le titulaire du marché

Le titulaire du marché ne peut commencer ses travaux que s'il a accepté, par écrit, l'état des supports sur lesquels il doit intervenir.

Si les conditions requises ne sont pas satisfaites, le titulaire du marché avise le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre par écrit des non-conformités.

La décision du maître d'ouvrage fera l'objet d'un nouvel ordre de service, la date de début du délai contractuel de pose ne pourra être antérieure à la date de réception de ce nouvel ordre.

### 8.2.5. • Interventions non prévues sur les ouvrages

Si, après signature des marchés, des interventions non prévues au marché du titulaire sont envisagées sur les verrières qu'il a mises en œuvre, il doit en être informé et donner son accord.

### 8.2.6. • Dispositions de coordination avec les autres entreprises et intervenants

Le façadier et les entreprises susceptibles de provoquer des dégradations ou des salissures par projection définissent d'un commun accord la nature des protections que ces entreprises devront apporter aux façades.

Les dispositions prévues pour l'accès au chantier, l'éclairage, le cheminement, les prises électriques, le stockage ainsi que les mesures collectives prévues pour la sécurité du personnel doivent être précisées.

La mise en conformité éventuelle des supports fera l'objet d'un nouvel ordre de service qui fixera, s'il y a lieu, une nouvelle date de début du délai contractuel.

La responsabilité de l'entrepreneur n'est pas engagée si, après la pose, les façades subissent des dégradations (projections diverses, rayures, mauvaise utilisation des ouvrants ou des équipements).

L'entrepreneur signale au maître d'ouvrage ou à son mandataire les nettoyages spéciaux, les réfections ou les remplacements de vitrages ou de garnitures d'étanchéité ou de parcloles qui sont rendus nécessaires par des salissures profondes ou par des dégradations causées par les autres corps d'état travaillant sur le chantier.

Les salissures profondes sont celles qui ne peuvent se nettoyer à l'eau additionnée éventuellement d'un détergent approprié. Les autres sont dites « légères ».

Les frais occasionnés à l'entrepreneur pour le remplacement des éléments de façade dégradés ou volés par des tiers sont remboursés par application des dispositions prévues aux documents particuliers du marché ou, à défaut, par application des dispositions de la norme NF P03-001.

## 8.3. • Conditions requises pour la mise en œuvre

### 8.3.1. • État des supports

La pose de la verrière ne peut être entreprise que si les conditions suivantes sont toutes satisfaites :

- les travaux des supports neufs ou existants sur lesquels va venir s'appuyer et se raccorder la verrière (murs, poutres, poteaux, etc.) sont déclarés terminés et stabilisés par le maître d'œuvre ou le maître d'ouvrage pour que la pose de la verrière puisse débuter sans risque de détériorations, de déformations ou de déplacements ultérieurs pouvant entraîner une dégradation des performances de la verrière (*cf.* [Actions dues au gros œuvre]) ;
- lorsque le phasage prévoit que des charges permanentes (pose de tuiles, d'équipements techniques, par exemple) soient ajoutées ultérieurement à la pose de la verrière, il convient de prendre en compte l'impact des déplacements additionnels de l'ossature support dès la phase de conception ;
- les abords du bâtiment sont dégagés et nivelés pour permettre les livraisons des matériaux constitutifs.

### 8.3.2. • Tolérances admissibles des supports

Les supports devant être exécutés pour la pose de la verrière devront respecter les tolérances reconnues de la technologie employée (se référer au DTU correspondant).

## 8.4. • Mode d'exécution des travaux

### 8.4.1. • Calfeutrements

Les DTU, règles professionnelles et cahier des charges qui concernent les règles de mise en œuvre des calfeutrements utilisés (mastic d'étanchéité, membranes) doivent être respectés.

Les calfeutrements en périphérie font l'objet d'une protection systématique, notamment des eaux de ruissellement (étanchéité à deux niveaux : *cf.* [Raccordements sur les murs en périphérie]).

La largeur en œuvre des joints de mastic sera comprise entre 5 mm et 30 mm et leur mise en œuvre devra être conforme au NF DTU 44.1.

**Note**

Pour les membranes d'étanchéité, la résistance aux UV des produits utilisés devra être suffisante vis-à-vis de l'exposition en œuvre, y compris durant la phase chantier.

### 8.4.2. • Tolérances de pose

Les tolérances de pose des verrières doivent être de  $\pm 2$  mm/m entre deux points de l'ouvrage de verrière avec un maximum de  $\pm 20$  mm pour l'ensemble de l'ouvrage.

La pente minimale effective sur site, en tenant compte des tolérances de pose et des déplacements sous poids propre, devra être supérieure ou égale à  $3^\circ$  (5,2 %).

**Note**

Les mesures doivent être effectuées à une température ambiante comprise entre  $15^\circ\text{C}$  et  $25^\circ\text{C}$ .

### 8.4.3. • Protection pendant les travaux

Les verrières visées par le présent document sont des ouvrages manufacturés mis en place sous leur aspect définitif et sans protection car, d'une manière générale, il n'existe pas de protection efficace des verrières pendant les travaux.

Certaines dégradations importantes de cet aspect des composants (projections, chocs, rayures, par exemple) ne peuvent être réparées et, dans ce cas, le remplacement de ce composant peut être nécessaire.

## 8.5. • Essais *in situ*

### 8.5.1. • Essai *in situ* à l'eau

La méthodologie d'épreuve *in situ* à l'eau permettant de vérifier l'efficacité de l'étanchéité et de localiser les défauts est décrite dans la norme NF EN 13051.

### 8.5.2. • Essai du réseau drainant

Il est recommandé de vérifier le fonctionnement du réseau drainant en déversant un litre d'eau en milieu de traverse haute et de vérifier l'écoulement en partie basse et l'absence de fuite.

## 8.6. • Mise en œuvre des vitrages photovoltaïques

La mise en œuvre de vitrages photovoltaïques en verrière doit être visée par une évaluation spécifique du type Avis Technique du CSTB (groupe spécialisé n° 21) en cours de validité ou Appréciation Technique d'Expérimentation (ATEX).



# 9

## Entretien et maintenance



L'entretien et la maintenance des verrières sont une nécessité. L'objectif est de compenser l'inévitable usure qui est la conséquence aussi bien de l'usage normal que du vieillissement naturel des matériaux. Les vertus d'un bon entretien sont d'assurer la sécurité, de préserver l'aspect et la qualité du service rendu, d'assurer la durée de vie et, enfin, de maintenir la valeur des ouvrages.

Le maître d'ouvrage devra noter les différentes interventions réalisées sur les ouvrages, la date de réalisation ainsi que les références des personnes qui sont intervenues.

### 9.1. • Entretien

**La notion d'entretien recouvre l'ensemble des actions destinées à maintenir les ouvrages en bon état. La principale action d'entretien sur une verrière consiste au nettoyage périodique des éléments de verrières, tels que les vitrages, les surfaces métalliques et les chéneaux, afin de garantir l'écoulement des eaux de pluie.**

### 9.2. • Maintenance

Lorsque certaines opérations doivent être confiées à des spécialistes, l'entretien devient alors maintenance. Pour ces opérations, il est souvent conseillé de passer un contrat de maintenance : dans ce cas, les professionnels prennent l'engagement de procéder à des examens périodiques de ces équipements ainsi qu'au remplacement préventif de certaines pièces.

Pour certains équipements, une réglementation peut imposer des visites d'inspection périodique. C'est le cas, par exemple, des ouvrants de désenfumage dans les établissements recevant du public (ERP) qui doivent, selon l'article DF10 du règlement de sécurité, faire l'objet d'une vérification annuelle par un organisme agréé.

### 9.3. • Réparation

La réparation est l'action de remise en état qu'il sera nécessaire de réaliser après une défaillance ou une rupture intempestive. La réparation est généralement affaire de spécialiste.

Les réparations les plus courantes réalisées sur les verrières et qui doivent être spécifiquement abordées dans le DIUO (dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage) sont le remplacement d'un vitrage en cas de bris et la réfection des calfeutrements.

### 9.4. • Réglementation

En fin de travaux, l'entrepreneur se doit de remettre au maître d'ouvrage une notice d'entretien et de maintenance précisant, en particulier, les moyens d'accès, la mise en sécurité des ouvriers et les procédures à appliquer pour chaque opération. Cette notice sera intégrée dans le « dossier d'intervention ultérieure sur l'ouvrage » (DIUO) que le maître d'ouvrage doit constituer pour son bâtiment.

Les travaux d'entretien et de maintenance doivent être exécutés en respectant la réglementation en vigueur ainsi que les règles de l'art en la matière.

Il est rappelé, en particulier, à la date de publication du présent document, que :

- le Code du travail (article R. 235-3-2) stipule dans les règles auxquelles sont tenus de se conformer les maîtres d'ouvrage entreprenant la construction ou l'aménagement de bâtiments, que les bâtiments et leurs équipements doivent être conçus et réalisés de façon telle que les surfaces vitrées en élévation ou en toiture puissent être nettoyées sans danger pour les travailleurs effectuant ce travail et pour ceux présents dans le bâtiment et autour de celui-ci en choisissant, chaque fois que possible, des solutions de protection collective (*cf.* en complément la circulaire DRT n° 95-07 du 14 avril 1995) ;
- le Code du travail (article R. 235-5) indique que les maîtres d'ouvrage doivent élaborer et transmettre aux utilisateurs un dossier d'entretien avec, notamment, les dispositions prises pour le nettoyage des surfaces vitrées, dont les moyens d'arrimage et de stabilité d'échafaudage ou de nacelle ;
- le Code du travail (article L. 235-15) indique que le maître d'ouvrage fait établir et compléter par le coordonnateur un dossier d'intervention ultérieur sur l'ouvrage rassemblant toutes les données de nature à faciliter la prévention des risques professionnels lors d'interventions ultérieures. Ce dossier inclut, selon l'article R. 238-37, le dossier de maintenance des lieux de travail prévu à l'article R. 235-5 ;
- le décret n° 65-48 du 8 janvier 1965 et ses compléments traitent des mesures spéciales de protection et de salubrité que les chefs d'établissement, dans le cadre du Code du travail, doivent prendre en particulier lors d'opérations d'entretien et de nettoyage.

## 9.5. • Choix des produits d'entretien et méthode

D'une façon générale, les conditions dans lesquelles sont effectuées les opérations d'entretien et de maintenance ne doivent pas entraîner de dégradation des ouvrages environnants.

Il faut vérifier, en particulier, si les produits de nettoyage peuvent être utilisés sans dommage ou sans inconvénient sur les matériaux avec lesquels ils peuvent être mis en contact ; de même, il faut utiliser le matériel, les techniques ou les procédés préconisés par le fabricant.

Sont à proscrire pour le nettoyage :

- l'utilisation d'appareils à haute pression ;
- l'utilisation de grattoirs métalliques sur les surfaces vitrées ;
- l'utilisation de solvants organiques non prescrits par le fabricant.

Il est toujours recommandé de consulter l'entreprise qui a réalisé les travaux.

## 9.6. • Fréquence des nettoyages

Lorsque l'ambiance ne comporte pas d'éléments agressifs comme c'est le cas généralement en zone rurale ou urbaine peu dense, une fréquence de nettoyage semestrielle peut convenir.

Une fréquence plus rapprochée peut s'avérer nécessaire en fonction de conditions particulières sur la configuration de la verrière ou de son environnement :

- en cas de faible pente (<15°) ;
- en ambiance urbaine dense, industrielle ou marine ;
- en présence d'arbres ou de végétaux à proximité de la verrière ;
- en fonction de l'exigence d'aspect (hôtel, magasin).

## 9.7. • Prescriptions particulières sur différents produits

### 9.7.1. • Vitrages

Le nettoyage se fait à l'eau claire ou avec des détergents légers, ou des agents neutres exempts de matières abrasives, fluorées ou de produits très alcalins et selon les préconisations des fournisseurs. De même, les outils employés ne doivent pas rayer le verre. Aussitôt après lavage, il convient d'essuyer la totalité de la surface des vitrages.

Certains vitrages spéciaux (vitrages à couche ou sérigraphiés, sablés, émaillés, par exemple) nécessitent un entretien particulier qui doit être précisé à la livraison de la verrière.

#### Note

La mise en œuvre d'un vitrage à couche autonettoyante permet d'en limiter l'encrassement et, ainsi, d'espacer les opérations de nettoyage.

### 9.7.2. • Surfaces en aluminium anodisé et thermolaqué

Le nettoyage des surfaces en aluminium anodisé et thermolaqué peut s'effectuer à l'éponge au moyen d'eau additionnée d'un agent mouillant ; il doit être complété par un rinçage soigné à l'eau claire et un essuyage avec un chiffon doux et absorbant ou une raclette non agressive. Cette opération peut être combinée avec le nettoyage des vitrages.

Pour les zones moyennement encrassées : nettoyer avec de l'eau contenant un produit nettoyant non abrasif à l'éponge ou avec une brosse douce, rincer à l'eau claire et essuyer. Il est essentiel de prohiber l'usage de produits très agressifs, comme certains détergents ménagers, certaines lessives et des produits fortement basiques ou



acides. De plus, il faut proscrire les tampons abrasifs grossiers types paille de fer, papier émeri, etc.

Les surfaces en aluminium anodisé ou thermolaqué peuvent, dans certaines conditions, faire l'objet d'opérations de « rénovations », à l'aide de produits légèrement abrasifs ou solvantés. Pour ces opérations, il est nécessaire de recourir à une entreprise spécialisée qui établira une préconisation de traitement après diagnostic.

#### Note

La norme NF A 91-451 traite de la qualification des produits d'entretien d'aluminium anodisé.

### 9.7.3. • Surfaces en acier thermolaqué

L'entretien et la maintenance des surfaces en acier thermolaqué, traités selon les spécifications de la norme NF P 24-351, s'effectuent dans les mêmes conditions que celles pour les surfaces en aluminium.

### 9.7.4. • Acier inoxydable

Les préconisations sont les mêmes que celles précédemment indiquées pour l'aluminium. La fréquence des nettoyages pour une surface rugueuse en acier inoxydable doit être augmentée en tenant compte des prescriptions fournies par l'entreprise qui a réalisé l'ouvrage.

Pour les opérations de nettoyage, l'utilisation d'éponges ou, à défaut, des brosses douces type nylon (sauf sur fini brillant ou miroir) est recommandée. Le brossage doit être effectué dans le sens du polissage. Il faut éviter les tampons métalliques, les brosses et les laines métalliques, les brosses dures, les brosses nylon sur les polis brillants ou miroirs, les poudres et tampons abrasifs même très fins, les produits chlorés, cirant et javellisant.

L'entretien avec des produits lessiviels courants s'avère inefficace lorsqu'il s'agit d'enlever les traces de doigts. Les produits donnant satisfaction comportent le plus souvent des acides avec fonction dégraissante. Un rinçage soigneux suivi d'un essuyage est toujours nécessaire.

### 9.7.5. • Profilés préextrudés en caoutchouc et/ou thermoplastiques

Les profilés préextrudés en caoutchouc et/ou thermoplastiques utilisés en garniture d'étanchéité des joints résistent généralement aux produits lessiviels employés pour le nettoyage des verrières. Sauf spécifications particulières, on ne doit utiliser ni solvants organiques ni abrasifs ni instruments pointus ou tranchants.

Lors de l'entretien ou de la maintenance des quincailleries d'ouvrants, éviter le contact de ces profilés avec les huiles et les graisses.

### 9.7.6. • Garnitures d'étanchéité réalisées à l'aide de mastic

Les garnitures d'étanchéités exposées, réalisées à l'aide de mastic, doivent également être périodiquement nettoyées dans les mêmes conditions que les joints caoutchouc. Ce nettoyage sera également l'occasion d'un contrôle afin de détecter une éventuelle altération et d'y porter remède en cas de besoin.

Dans le cas d'une réparation d'une garniture de mastic, il sera nécessaire de bien vérifier l'adhérence et la compatibilité du mastic utilisé avec les produits existants.

### 9.7.7. • Quincailleries d'ouvrants

Tant pour l'entretien que pour la maintenance et les réparations éventuelles, il est nécessaire de bien suivre la notice fournie par l'entreprise lors de la réalisation de l'ouvrage et les préconisations des fournisseurs.

Si une lubrification est nécessaire, utiliser le produit préconisé aux endroits indiqués. Les surplus de graisse (ou d'huile) cachent souvent un mauvais fonctionnement, une usure, donc une détérioration future.

Pour les ouvrants, il est nécessaire de prévoir *a minima* une visite de maintenance annuelle qui portera sur les opérations suivantes :

- vérification du réglage ;
- serrage de la visserie au niveau des organes de rotation ;
- lubrification éventuelle des pièces soumises à frottement ;
- contrôle des pièces de rotation, du guidage et du fonctionnement.

Toute pièce détériorée doit être changée.

Pour des usages intensifs, les fréquences devront être adaptées afin de maintenir les ouvrants en bon état.

#### Note

La vérification périodique des ouvrants de désenfumage des ERP doit être confiée à un organisme agréé.

### 9.7.8. • Produits sous Avis Technique

Lors de l'utilisation de produits ou de procédés sous Avis Technique, on devra s'y reporter pour connaître les préconisations d'entretien et de maintenance.



# 10

## Annexes

---



[ANNEXE A] : DÉTERMINATION DES ACTIONS DU VENT À PRENDRE EN COMPTE POUR LE DIMENSIONNEMENT DES VERRIÈRES

[ANNEXE B] : DÉTERMINATION DES CHARGES DE NEIGE À PRENDRE EN COMPTE POUR LE DIMENSIONNEMENT DES VERRIÈRES

[ANNEXE C] : DIMENSIONNEMENT DES OSSATURES

[ANNEXE D] : DIMENSIONNEMENT DES REMPLISSAGES VERRIERS

[ANNEXE E] : RÉSISTANCE DES VERRIÈRES VIS-À-VIS DES SÉISMES

[ANNEXE F] : CALCUL DES CONTRAINTES THERMIQUES

[ANNEXE G] : MÉTHODE DE CALCUL THERMIQUE

## ANNEXE A : DÉTERMINATION DES ACTIONS DU VENT À PRENDRE EN COMPTE POUR LE DIMENSIONNEMENT DES VERRIÈRES

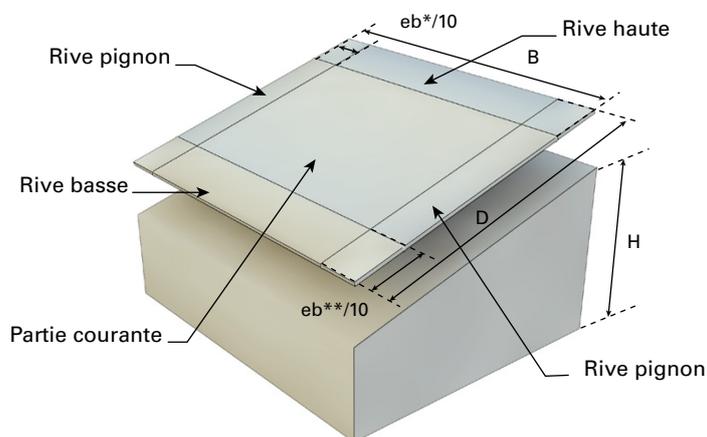
On considère des bâtiments fermés à un ou deux versants (selon les paragraphes 7.2.4 et 7.2.5 de l'EN 1991-1-4).

Les versants de couverture sont lisses.

Les couvertures ont été simplifiées à trois parties :

- rive pignon ;
- rive haute et basse ;
- partie courante.

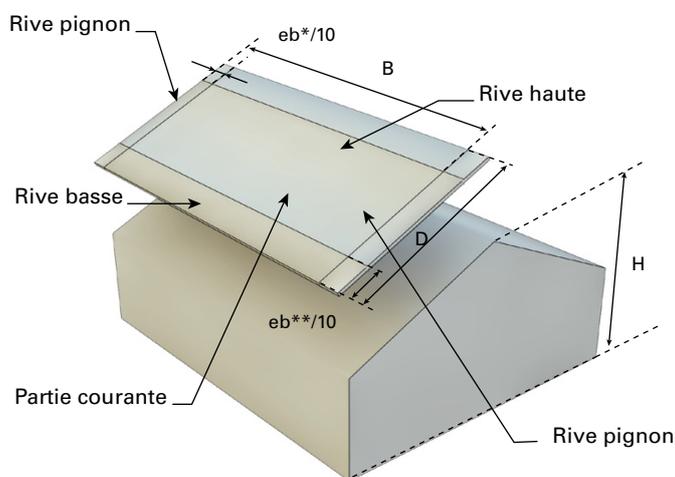
La (Figure 46) schématise la couverture avec les différentes parties ainsi que les côtes associées dans le cas d'une toiture à un versant. La (Figure 47) traite du cas d'une toiture à deux versants.



$$*eb = \min (B, 2H)$$

$$**eb = \min (D, 2H)$$

▲ Figure 46 : Schéma d'une toiture à un versant



$$*eb = \min (B, 2H)$$

$$**eb = \min (D, 2H)$$

▲ Figure 47 : Schéma d'une toiture à deux versants symétriques ou non



## Types de toiture

Dans le présent document, la paroi externe est considérée perméable à l'air si la surface des orifices par rapport à la surface totale est  $> 0,1 \%$ .

Le cas de toiture traité dans ce document concerne une toiture à simple paroi.

## Pression de vent

Les pressions de vent sont déterminées selon l'Eurocode vent NF EN 1991-1-4 et son annexe nationale NF EN 1991-1-4/NA.

Les hypothèses de calcul sont les suivantes :

- période de retour : 50 ans (W50) ;
- coefficient d'orographie  $c_0(z) = 1$  ;
- coefficient de direction  $c_{dir} = 1$  ;
- coefficient de saison  $c_{season} = 1$ .

Le vent W50 est donné dans le (Tableau 7).

	Hauteur h du bâtiment	$h \leq 9 \text{ m}$	$h \leq 18 \text{ m}$	$h \leq 28 \text{ m}$	$h \leq 50 \text{ m}$	$h \leq 100 \text{ m}$
	Zone					
Région 1	IV	383	417	505	630	793
	IIIb	399	532	623	753	920
	IIIa	524	660	753	883	1 050
	II	676	810	900	1 026	1 185
	0	842	964	1 046	1 158	1 298
Région 2	IV	456	497	601	750	944
	IIIb	475	633	742	896	1 095
	IIIa	624	786	897	1 051	1 250
	II	804	963	1 071	1 221	1 410
	0	1 002	1 148	1 245	1 378	1 545
Région 3	IV	535	583	705	880	1 108
	IIIb	558	743	871	1 051	1 285
	IIIa	732	922	1 052	1 234	1 467
	II	944	1 131	1 257	1 433	1 655
	0	1 177	1 347	1 461	1 617	1 813
Région 4	IV	620	676	818	1 020	1 285
	IIIb	647	861	1 010	1 219	1 491
	IIIa	849	1 070	1 220	1 431	1 701
	II	1 095	1 311	1 458	1 661	1 919
	0	1 364	1 562	1 694	1 875	2 102
La Réunion	IV	915	997	1 206	1 504	1 895
	IIIb	953	1 270	1 489	1 798	2 198
	IIIa	1 252	1 577	1 800	2 110	2 509



	Hauteur h du bâtiment	h ≤ 9 m	h ≤ 18 m	h ≤ 28 m	h ≤ 50 m	h ≤ 100 m
	II	1 614	1 934	2 150	2 450	2 830
	0	2 012	2 303	2 498	2 765	3 100
Guadeloupe	IV	1 025	1 117	1 352	1 687	2 125
	IIIb	1 069	1 424	1 669	2 015	2 464
	IIIa	1 404	1 768	2 018	2 366	2 812
	II	1 809	2 168	2 411	2 746	3 173
	0	2 256	2 582	2 800	3 099	3 475
Guyane	IV	229	249	302	376	474
	IIIb	238	317	372	449	549
	IIIa	313	394	450	528	627
	II	403	483	538	612	708
	0	503	576	624	691	775
Martinique	IV	810	883	1 069	1 333	1 679
	IIIb	845	1 125	1 319	1 592	1 947
	IIIa	1 109	1 397	1 594	1 869	2 222
	II	1 430	1 713	1 905	2 170	2 507
	0	1 782	2 040	2 213	2 449	2 746

▲ Tableau 7 : Pression de vent de référence W50 (Pa)



**L'interpolation des hauteurs de bâtiment n'est pas admise. Par conséquent, il faut utiliser la valeur de hauteur immédiatement supérieure.**

Les charges de vent à l'ELS sont obtenues par les formules :

- vent descendant :  $W_1 = W50 \times c_{p+}$
- vent ascendant :  $W_2 = W50 \times c_{p-}$

avec : ce document traitant des bâtiments fermés, les charges  $c_{pi}$  sont prises égales à + 0,2 et - 0,3.

Le (Tableau 8) définit les valeurs des coefficients  $c_{p+}$  et  $c_{p-}$  selon le type de toiture pour la paroi extérieure et intérieure de la couverture.

	Paroi extérieure		Paroi intérieure	
	$C_{p-}$	$C_{p+}$	$C_{p-}$	$C_{p+}$
Valeurs de $C_p$	$C_{pe-} - 0,2$	$C_{pe+} - 0,3$	—	—

▲ Tableau 8 : Coefficients  $C_{p+}$  et  $C_{p-}$  pour les verrières

Les coefficients  $c_{pe}$  enveloppe indiqués dans le (Tableau 9) sont déterminés à partir de la NF EN 1991-1-4, et son annexe nationale pour une surface chargée de 1 m<sup>2</sup>.



Angle	Toiture à un versant				Toiture à deux versants			
	Charge ascendante $C_{pe}^-$			Charge descendante $C_{pe}^+$	Charge ascendante $C_{pe}^-$			Charge descendante $C_{pe}^+$
	Rive pignon	Rive basse ou haute	Courant	Toutes zones	Rive pignon	Rive basse ou haute	Courant	Toutes zones
5°	-2,6	-2,5	-1,2	0,7	-2,5	-2,5	-1,2	0,7
15°	-2,9	-2,0	-1,2	0,7	-2,0	-2,0	-1,5	0,7
30°	-2,9	-1,5	-1,3	0,7	-2,0	-1,5	-1,2	0,7
45°	-2,4	-1,3	-1,3	0,7	-2,0	-1,2	-1,2	0,7
60°	-2,0	-1,3	-1,3	0,7	-2,0	-1,0	-1,0	0,7
75°	-2,0	-1,3	-1,3	0,8	-2,0	-1,0	-1,0	0,8

▲ Tableau 9 : Coefficients  $C_{pe}$ **Note**

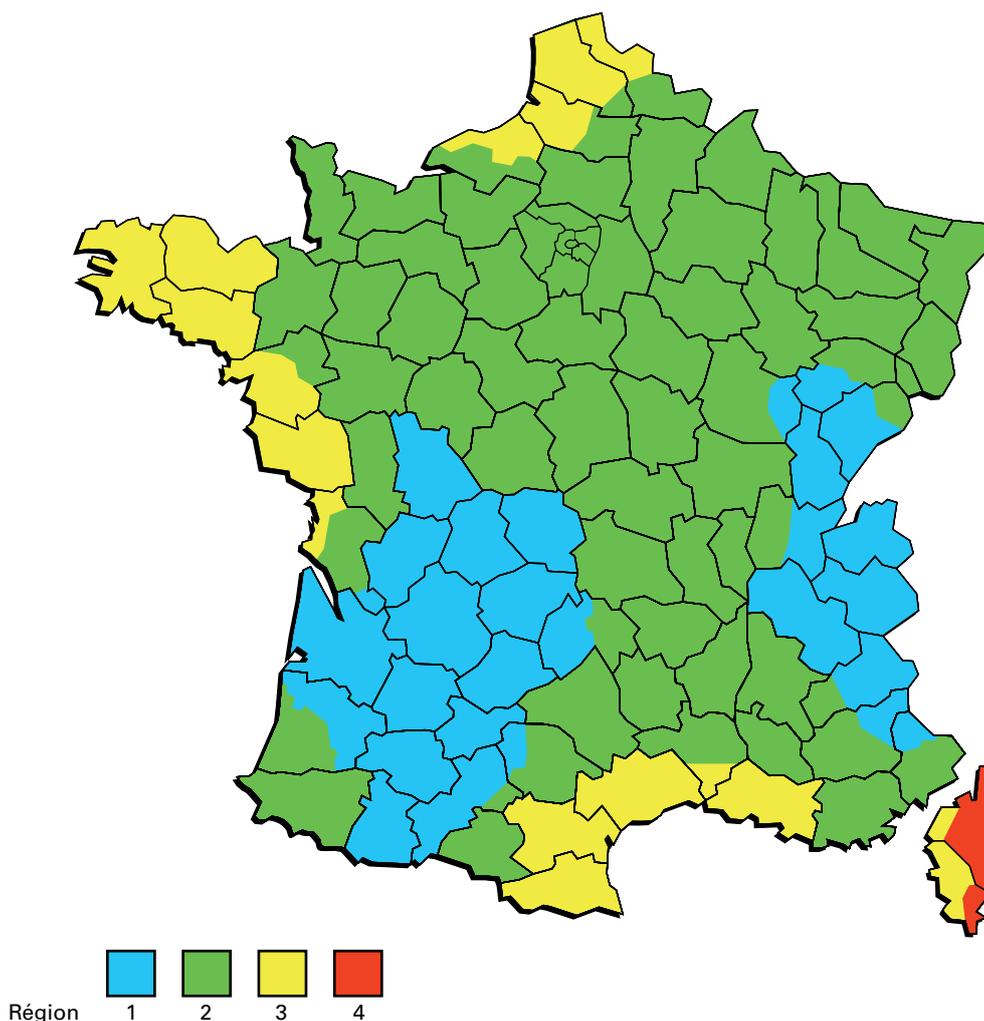
L'interpolation linéaire pour une inclinaison intermédiaire est possible.

L'[ANNEXE A] donne les tableaux de valeurs de pression maximales  $W$  à l'ELS pour les différents cas de toiture présentant un ou deux versants, quel que soit l'angle.

Dans les tableaux suivants, la lettre  $\rho$  est employée pour désigner le pignon, les lettres  $b$  et  $h$  pour désigner les rives hautes et basses des toitures.

Pour obtenir les pressions de vent à l'ELU, il faut multiplier les pressions ELS par 1,5 valeur de  $\gamma_Q$ .

## Définition des régions de vent



▲ Figure 48 : Carte des vents

Région	Départements
1	Ain*, Alpes-de-Haute-Provence*, Hautes-Alpes*, Alpes-Maritimes*, Cantal*, Charente, Charente-Maritime*, Corrèze, Côte-d'Or*, Creuse, Dordogne, Doubs*, Haute-Garonne*, Gers, Gironde*, Isère*, Jura, Landes*, Lot, Lot-et-Garonne, Hautes-Pyrénées, Haute-Saône*, Savoie, Haute-Savoie, Tarn*, Tarn-et-Garonne, Vienne, Haute-Vienne, Guyane
2	Ain*, Aisne, Allier, Alpes-de-Haute-Provence*, Hautes-Alpes*, Alpes-Maritimes*, Ardèche, Ardennes, Ariège, Aube, Aude*, Aveyron, Calvados, Cantal*, Charente, Charente-Maritime*, Cher, Côte-d'Or*, Doubs*, Drôme, Eure, Eure-et-Loir, Gard*, Haute-Garonne*, Gironde*, Ille-et-Vilaine, Indre, Indre-et-Loire, Isère*, Landes*, Loir-et-Cher, Loire, Haute-Loire, Loire-Atlantique*, Loiret, Lozère, Maine-et-Loire, Manche, Marne, Haute-Marne, Mayenne, Meurthe-et-Moselle, Meuse, Moselle, Nièvre, Nord*, Oise, Orne, Pas-de-Calais*, Puy-de-Dôme, Pyrénées-Atlantiques, Bas-Rhin, Haut-Rhin, Rhône, Haute-Saône*, Saône-et-Loire, Sarthe, Seine-Maritime*, Deux-Sèvres, Somme*, Tarn*, Tarn-et-Garonne, Var, Vaucluse, Vosges, Yonne, Territoire de Belfort, région Île-de-France, ville de Paris, Seine-et-Marne, Yvelines, Essonne, Hauts-de-Seine, Seine-Saint-Denis, Val-de-Marne, Val-d'Oise



Région	Départements
3	Aude*, Bouches-du-Rhône, Charente-Maritime*, Corse-du-Sud*, Haute-Corse*, Côtes-d'Armor, Finistère, Gard*, Hérault, Loire-Atlantique*, Morbihan, Nord*, Pas-de-Calais*, Pyrénées-Orientales, Seine-Maritime*, Somme*, Vendée
4	Corse-du-Sud*, Haute-Corse*
* Pour une partie du département. Voir le découpage par canton dans le (Tableau 11).	

▲ Tableau 10 : Définition des régions par département

Département	Région de vent	Cantons
01 Ain	2	Bâgé-le-Châtel, Chalamont, Châtillon-sur-Chalaronne, Coligny, Meximieux, Miribel, Montluel, Montrevel-en-Bresse, Pont-de-Vaux, Pont-de-Veyle, Reyrieux, Saint-Trivier-de-Courtes, Saint-Trivier-sur-Moignans, Thoissey, Trévoux, Villars-les-Dombes
	1	Tous les autres cantons
04 Alpes-de-Haute-Provence	1	Annot, Barcelonnette, Colmars, Entrevaux, La Javie, Le Lauzet-Ubaye, Saint-André-les-Alpes, Seyne
	2	Tous les autres cantons
05 Hautes-Alpes	2	Aspres-sur-Buëch, Barceilonnette, Laragne-Montéglin, Orpierre, Ribiers, Rosans, Serres, Tallard, Veynes
	1	Tous les autres cantons
06 Alpes-Maritimes	1	Guillaumes, Puget-Théniers, Saint-Étienne-de-Tinée, Saint-Martin-Vésubie, Saint-Sauveur-sur-Tinée, Villars-sur-Var
	2	Tous les autres cantons
11 Aude	2	Alaigne, Alzonne, Belpech, Carcassonne (tous les cantons), Castelnaudary (tous les cantons), Chalabre, Conques-sur-Orbiel, Fanjeaux, Limoux, Mas-Cabardès, Montréal, Saissac, Salles-sur-l'Hers
	3	Tous les autres cantons
15 Cantal	2	Allanche, Chaudes-Aigues, Condat, Massiac, Murat, Pierrefort, Ruynes-en-Margeride, Saint-Flour (tous les cantons)
	1	Tous les autres cantons
17 Charente-Maritime	1	Montendre, Montguyon, Montlieu-la-Garde
	2	Archiac, Aulnay, Burie, Cozes, Gémozac, Jonzac, Loulay, Matha, Mirambeau, Pons, Saintes (tous les cantons), Saint-Genis-de-Saintonge, Saint-Hilaire-de-Villefranche, Saint-Jean-d'Angély, Saint-Porchaire, Saint-Savinien, Saujon, Tonnay-Boutonne
	3	Tous les autres cantons
2A Corse-du-Sud	4	Bonifacio, Figari, Levie, Porto-Vecchio, Serra-di-Scopamène
	3	Tous les autres cantons
2B Haute-Corse	3	Belgodère, Calenzana, Calvi, L'Île-Rousse
	4	Tous les autres cantons

Département	Région de vent	Cantons
21 Côte-d'Or	1	Auxonne, Chenôve, Dijon (tous les cantons), Fontaine-Française, Fontaine-lès-Dijon, Genlis, Grancey-le-Château-Neuveville, Is-sur-Tille, Mirebeau-sur-Bèze, Pontailler-sur-Saône, Saint-Jean-de-Losne, Saint-Seine-l'Abbaye, Selongey
	2	Tous les autres cantons
25 Doubs	2	Audincourt, Clerval, Étupes, Hérimoncourt, L'Isle-sur-le-Doubs, Maîche, Montbéliard (tous les cantons), Pont-de-Roide, Saint-Hippolyte, Sochaux, Valentigney
	1	Tous les autres cantons
30 Gard	3	Aigues-Mortes, Aimargues, Aramon, Beaucaire, Bouillargues, Saint-Gilles, Marguerittes, Nîmes (tous les cantons), Quissac, Saint-Mamert-du-Gard, Sommières, Vauvert
	2	Tous les autres cantons
31 Haute-Garonne	2	Auterive, Caraman, Cintegabelle, Lanta, Montgiscard, Nailloux, Revel, Villefranche-de-Lauragais
	1	Tous les autres cantons
33 Gironde	2	Castelnau-de-Médoc, Lesparre-Médoc, Pauillac, Saint-Laurent-Médoc, Saint-Vivien-de-Médoc
	1	Tous les autres cantons
38 Isère	2	Beaurepaire, Heyrieux, Saint-Jean-de-Bournay
	1	Tous les autres cantons
40 Landes	2	Amou, Castets, Dax (tous les cantons), Montfort-en-Chalosse, Mugron, Peyrehorade, Pouillon, Saint-Martin-de-Seignanx, Saint-Vincent-de-Tyrosse, Soustons, Tartas (tous les cantons)
	1	Tous les autres cantons
44 Loire-Atlantique	2	Ancenis, Blain, Châteaubriant, Derval, Guémené-Penfao, Ligné, Moisdon-la-Rivière, Nort-sur-Erdre, Nozay, Riailé, Rougé, Saint-Julien-de-Vouvantes, Saint-Mars-la-Jaille, Saint-Nicolas-de-Redon, Varades
	3	Tous les autres cantons
59 Nord	2	Anzin, Arleux, Avesnes-sur-Helpe (tous les cantons), Bavay, Berlaimont, Bouchain, Cambrai (tous les cantons), Carnières, Le Cateau-Cambrésis, Clary, Condé-sur-l'Escaut, Dénain, Douai (tous les cantons), Hautmont, Landrecies, Marchiennes, Marcoing, Maubeuge (tous les cantons), Orchies, Le Quesnoy (tous les cantons), Saint-Amand-les-Eaux (tous les cantons), Solre-le-Château, Solesmes, Trélon, Valenciennes (tous les cantons)
	3	Tous les autres cantons
62 Pas-de-Calais	2	Bapaume, Bertincourt, Croisilles, Marquion, Vitry-en-Artois
	3	Tous les autres cantons
70 Haute-Saône	1	Autrey-lès-Gray, Champlitte, Dampierre-sur-Salon, Fresne-Saint-Mamès, Gray, Gy, Marnay, Montbozon, Pesmes, Riez, Scey-sur-Saône-et-Saint-Albin
	2	Tous les autres cantons
76 Seine-Maritime	3	Bacqueville-en-Caux, Blangy-sur-Bresle, Cany-Barville, Dieppe (tous les cantons), Envermeu, Eu, Fontaine-le-Dun, Offranville, Saint-Valery-en-Caux
	2	Tous les autres cantons





Département	Région de vent	Cantons
80 Somme	2	Ailly-sur-Noye, Albert, Bray-sur-Somme, Chaulnes, Combles, Ham, Montdidier, Moreuil, Nesle, Péronne, Roisel, Rosières-en-Santerre, Roye
	3	Tous les autres cantons
81 Tarn	1	Cadalen, Castelnau-de-Montmiral, Cordes-sur-Ciel, Gaillac, Graulhet, Lavaur, Lisle-sur-Tarn, Rabastens, Saint-Paul-Cap-de-Joux, Salvagnac, Vaour
	2	Tous les autres cantons

▲ Tableau 11 : Départements appartenant à plusieurs régions de vent : découpage selon les cantons

## Définition des zones de vent

0	Mer ou zone côtière exposée aux vents de la mer ; lacs et plans d'eau parcourus par le vent sur une distance d'au moins 5 km
II	Rase campagne avec ou non quelques obstacles isolés (arbres, bâtiments, etc.) séparés les uns des autres de plus de 40 fois leur hauteur
IIIa	Campagne avec des haies ; vignobles, bocage, habitat dispersé
IIIb	Zones urbanisées ou industrielles ; bocages denses, verger
IV	Zones urbaines dont au moins 15 % de la surface est recouverte de bâtiments dont la hauteur moyenne est supérieure à 15 m, forêts

▲ Tableau 12 : Catégorie et paramètre de terrain selon la norme NF EN 1991-1-4/NA

## Pressions de vent ELS sur la paroi externe pour le cas de la verrière

Toiture à un ou deux versants				
	Rive pignon	Rive basse	Courant	Toiture
Angle	$c_p, 1$	$c_p, 1$	$c_p, 1$	$c_p, 1$
5° à 75°	-3,1	-2,7	-1,7	1,1

▲ Tableau 13 : Cas de toiture n° 3, coefficients pris en compte

	Situation	< 9 m	< 18 m	< 28 m	< 50 m	< 100 m
Région 1	Rive p	- 1 187	- 1 294	- 1 566	- 1 953	- 2 460
	Rive b ou h	- 1 034	- 1 127	- 1 364	- 1 701	- 2 142
IV	Courant	- 651	- 709	- 859	- 1 071	- 1 349
	Pression	421	459	556	693	873
Région 1	Rive p	- 1 238	- 1 648	- 1 933	- 2 333	- 2 853
	Rive b ou h	- 1 078	- 1 435	- 1 683	- 2 032	- 2 485
IIIb	Courant	- 679	- 904	- 1 060	- 1 280	- 1 564
	Pression	439	585	686	828	1 012

	Situation	< 9 m	< 18 m	< 28 m	< 50 m	< 100 m
Région 1	Rive p	- 1 625	- 2 047	- 2 336	- 2 739	- 3 256
	Rive b ou h	- 1 416	- 1 783	- 2 034	- 2 385	- 2 836
IIIa	Courant	- 891	- 1 122	- 1 281	- 1 502	- 1 786
	Pression	577	726	829	972	1 155
Région 1	Rive p	- 2 095	- 2 510	- 2 791	- 3 180	- 3 673
	Rive b ou h	- 1 825	- 2 186	- 2 431	- 2 769	- 3 199
II	Courant	- 1 149	- 1 376	- 1 531	- 1 744	- 2 014
	Pression	743	891	990	1 128	1 303
Région 1	Rive p	- 2 611	- 2 989	- 3 242	- 3 588	- 4 023
	Rive b ou h	- 2 274	- 2 603	- 2 824	- 3 125	- 3 504
0	Courant	- 1 432	- 1 639	- 1 778	- 1 968	- 2 206
	Pression	927	1 061	1 150	1 273	1 428

▲ Tableau 14 : Pressions de vent ELS, région 1, valeurs en Pa

	Situation	< 9 m	< 18 m	< 28 m	< 50 m	< 100 m
Région 2 IV	Rive p	- 1 413	- 1 540	- 1 863	- 2 324	- 2 927
	Rive b ou h	- 1 231	- 1 341	- 1 623	- 2 024	- 2 550
	Courant	- 775	- 844	- 1 022	- 1 274	- 1 605
	Pression	501	546	661	825	1 039
Région 2 IIIb	Rive p	- 1 473	- 1 961	- 2 300	- 2 777	- 3 395
	Rive b ou h	- 1 283	- 1 708	- 2 003	- 2 419	- 2 957
	Courant	- 808	- 1 076	- 1 261	- 1 523	- 1 862
	Pression	523	696	816	985	1 205
Région 2 IIIa	Rive p	- 1 934	- 2 436	- 2 780	- 3 259	- 3 875
	Rive b ou h	- 1 685	- 2 122	- 2 421	- 2 839	- 3 375
	Courant	- 1 061	- 1 336	- 1 524	- 1 787	- 2 125
	Pression	686	864	986	1 157	1 375
Région 2 II	Rive p	- 2 493	- 2 987	- 3 321	- 3 784	- 4 372
	Rive b ou h	- 2 171	- 2 601	- 2 893	- 3 296	- 3 808
	Courant	- 1 367	- 1 638	- 1 821	- 2 075	- 2 397
	Pression	885	1 060	1 179	1 343	1 551
Région 2 0	Rive p	- 3 108	- 3 557	- 3 858	- 4 270	- 4 788
	Rive b ou h	- 2 707	- 3 098	- 3 361	- 3 719	- 4 170
	Courant	- 1 704	- 1 951	- 2 116	- 2 342	- 2 626
	Pression	1 103	1 262	1 369	1 515	1 699

▲ Tableau 15 : Pressions de vent ELS, région 2, valeurs en Pa

	Situation	< 9 m	< 18 m	< 28 m	< 50 m	< 100 m
Région 3 IV	Rive p	- 1 658	- 1 807	- 2 187	- 2 727	- 3 435
	Rive b ou h	- 1 444	- 1 574	- 1 905	- 2 375	- 2 992
	Courant	- 909	- 991	- 1 199	- 1 496	- 1 884
	Pression	588	641	776	968	1 219
Région 3 IIIb	Rive p	- 1 728	- 2 302	- 2 699	- 3 259	- 3 984
	Rive b ou h	- 1 505	- 2 005	- 2 351	- 2 838	- 3 470
	Courant	- 948	- 1 262	- 1 480	- 1 787	- 2 185
	Pression	613	817	958	1 156	1 414



	Situation	< 9 m	< 18 m	< 28 m	< 50 m	< 100 m
Région 3 IIIa	Rive p	- 2 270	- 2 859	- 3 262	- 3 825	- 4 548
	Rive b ou h	- 1 977	- 2 490	- 2 841	- 3 332	- 3 961
	Courant	- 1 245	- 1 568	- 1 789	- 2 098	- 2 494
	Pression	805	1 014	1 158	1 357	1 614
Région 3 II	Rive p	- 2 926	- 3 505	- 3 898	- 4 441	- 5 131
	Rive b ou h	- 2 548	- 3 053	- 3 395	- 3 868	- 4 469
	Courant	- 1 604	- 1 922	- 2 138	- 2 435	- 2 814
	Pression	1 038	1 244	1 383	1 576	1 821
Région 3 0	Rive p	- 3 647	- 4 175	- 4 528	- 5 012	- 5 619
	Rive b ou h	- 3 177	- 3 636	- 3 944	- 4 365	- 4 894
	Courant	- 2 000	- 2 289	- 2 483	- 2 748	- 3 082
	Pression	1 294	1 481	1 607	1 778	1 994

▲ Tableau 16 : Pressions de vent ELS, région 3, valeurs en Pa

	Situation	< 9 m	< 18 m	< 28 m	< 50 m	< 100 m
Région 4 IV	Rive p	- 1 923	- 2 096	- 2 536	- 3 163	- 3 984
	Rive b ou h	- 1 675	- 1 825	- 2 209	- 2 755	- 3 470
	Courant	- 1 055	- 1 149	- 1 391	- 1 735	- 2 185
	Pression	682	744	900	1 122	1 414
Région 4 IIIb	Rive p	- 2 005	- 2 670	- 3 131	- 3 780	- 4 621
	Rive b ou h	- 1 746	- 2 325	- 2 727	- 3 292	- 4 025
	Courant	- 1 099	- 1 464	- 1 717	- 2 073	- 2 534
	Pression	711	947	1 111	1 341	1 640
Région 4 IIIa	Rive p	- 2 633	- 3 315	- 3 783	- 4 436	- 5 274
	Rive b ou h	- 2 293	- 2 888	- 3 295	- 3 864	- 4 594
	Courant	- 1 444	- 1 818	- 2 075	- 2 433	- 2 892
	Pression	934	1 176	1 343	1 574	1 872
Région 4 II	Rive p	- 3 393	- 4 065	- 4 521	- 5 150	- 5 950
	Rive b ou h	- 2 955	- 3 541	- 3 937	- 4 486	- 5 182
	Courant	- 1 861	- 2 229	- 2 479	- 2 824	- 3 263
	Pression	1 204	1 443	1 604	1 828	2 111
Région 4 0	Rive p	- 4 230	- 4 842	- 5 252	- 5 812	- 6 517
	Rive b ou h	- 3 684	- 4 217	- 4 574	- 5 062	- 5 676
	Courant	- 2 320	- 2 655	- 2 880	- 3 187	- 3 574
	Pression	1 501	1 718	1 863	2 062	2 313

▲ Tableau 17 : Pressions de vent ELS, région 4, valeurs en Pa

	Situation	< 9 m	< 18 m	< 28 m	< 50 m	< 100 m
La Réunion IV	Rive p	- 2 835	- 3 090	- 3 740	- 4 664	- 5 875
	Rive b ou h	- 2 470	- 2 691	- 3 257	- 4 062	- 5 117
	Courant	- 1 555	- 1 694	- 2 051	- 2 558	- 3 222
	Pression	1 006	1 096	1 327	1 655	2 085
La Réunion IIIb	Rive p	- 2 956	- 3 936	- 4 616	- 5 573	- 6 814
	Rive b ou h	- 2 574	- 3 428	- 4 020	- 4 854	- 5 934
	Courant	- 1 621	- 2 159	- 2 531	- 3 056	- 3 736
	Pression	1 049	1 397	1 638	1 978	2 418



	Situation	< 9 m	< 18 m	< 28 m	< 50 m	< 100 m
La Réunion IIIa	Rive p	- 3 882	- 4 889	- 5 579	- 6 541	- 7 777
	Rive b ou h	- 3 381	- 4 258	- 4 859	- 5 697	- 6 773
	Courant	- 2 129	- 2 681	- 3 059	- 3 587	- 4 265
	Pression	1 377	1 735	1 980	2 321	2 760
La Réunion II	Rive p	- 5 003	- 5 994	- 6 666	- 7 594	- 8 774
	Rive b ou h	- 4 358	- 5 221	- 5 806	- 6 614	- 7 641
	Courant	- 2 744	- 3 287	- 3 655	- 4 164	- 4 811
	Pression	1 775	2 127	2 365	2 695	3 113
La Réunion 0	Rive p	- 6 237	- 7 139	- 7 744	- 8 570	- 9 609
	Rive b ou h	- 5 432	- 6 218	- 6 744	- 7 464	- 8 369
	Courant	- 3 420	- 3 915	- 4 246	- 4 700	- 5 270
	Pression	2 213	2 533	2 748	3 041	3 410

▲ Tableau 18 : Pressions de vent ELS, La Réunion, valeurs en Pa

	Situation	< 9 m	< 18 m	< 28 m	< 50 m	< 100 m
Guadeloupe IV	Rive p	- 3 179	- 3 464	- 4 193	- 5 229	- 6 586
	Rive b ou h	- 2 769	- 3 017	- 3 652	- 4 554	- 5 736
	Courant	- 1 743	- 1 900	- 2 299	- 2 867	- 3 612
	Pression	1 128	1 229	1 488	1 855	2 337
Guadeloupe IIIb	Rive p	- 3 314	- 4 413	- 5 175	- 6 248	- 7 639
	Rive b ou h	- 2 886	- 3 844	- 4 507	- 5 442	- 6 653
	Courant	- 1 817	- 2 420	- 2 838	- 3 426	- 4 189
	Pression	1 176	1 566	1 836	2 217	2 711
Guadeloupe IIIa	Rive p	- 4 352	- 5 481	- 6 254	- 7 333	- 8 719
	Rive b ou h	- 3 790	- 4 773	- 5 447	- 6 387	- 7 594
	Courant	- 2 386	- 3 006	- 3 430	- 4 022	- 4 781
	Pression	1 544	1 945	2 219	2 602	3 094
Guadeloupe II	Rive p	- 5 609	- 6 720	- 7 473	- 8 514	- 9 836
	Rive b ou h	- 4 885	- 5 853	- 6 509	- 7 415	- 8 567
	Courant	- 3 076	- 3 685	- 4 098	- 4 669	- 5 394
	Pression	1 990	2 385	2 652	3 021	3 490
Guadeloupe 0	Rive p	- 6 992	- 8 004	- 8 681	- 9 608	- 10 773
	Rive b ou h	- 6 090	- 6 971	- 7 561	- 8 368	- 9 383
	Courant	- 3 834	- 4 389	- 4 761	- 5 269	- 5 908
	Pression	2 481	2 840	3 080	3 409	3 823

▲ Tableau 19 : Pressions de vent ELS, Guadeloupe, valeurs en Pa

	Situation	< 9 m	< 18 m	< 28 m	< 50 m	< 100 m
Guyane IV	Rive p	- 709	- 772	- 935	- 1 166	- 1 469
	Rive b ou h	- 617	- 673	- 814	- 1 015	- 1 279
	Courant	- 389	- 424	- 513	- 639	- 805
	Pression	252	274	332	414	521
Guyane IIIb	Rive p	- 739	- 984	- 1 154	- 1 393	- 1 703
	Rive b ou h	- 644	- 857	- 1 005	- 1 213	- 1 484
	Courant	- 405	- 540	- 633	- 764	- 934
	Pression	262	349	409	494	604



	Situation	< 9 m	< 18 m	< 28 m	< 50 m	< 100 m
Guyane IIIa	Rive p	- 970	- 1 222	- 1 395	- 1 635	- 1 944
	Rive b ou h	- 845	- 1 064	- 1 215	- 1 424	- 1 693
	Courant	- 532	- 670	- 765	- 897	- 1 066
	Pression	344	434	495	580	690
Guyane II	Rive p	- 1 251	- 1 499	- 1 666	- 1 899	- 2 193
	Rive b ou h	- 1 089	- 1 305	- 1 451	- 1 654	- 1 910
	Courant	- 686	- 822	- 914	- 1 041	- 1 203
	Pression	444	532	591	674	778
Guyane 0	Rive p	- 1 559	- 1 785	- 1 936	- 2 143	- 2 02
	Rive b ou h	- 1 358	- 1 555	- 1 686	- 1 866	- 2 092
	Courant	- 855	- 979	- 1 062	- 1 175	- 1 317
	Pression	553	633	687	760	852

▲ Tableau 20 : Pressions de vent ELS, Guyane, valeurs en Pa

	Situation	< 9 m	< 18 m	< 28 m	< 50 m	< 100 m
Martinique IV	Rive p	- 2 512	- 2 737	- 3 313	- 4 131	- 5 204
	Rive b ou h	- 2 188	- 2 384	- 2 885	- 3 598	- 4 533
	Courant	- 1 377	- 1 501	- 1 817	- 2 266	- 2 854
	Pression	891	971	1 175	1 466	1 847
Martinique IIIb	Rive p	- 2 618	- 3 487	- 4 089	- 4 937	- 6 036
	Rive b ou h	- 2 280	- 3 037	- 3 561	- 4 300	- 5 257
	Courant	- 1 436	- 1 912	- 2 242	- 2 707	- 3 310
	Pression	929	1 237	1 451	1 752	2 142
Martinique IIIa	Rive p	- 3 438	- 4 330	- 4 942	- 5 794	- 6 889
	Rive b ou h	- 2 995	- 3 772	- 4 304	- 5 047	- 6 000
	Courant	- 1 886	- 2 375	- 2 710	- 3 178	- 3 778
	Pression	1 220	1 537	1 753	2 056	2 444
Martinique II	Rive p	- 4 432	- 5 310	- 5 905	- 6 727	- 7 772
	Rive b ou h	- 3 860	- 4 625	- 5 143	- 5 859	- 6 769
	Courant	- 2 430	- 2 912	- 3 238	- 3 689	- 4 262
	Pression	1 573	1 884	2 095	2 387	2 758
Martinique 0	Rive p	- 5 525	- 6 324	- 6 859	- 7 592	- 8 512
	Rive b ou h	- 4 812	- 5 508	- 5 974	- 6 612	- 7 414
	Courant	- 3 030	- 3 468	- 3 762	- 4 163	- 4 668
	Pression	1 960	2 244	2 434	2 694	3 020

▲ Tableau 21 : Pressions de vent ELS, Martinique, valeurs en Pa

## ANNEXE B : DÉTERMINATION DES CHARGES DE NEIGE À PRENDRE EN COMPTE POUR LE DIMENSIONNEMENT DES VERRIÈRES

La charge de neige est nulle pour les vitrages dont l'inclinaison  $\beta$  est supérieure à  $60^\circ$ .

### Définition des régions de neige

Les règles données ci-après pour la détermination de la pression  $P_{\text{neige}}$  sont basées sur une simplification de la NF EN 1991-1-3 et de son annexe nationale NF EN 1991-1-3/NA.

Les huit régions à prendre en compte sont celles définies dans l'EN 1991-1-3/NA.

La définition des huit régions ainsi que la carte, extraites de cette norme, sont données en annexe 2.

#### Note

Lorsque des conditions locales le justifient, les spécifications particulières du projet individuel peuvent fixer une valeur caractéristique différente qui doit être précisée dans les DPM.

### Charges de neige au sol

Les charges de neige au sol sont définies dans le (Tableau 22).

	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D	E
Charge de neige normale $S_k$ au sol à une altitude $A \leq 200$ m	450	450	550	550	650	650	900	1 400
Majoration de la charge pour une altitude $> 200$ m	$\Delta S_1$							$\Delta S_2$
Charge de neige exceptionnelle $S_{Ad}$ au sol (quelle que soit l'altitude)	–	1 000	1 000	1 350	–	1 350	1 800	–

▲ Tableau 22 : Charges de neige au sol (Pa)

La valeur de la charge de neige normale  $S_k$  au sol doit être calculée en fonction de l'altitude  $A$  (en mètre) :

Altitude $A$	$\Delta S_1$	$\Delta S_2$
$200 \text{ m} < A \leq 500 \text{ m}$	$A - 200$	$1,5 \times A - 300$
$500 \text{ m} < A \leq 1 000 \text{ m}$	$1,5 \times A - 450$	$3,5 \times A - 1 300$
$1 000 \text{ m} < h \leq 2 000 \text{ m}$	$3,5 \times A - 2 450$	$7 \times A - 4 800$

▲ Tableau 23 : Majoration  $\Delta S$  de  $S_k$  en fonction de l'altitude  $A$  (Pa)

Dans le cas d'une altitude supérieure à  $2 000$  m, la charge de neige au sol ( $S_k$ ) doit être indiquée dans les DPM.



# Coefficient $\mu$

## Cas général

$\mu = 0,8$ .

## Autres cas

Définition de la toiture $\beta \leq 60^\circ$		$\mu$	
Remplissages sur toitures n'allant pas jusqu'au pied de rampant, quelle que soit l'altitude. Toiture à un versant ou deux versants			
		$35^\circ < \beta \leq 60^\circ$ 0,8 $15^\circ < \beta \leq 35^\circ$ et $0 \text{ m} < d \leq 1 \text{ m}$ 1,6 $\beta \leq 15^\circ$ 0,8	
f : zone d'application à considérer du coefficient $\mu$ , $f = 1 \text{ m}$			
	Remplissages situés au pied de rampant : – à une altitude supérieure à 500 m – à une altitude inférieure ou égale à 500 m : • avec possibilité d'accumulation de neige en bord de toiture (ex. : obstacle en résurgence du plan de toiture) • sans possibilité d'accumulation de neige en bord de toiture	1,6 1,6 0,8	
f : zone d'application à considérer du coefficient $\mu$ , $f = 0,50 \text{ m}$			
Toiture à redans <sup>(1)</sup>	Toiture courbe	Remplissage en toiture inférieure sur pignon	
			1,6
Remplissages susceptibles de recevoir de la neige d'une toiture supérieure			
	– $3 \text{ m} \leq h < 6 \text{ m}$ et $\alpha \leq 30^\circ$ – dans tous les autres cas pour lesquels $h \geq 6 \text{ m}$ – $h \geq 6 \text{ m}$	2,2 1,6 2,8	
1. Par convention, $\beta$ est le plus petit des deux angles, quelle que soit la situation de la partie vitrée.			

## Coefficient $C_e$

Le coefficient  $C_e$  est pris égal à 1 pour toutes les situations, sauf spécification particulière des DPM.

## Coefficient $C_t$

Lorsque les bâtiments sont chauffés et isolés, il convient de prendre  $C_t = 1,0$ . Pour tous les autres cas, il convient de se référer aux DPM.

## Charge de neige sur toiture

Dans le cas d'une charge de neige normale, selon le paragraphe B.1,

$$S_1 = (S_k + \Delta S) \times \mu \times C_e \times C_t$$

Dans le cas d'une charge de neige exceptionnelle, selon le paragraphe B.2,

$$S_2 = S_{Ad} \times \mu \times C_e \times C_t$$

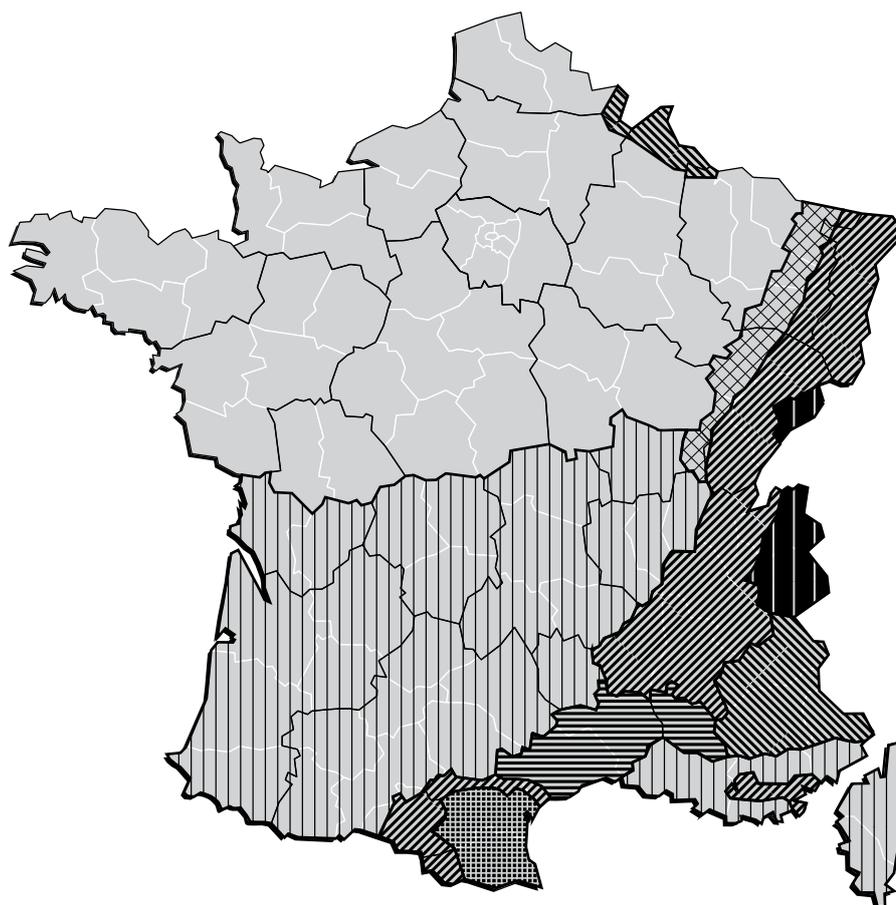


**Il convient de tenir compte des phénomènes localisés d'accumulation de neige dans la conception de la structure.**

## Définition des zones climatiques de neige



**Les huit régions climatiques à prendre en compte sont celles définies dans l'annexe nationale à la NF EN 1991-1-3/NA:2005. Il convient de s'assurer, au moment de l'utilisation de cette annexe, des mises à jour éventuelles du texte de référence.**



Régions	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D	E
Valeur caractéristique ( $S_e$ ) de la charge de neige sur le sol à une altitude inférieure à 200 m	0,45	0,45	0,55	0,55	0,65	0,65	0,90	1,40
Valeur de calcul ( $S_{ed}$ ) de la charge exceptionnelle de neige sur le sol	-	1,00	1,00	1,35	-	1,35	1,80	-
Loi de variation de la charge caractéristique pour une altitude supérieure à 200 m	$\Delta s_1$						$\Delta s_2$	

(charges en KN/m<sup>2</sup>)

Altitude A	$\Delta s_1$	$\Delta s_2$
de 200 à 500 m	de 200 à 500 m	1,5 A/1 000 - 0,30
de 500 à 1 000 m	1,5 A/1 000 - 0,45	3,5 A/1 000 - 1,30
de 1 000 à 2 000 m	3,5 A/1 000 - 2,45	7 A/1 000 - 4,80

▲ Figure 49 : Carte des régions de neige

Les définitions des huit régions sont rappelées dans le (Tableau 25).

Région	Départements
A1	Aisne*, Ardennes*, Aube, Calvados, Cher, Côte-d'Or, Côtes-d'Armor, Eure, Eure-et-Loir, Finistère, Ille-et-Vilaine, Indre, Indre-et-Loire, Loir-et-Cher, Loire-Atlantique, Loiret, Maine-et-Loire, Manche, Marne, Haute-Marne, Mayenne, Meurthe-et-Moselle*, Meuse*, Morbihan, Moselle*, Nièvre, Nord*, Oise, Orne, Pas-de-Calais, Sarthe, Seine-Maritime, Deux-Sèvres, Somme, Vendée, Vienne, Yonne, Région Île-de-France, ville de Paris, Seine-et-Marne, Yvelines, Essonne, Hauts-de-Seine, Seine-Saint-Denis, Val-de-Marne, Val-d'Oise



Région	Départements
A2	Ain*, Allier, Alpes-Maritimes*, Ariège*, Aveyron, Bouches-du-Rhône, Cantal, Charente, Charente-Maritime, Corrèze, Haute-Corse, Corse-du-Sud, Creuse, Dordogne, Haute-Garonne*, Gers, Gironde, Landes, Loire, Haute-Loire, Lot, Lot-et-Garonne, Lozère, Puy-de-Dôme, Pyrénées-Atlantiques, Hautes-Pyrénées, Rhône, Saône-et-Loire*, Tarn*, Tarn-et-Garonne, Var*, Haute-Vienne
B1	Doubs*, Jura*, Meurthe-et-Moselle*, Moselle*, Bas-Rhin*, Haute-Saône*, Saône-et-Loire*, Vosges*
B2	Gard, Hérault*, Vaucluse*
C1	Aisne*, Alpes-Maritimes*, Alpes-de-Haute-Provence, Hautes-Alpes, Ardennes*, Doubs*, Jura*, Meurthe-et-Moselle*, Meuse*, Moselle*, Nord*, Bas-Rhin*, Haut-Rhin, Haute-Saône*, Vosges*
C2	Ain*, Ardèche, Ariège*, Aude*, Drôme, Haute-Garonne*, Hérault*, Isère, Pyrénées-Orientales*, Savoie*, Haute-Savoie*, Tarn*, Var*, Vaucluse*, Territoire de Belfort
D	Aude*, Pyrénées-Orientales*
E	Doubs*, Savoie*, Haute-Savoie*, Saint-Pierre-et-Miquelon
* Pour une partie du département. Voir le découpage par cantons dans le (Tableau 26).	

▲ Tableau 25 : Définition des régions de neige par département

Département	Région	Cantons <sup>1</sup>
01 Ain	A2	Bâgé-le-Châtel, Bourg-en-Bresse (tous les cantons), Chalamont, Châtillon-sur-Chalaronne, Coligny, Meximieux, Miribel, Montluel, Montrevel-en-Bresse, Péronnas, Pont-d'Ain, Pont-de-Vaux, Pont-de-Veyle, Reyrieux, Saint-Trivier-de-Courtes, Saint-Trivier-sur-Moignans, Thoisse, Trévoux, Villars-les-Dombes, Viriat
	C2	Tous les autres cantons
02 Aisne	C1	Aubenton, La Capelle, Hirson
	A1	Tous les autres cantons
06 Alpes-Maritimes	C1	Breil-sur-Roya, Guillaumes, Lantosque, Puget-Théniers, Roquebillière, Saint-Étienne-de-Tinée, Saint-Martin-Vésubie, Saint-Sauveur-sur-Tinée, Sospel, Tende, Villars-sur-Var
	A2	Tous les autres cantons
08 Ardennes	A1	Asfeld, Attigny, Buzancy, Château-Porcien, Chaumont-Porcien, Le Chesne, Grandpré, Juniville, Machault, Monthois, Novion-Porcien, Rethel, Tourteron, Vouziers
	C1	Tous les autres cantons
09 Ariège	C2	Ax-les-Thermes, Les Cabannes, Lavelanet, Mirepoix, Quérigut
	A2	Tous les autres cantons
11 Aude	C2	Belpech, Castelnaudary (tous les cantons), Fanjeaux, Salles-sur-l'Hers
	D	Tous les autres cantons
25 Doubs	B1	Audeux, Besançon (tous les cantons), Boussières, Marchaux
	E	Maîche, Montbenoît, Morteau, Pierrefontaine-les-Varans, Le Russey, Saint-Hippolyte
	C1	Tous les autres cantons
31 Haute-Garonne	C2	Revel
	A2	Tous les autres cantons
34 Hérault	C2	Béziers (tous les cantons), Capestang, Olonzac, Saint-Chinian, Saint-Pons-de-Thomières
	B2	Tous les autres cantons



Département	Région	Cantons <sup>1</sup>
39 Jura	B1	Chaussin, Chemin, Dampierre, Dole (tous les cantons), Gendrey, Montbarrey, Montmirey-le-Château, Rochefort-sur-Nonon
	C1	Tous les autres cantons
54 Meurthe-et-Moselle	B1	Arracourt, Baccarat, Bayon, Blâmont, Gerbéviller, Haroué, Lunéville (tous les cantons)
	C1	Badonviller, Cirey-sur-Vezouze
	A1	Tous les autres cantons
55 Meuse	C1	Montmédy, Stenay
	A1	Tous les autres cantons
57 Moselle	B1	Albestroff, Behren-lès-Forbach, Château-Salins, Dieuze, Fénétrange, Forbach, Freyming-Merlebach, Grostenquin, Réchicourt-le-Château, Rohrbach-lès-Bitche, Saint-Avold (tous les cantons), Sarralbe, Sarreguemines, Sarreguemines-Campagne, Stiring-Wendel, Vic-sur-Seille, Volmunster
	C1	Bitche, Lorquin, Phalsbourg, Sarrebourg
	A1	Tous les autres cantons
59 Nord	C1	Avesnes-sur-Helpe (tous les cantons), Hautmont, Maubeuge (tous les cantons), Solre-le-Château, Trélon
	A1	Tous les autres cantons
66 Pyrénées-Orientales	C2	Mont-Louis, Olette, Saillagouse
	D	Tous les autres cantons
67 Bas-Rhin	B1	Drulingen, Sarre-Union
	C1	Tous les autres cantons
70 Haute-Saône	C1	Champagney, Faucogney-et-la-Mer, Héricourt (tous les cantons), Lure (tous les cantons), Mélisey, Villersexel
	B1	Tous les autres cantons
71 Saône-et-Loire	B1	Beaurepaire-en-Bresse, Cuiseaux, Cuisery, Louhans, Montpont-en-Bresse, Montret, Pierre-de-Bresse, Saint-Germain-du-Bois, Tournus
	A2	Tous les autres cantons
73 Savoie	E	Aiguebelle, Aime, Albertville (tous les cantons), Beaufort, Bourg-Saint-Maurice, Bozel, Le Châtelard, La Chambre, Chamoux-sur-Gelon, Grésy-sur-Isère, Lanslebourg-Mont-Cenis, Modane, Moutiers, Saint-Jean-de-Maurienne, Saint-Michel-de-Maurienne, Saint-Pierre-d'Albigny, La Rochette, Ugine
	C2	Tous les autres cantons
74 Haute-Savoie	C2	Alby-sur-Chéran, Annemasse (tous les cantons), Boège, Cruseilles, Douvaine, Frangy, Reignier, Rumilly, Saint-Julien-en-Genevois, Seyssel
	E	Tous les autres cantons
81 Tarn	C2	Ourgnon, Labruguière, Mazamet (tous les cantons), Saint-Amans-Soult
	A2	Tous les autres cantons
83 Var	C2	Barjols, Besse-sur-Issole, Brignoles, Cotignac, Fréjus, Grimaud, Lorgues, Le Luc, Le Muy, Saint-Maximin-la-Sainte-Baume, Saint-Raphaël, Saint-Tropez
	A2	Tous les autres cantons
84 Vaucluse	C2	Valréas
	B2	Tous les autres cantons

Département	Région	Cantons <sup>1</sup>
88 Vosges	A2	Bulgnéville, Châtenois, Coussey, Lamarche, Mirecourt, Neufchâteau, Vittel
	B1	Bains-les-Bains, Bruyères, Charmes, Châtel-sur-Moselle, Darney, Dompierre, Épinal (tous les cantons), Monthureux-sur-Saône, Plombières-les-Bains, Rambervillers, Remiremont, Xertigny
	C2	Tous les autres cantons
1. Selon la carte administrative de la France, publiée par l'IGN, Paris 1997 (2 <sup>e</sup> édition).		

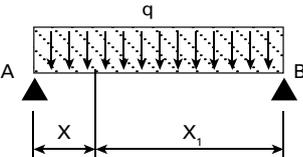
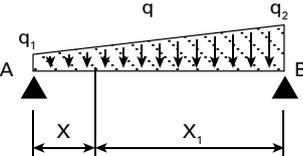
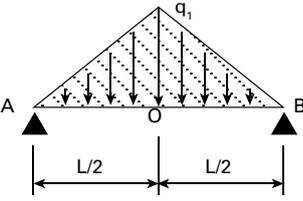
▲ **Tableau 26** : Départements appartenant à plusieurs régions de neige – découpage selon les cantons



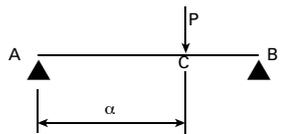
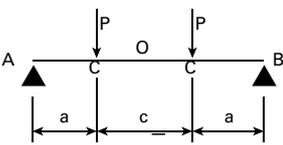
## ANNEXE C : DIMENSIONNEMENT DES OSSATURES

### Dimensionnement traverses et montants

Faute de calcul dans les Eurocodes, les éléments composant la verrière pourront être dimensionnés avec les formules de résistance de matériaux indiquées (Tableau 27) et (Tableau 28) :

Cas de charge	Flèche	Réaction d'appui	Moment
Poutre sur 2 appuis Charge uniformément répartie 	$v = -\frac{p}{24EI} \times (\ell - x)(\ell^2 + \ell x - x^2)$ $v_O = -\frac{5}{384} \frac{p\ell^4}{EI}$	$R_A = R_B = \frac{p\ell}{2}$	$M = \frac{px}{2}(\ell - x)$ $M_O = \frac{p\ell^2}{8}$
Poutre sur 2 appuis Charge trapézoïdale 	$v_x = \frac{1}{60L} [30(q_1 - q_2) \times x^2 - 60q_1 \times x + 3(7q_1 + 3q_2)L^2]$	$R_A = \frac{7q_1 + 3q_2}{20} \times L$ $R_B = \frac{3q_1 + 7q_2}{20} \times L$	$M_A = \frac{3q_1 + 2q_2}{60} \times L^2$ $M_B = \frac{2q_1 + 3q_2}{60} \times L^2$
Poutre sur 2 appuis Charge triangulaire 	$A \text{ à } O : v = -\frac{p_1 x}{960EI\ell} (25\ell^4 - 40\ell^2 x^2 + 16x^4)$ $O \text{ à } B : v = -\frac{p_1 x_1}{960EI\ell} (25\ell^4 - 40\ell^2 x_1^2 + 16x_1^4)$ $v_O = -\frac{p_1 \ell^4}{120EI}$	$R_A = R_B = \frac{p_1 \ell}{4}$	$A \text{ à } O : M = \frac{p_1 \ell}{4} x - \frac{p_1 x^3}{3\ell}$ $O \text{ à } B : M = \frac{p_1 \ell}{4} x_1 - \frac{p_1 x_1^3}{3\ell}$ $M_O = \frac{p_1 \ell^2}{12}$

▲ Tableau 27 : Formule pour le dimensionnement des traverses

Cas de charge	Flèche	Réaction d'appui	Moment
	$A \text{ à } C : v = -\frac{Px(\ell - \alpha)}{6EI\ell} [\alpha(2\ell - \alpha) - x^2]$ $C \text{ à } B : v = -\frac{P\alpha(\ell - x)}{6EI\ell} [x(2\ell - x) - \alpha^2]$ $v_C = -\frac{P\alpha^2(\ell - \alpha)^2}{3EI\ell}$ $\alpha > \frac{\ell}{2} : v_{\max} = -\frac{P(\ell - \alpha)}{27EI\ell} \sqrt{3[\alpha(2\ell - \alpha)]^3}$ $\alpha < \frac{\ell}{2} : v_{\max} = -\frac{P\alpha}{27EI\ell} \sqrt{3(\ell^2 - \alpha^2)^3}$	$R_A = P \left(1 - \frac{\alpha}{\ell}\right)$ $R_B = P \frac{\alpha}{\ell}$	$A \text{ à } C : M = P \frac{x(\ell - \alpha)}{\ell}$ $C \text{ à } B : M = P \frac{\alpha(\ell - x)}{\ell}$ $M_C = P \frac{\alpha(\ell - \alpha)}{\ell}$
<p>Poutre sur 2 appuis Charges ponctuelles</p> 	$A \text{ à } C : v = -\frac{Px}{6EI} [3a(\ell - a) - x^2]$ $C \text{ à } C' : v = -\frac{Pa}{6EI} [-a^2 + 3\ell x - 3x^2]$ $v_O = -\frac{Pa}{24EI} (3\ell^2 - 4a^2)$ $v_C = v'_{C'} = -\frac{Pa^2}{6EI} (3\ell - 4a)$ $C' \text{ à } B : v = -\frac{Px_1}{6EI} [3a(\ell - a) - x_1^2]$	$R_A = R_B = P$	$A \text{ à } C : M = Px$ $C \text{ à } C' : M = Pa$ $C' \text{ à } B : M = P(\ell - x)$ $M_C = M_{C'} = Pa$

▲ Tableau 28 : Formule pour le dimensionnement des montants

**Note**

La charge P est à considérer pondérée ou non pondérée en fonction des cas calculés. Par exemple, un calcul de flèche est réalisé aux états limites de service et une vérification de contrainte est réalisée aux états limites ultimes.



## ANNEXE D : DIMENSIONNEMENT DES REMPLISSAGES VERRIERS

Les vitrages peuvent être dimensionnés suivant la NF DTU 39 P4.

En l'absence de calculs selon la NF DTU 39 P4, les éléments verriers composant la verrière pourront être dimensionnés avec les formules suivantes :

### Cas des vitrages simples monolithiques

L'épaisseur minimale d'un vitrage sera la plus grande des valeurs obtenues par application des formules ci-dessous :

$$e_{\min} = \sqrt[3]{\frac{\alpha q_s \ell^4}{f}} \quad \text{soit} \quad e_{\min} = \sqrt[3]{60 \alpha q_s \ell^3 \cdot 10^{-3}}$$

$$e_{\min} = \sqrt{\frac{\beta q_u \ell^2}{\sigma}}$$

où :

- $\sigma$  est la contrainte caractéristique donnée dans le (Tableau 29) ;
- $\alpha$  et  $\beta$  sont donnés dans le (Tableau 30) ;
- $q_s$  et  $q_u$  sont les charges exprimées dans le (Tableau 32) et le (Tableau 33).

### Cas des vitrages feuilletés

L'épaisseur équivalente minimale du vitrage sera déterminée par application de la formule :

$$e_{\min} = \sqrt[3]{\frac{\alpha q_s \ell^4}{f}} \quad \text{soit} \quad e_{\min} = \sqrt[3]{60 \alpha q_s \ell^3 \cdot 10^{-3}}$$

La convenance d'une composition d'un feuilleté est vérifiée :

- par les relations :

$$e_{\min} = \sqrt[3]{\frac{\alpha q_s \ell^4}{f}} \quad \text{soit} \quad e_{\min} = \sqrt[3]{60 \alpha q_s \ell^3 \cdot 10^{-3}}$$

- $\varepsilon = 0,2$  pour intercalaire des vitrages feuilletés de sécurité ;
- $\varepsilon = 0$  sinon ;

#### Note

D'autres expressions de l'épaisseur équivalente peuvent être données dans les Avis Techniques ou les documents techniques d'application.

- et par la détermination des contraintes dans chaque composant selon les formules ci-dessous :

$$\sigma_1 = \beta q_u \ell^2 \frac{e_1}{e_{eq}^3} \left( 1 + \frac{(e_1 + e_2)^2}{15 e_1^2} \right)$$

$$\sigma_2 = \beta q_u \ell^2 \frac{e_2}{e_{eq}^3} \left( 1 + \frac{(e_1 + e_2)^2}{15 e_2^2} \right)$$

où :

- $\sigma_1$  et  $\sigma_2$  devant être inférieures aux contraintes caractéristiques des verres données dans le (Tableau 29) ;
- $\alpha$  et  $\beta$  sont donnés dans le (Tableau 30) ;
- $q_s$  et  $q_u$  sont les charges exprimées dans le (Tableau 32) et le (Tableau 33).

## Cas des vitrages feuilletés comportant plus de deux composants

Dans le cas des vitrages feuilletés comportant  $n$  composants ( $n > 2$ ) ayant chacun une épaisseur minimale de fabrication  $e_1, e_2, \dots, e_i, \dots, e_n$ , on définit de la même manière :

- l'épaisseur équivalente :

$$e_{eq} = \sqrt[3]{\sum_{i=1}^n (e_i^3) + \varepsilon \left( \sum_{i=1}^n e_i \right)^3}$$

- $\varepsilon = 0,2$  pour intercalaire des vitrages feuilletés de sécurité ;
- $\varepsilon = 0$  sinon ;
- – la flèche au centre du vitrage :

$$f = \frac{\alpha q_s \ell^4 10^{-3}}{e_{eq}^3} \text{ avec } f \leq \frac{\ell \cdot 10^{-3}}{60}$$

- – la contrainte dans chaque composant :

$$\sigma_i = \beta q_u \ell^2 \frac{e_i}{e_{eq}^3} \left( 1 + \frac{(\sum_{i=1}^n e_i)^2}{15 e_i^2} \right)$$

Les contraintes  $\sigma_i$  doivent être inférieures aux contraintes caractéristiques données dans le (Tableau 29).

Type de vitrage	Combinaisons		
	G	G + S ou G + Sa ou G + W + S	G + W
Recuit	9	12	20
Trempé	60	60	70
Trempé imprimé	40	40	50
Trempé émaillé	30	30	40
Durci	25	30	35



Type de vitrage	Combinaisons		
	G	G + S ou G + Sa ou G + W + S	G + W
Durci imprimé	15	20	25
Durci émaillé	9	12	20

▲ **Tableau 29** : Contraintes de calcul maximales en fonction du type de verre et des combinaisons d'actions

Rapport longueur sur largeur (L/l)	Flèche $\alpha$	Contrainte $\beta$
1,0	0,669	0,285
1,1	0,801	0,332
1,2	0,930	0,376
1,3	1,052	0,418
1,4	1,166	0,456
1,5	1,271	0,491
1,6	1,367	0,523
1,7	1,454	0,522
1,8	1,533	0,577
1,9	1,604	0,600
2,0	1,667	0,621
2,5	1,892	0,693
3,0	2,013	0,731
4,0	2,110	0,761
5,0	2,135	0,769
> 5,0	2,143	0,771

▲ **Tableau 30** : Valeurs des coefficients  $\alpha$  et  $\beta$  pour  $v=0.2$  pour un vitrage en appuis libres continus sur quatre côtés

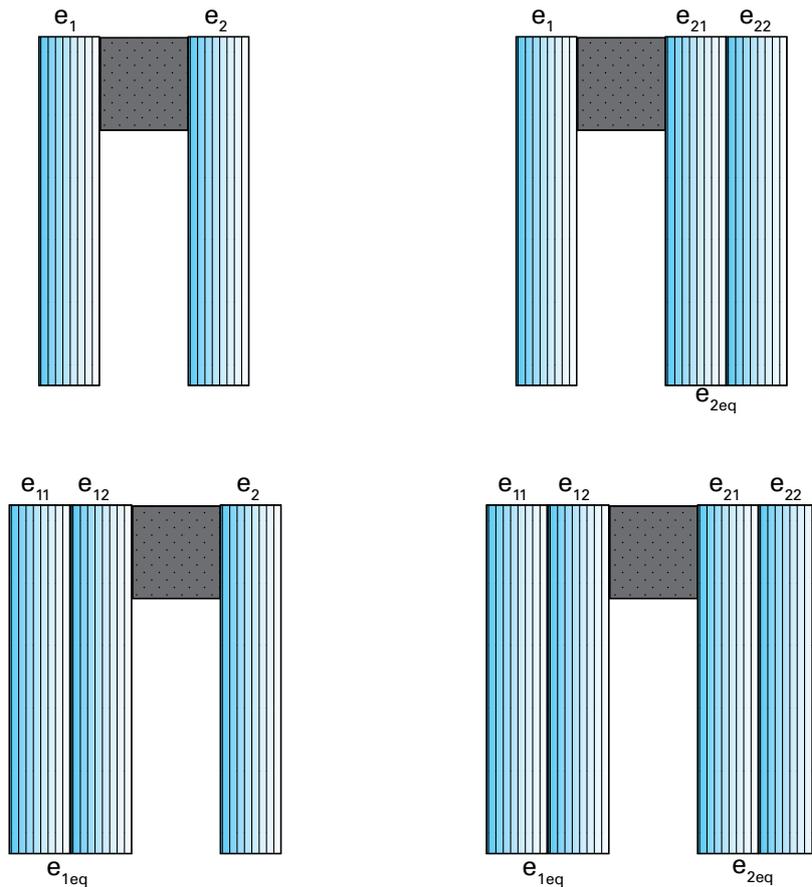
## Dimensionnement des vitrages isolants au regard des charges climatiques et du poids propre

### Méthode de calcul

Si les compositions verrières ne sont pas prédéfinies, la première étape consiste en un prédimensionnement de l'épaisseur totale du vitrage et des épaisseurs individuelles de ses composants. Pour ce faire, les formules simplifiées ci-dessous peuvent être utilisées :

- Pour  $L / \ell \leq 2,5$   $e_{Tmin} = 1,5 \sqrt{\frac{L \cdot \ell \cdot q_u}{93}}$  Et  $e_T = e_1 + e_2 \geq e_{Tmin}$
- Pour  $L / \ell > 2,5$   $e_{Tmin} = \frac{1,5 \cdot \ell}{6} \sqrt{q_u}$

où la charge  $q_u$  est définie dans le (Tableau 33) et le (Tableau 34).



Convention de repérage des composants verriers

▲ Figure 50 : Convention de repérage des composants verriers

La seconde étape consiste à satisfaire aux deux exigences ci-dessous :

- Critère de flèche à l'ELS où dans ce cas :

Vitrage	Extérieur	Intérieur
Monolithique	$f_1 = \frac{\alpha \cdot q_{1s} \ell^4}{e_1^3}$	$f_2 = \frac{\alpha \cdot q_{2s} \ell^4}{e_2^3}$
Feuilleté	$f_1 = \frac{\alpha \cdot q_{1s} \ell^4}{e_{1eq}^3}$	$f_2 = \frac{\alpha \cdot q_{2s} \ell^4}{e_{2eq}^3}$

Les charges  $q_{1s}$  et  $q_{2s}$  sont exprimées (Tableau 33).

▲ Tableau 31 : Calcul des flèches

- Critère de résistance à l'ELU où dans ce cas :

Vitrage	Extérieur	Intérieur
Monolithique	$\sigma_1 = \frac{\beta q_{1u} \ell^2}{e_1^2}$	$\sigma_2 = \frac{\beta q_{2u} \ell^2}{e_2^2}$





Vitrage	Extérieur	Intérieur
Feuilleté	$\sigma_{11} = \beta q_{1u} l^2 \frac{e_{11}}{e_{1eq}^3} \left( 1 + \frac{(e_{11} + e_{12})^2}{15 e_{11}^2} \right)$ $\sigma_{12} = \beta q_{1u} l^2 \frac{e_{12}}{e_{1eq}^3} \left( 1 + \frac{(e_{11} + e_{12})^2}{15 e_{12}^2} \right)$	$\sigma_{21} = \beta q_{2u} l^2 \frac{e_{21}}{e_{2eq}^3} \left( 1 + \frac{(e_{21} + e_{22})^2}{15 e_{21}^2} \right)$ $\sigma_{22} = \beta q_{2u} l^2 \frac{e_{22}}{e_{2eq}^3} \left( 1 + \frac{(e_{21} + e_{22})^2}{15 e_{22}^2} \right)$

Les charges  $q_{1u}$  et  $q_{2u}$  sont exprimées (Tableau 34).

▲ Tableau 32 : Calcul des contraintes

## Combinaison de charges

La charge  $q_s$  à prendre en compte à l'ELS correspond au cas le plus défavorable des combinaisons d'action ci-dessous :

Combinaison	Charge sur vitrage extérieur	Charge sur vitrage intérieur
Poids propre + neige	$q_{1s} = G_1 \cdot \cos\theta + S \cdot \cos^2\theta -$ $\frac{1}{2} \left( S \cdot \cos^2\theta + (G_1 - G_2) \cos\theta \right) \cdot \delta \cdot \varepsilon \cdot \gamma \cdot \varphi$	$q_{2s} = G_2 \cdot \cos\theta +$ $\frac{1}{2} \left( S \cdot \cos^2\theta + (G_1 - G_2) \cos\theta \right) \cdot \delta \cdot \varepsilon \cdot \gamma \cdot \varphi$
Poids propre + vent - action descendante - action ascendante	$q_{1s} = G_1 \cdot \cos\theta + \frac{W}{1,2} -$ $\left( \frac{W}{2,4} + \frac{1}{2} (G_1 - G_2) \cdot \cos\theta \right) \cdot \delta \cdot \varepsilon \cdot \gamma \cdot \varphi$ $q_{1s} = G_1 \cdot \cos\theta - \frac{W}{1,2}$ $\left( \frac{1}{2} (G_1 - G_2) \cdot \cos\theta - \frac{W}{2,4} \right) \cdot \delta \cdot \varepsilon \cdot \gamma \cdot \varphi$	$q_{2s} = G_2 \cdot \cos\theta + \left( \frac{W}{2,4} + \frac{1}{2} (G_1 - G_2) \cdot \cos\theta \right) \cdot \delta \cdot \varepsilon \cdot \gamma \cdot \varphi$ $q_{2s} = G_2 \cdot \cos\theta + \left( \frac{1}{2} (G_1 - G_2) \cdot \cos\theta - \frac{W}{2,4} \right) \cdot \delta \cdot \varepsilon \cdot \gamma \cdot \varphi$
Poids propre + neige + vent	$q_{1s} = G_1 \cdot \cos\theta + 0,9 \left( S \cdot \cos^2\theta + \frac{W}{1,2} \right) -$ $\left( 0,45 \cdot \left( S \cdot \cos^2\theta + \frac{W}{1,2} \right) + \frac{1}{2} (G_1 - G_2) \cdot \cos\theta \right) \cdot \delta \cdot \varepsilon \cdot \gamma \cdot \varphi$	$q_{2s} = G_2 \cdot \cos\theta +$ $\left( 0,45 \cdot \left( S \cdot \cos^2\theta + \frac{W}{1,2} \right) + \frac{1}{2} (G_1 - G_2) \cdot \cos\theta \right) \cdot \delta \cdot \varepsilon \cdot \gamma \cdot \varphi$

Note : le coefficient 1,2 conventionnel est destiné à compenser l'écart entre les charges caractéristiques à l'ELS et la charge de vent normal.

▲ Tableau 33 : Combinaisons à l'ELS

La charge  $q_u$  à prendre en compte à l'ELU correspond au cas le plus défavorable des combinaisons d'action ci-dessous et tenant compte de la durée de ces actions :



Combinaison	Charge sur le vitrage extérieur	Charge sur le vitrage intérieur
Poids propre + neige	$q_{1u} = (1,35.G_1 \cos\theta + 1,5 S \cos^2\theta) - \frac{1}{2}(1,35(G_1 - G_2) + 1,5 S \cos\theta) \cos\theta \cdot \delta \cdot \varepsilon \cdot \gamma \cdot \phi$	$q_{2u} = 1,35.G_2 \cdot \cos\theta + \frac{1}{2}(1,35.(G_1 - G_2) + 1,5 S \cos\theta) \cos\theta \cdot \delta \cdot \varepsilon \cdot \gamma \cdot \phi$
Poids propre + vent : - action descendante - action ascendante	$q_{1u} = 1,35.G_1 \cdot \cos\theta + 1,5.W - \frac{1}{2}(1,5.W + 1,35.(G_1 - G_2) \cos\theta) \cdot \delta \cdot \varepsilon \cdot \gamma \cdot \phi$ $q_{1u} = G_1 \cdot \cos\theta - 1,5.W - \frac{1}{2}((G_1 - G_2) \cos\theta - 1,5.W) \cdot \delta \cdot \varepsilon \cdot \gamma \cdot \phi$	$q_{2u} = 1,35.G_2 \cdot \cos\theta + \frac{1}{2}(1,5.W + 1,35.(G_1 - G_2) \cos\theta) \cdot \delta \cdot \varepsilon \cdot \gamma \cdot \phi$ $q_{2u} = G_2 \cdot \cos\theta - \frac{1}{2}((G_1 - G_2) \cos\theta - 1,5.W) \cdot \delta \cdot \varepsilon \cdot \gamma \cdot \phi$
Poids propre + neige + vent	$q_{1u} = 1,35(G_1 \cos\theta + S \cos^2\theta + W) - \frac{1,35}{2}[(G_1 - G_2) \cos\theta + S \cos^2\theta + W] \cdot \delta \cdot \varepsilon \cdot \gamma \cdot \phi$	$q_{2u} = 1,35.G_2 \cos\theta + \frac{1,35}{2}[(G_1 - G_2) \cos\theta + S \cos^2\theta + W] \cdot \delta \cdot \varepsilon \cdot \gamma \cdot \phi$

$\theta$  étant l'inclinaison du vitrage par rapport à l'horizontale.

▲ Tableau 34 : Combinaisons à l'ELU

avec :

- G1 : poids propre du vitrage extérieur ;
- G2 : poids propre du vitrage intérieur.

Dans les tableaux précédents, les coefficients  $\delta$ ,  $\varepsilon$ ,  $\gamma$  et  $\phi$  permettant de calculer la variation de pression dans la lame d'air sont fonction de l'épaisseur des verres, de l'épaisseur de la lame d'air, du rapport  $L/\ell$  et de la rigidité du verre extérieur.

### Cas des triples vitrages

La répartition des charges sur chaque verre s'effectue en fonction de la rigidité des vitrages, soit :

$$P_i = P \left( \frac{e_i^3}{\sum_j e_j^3} \right)$$

Les coefficients de pondération des charges, les combinaisons de charges et le calcul des épaisseurs équivalentes pour les vitrages feuilletés sont inchangés.

Dans les tableaux précédents, les coefficients  $\delta$ ,  $\varepsilon$ ,  $\gamma$  et  $\rho$  permettant de calculer la variation de pression dans la lame d'air sont fonction de l'épaisseur des verres, de l'épaisseur de la lame d'air, du rapport  $L/\ell$  et de la rigidité du verre extérieur.

Ces coefficients sont donnés dans les tableaux ci-après.

La méthode générale de détermination de la variation de pression dans la lame d'air est donnée en annexe B du Cahier CSTB n° 3488-V2.

Verre extérieur	4	5	6	44-2	55-2	8	66-2	10	12	88-2	15	10.10-2
4	1	1,323	1,543	1,608	1,773	1,778	1,859	1,880	1,929	1,937	1,963	1,967
5	0,677	1	1,267	1,354	1,599	1,608	1,743	1,778	1,865	1,880	1,929	1,936
6	0,457	0,733	1	1,097	1,396	1,407	1,593	1,645	1,778	1,801	1,880	1,891
44-2	0,392	0,646	0,903	1	1,311	1,323	1,527	1,585	1,737	1,764	1,856	1,870
55-2	0,227	0,401	0,604	0,689	1	1,013	1,259	1,335	1,552	1,594	1,743	1,766
8	0,222	0,392	0,593	0,677	0,987	1	1,246	1,323	1,543	1,585	1,737	1,760
66-2	0,141	0,257	0,407	0,473	0,741	0,754	1	1,083	1,342	1,396	1,599	1,632
10	0,120	0,222	0,355	0,415	0,665	0,677	0,917	1	1,267	1,324	1,543	1,580
12	0,071	0,135	0,222	0,263	0,448	0,457	0,658	0,733	1	1,062	1,323	1,370
88-2	0,063	0,120	0,199	0,236	0,406	0,415	0,604	0,676	0,938	1	1,266	1,315
15	0,037	0,071	0,120	0,144	0,257	0,263	0,401	0,457	0,677	0,734	1	1,054
10.10-2	0,033	0,064	0,109	0,130	0,234	0,240	0,368	0,420	0,630	0,685	0,946	1

▲ Tableau 35 : Coefficient  $\delta$ . Influence de l'épaisseur des verres

Rapport $L/\ell$									
$\ell$	1	1.2	1.4	1.6	1.8	2	2.5	3	> 3
0,6	0,822	0,864	0,890	0,906	0,916	0,922	0,934	0,940	1
0,7	0,898	0,924	0,940	0,948	0,954	0,958	0,964	0,968	1
0,8	0,938	0,956	0,964	0,970	0,974	0,976	0,980	0,982	1
0,9	0,962	0,972	0,978	0,982	0,984	0,986	0,988	0,988	1
1	0,976	0,982	0,986	0,988	0,990	0,990	0,992	0,994	1
1,2	0,984	0,988	0,990	0,994	0,996	0,996	0,996	0,998	1
1,4	0,994	0,996	0,998	0,998	0,998	0,998	0,998	1	1
1,6	1	1	1	1	1	1	1	1	1

▲ Tableau 36 : Coefficient  $\epsilon$ . Influence du rapport  $L/\ell$

Épaisseur de la lame d'air										
$\ell$	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
0,6	1	0,944	0,893	0,847	0,808	0,769	0,735	0,705	0,676	0,650
0,7	1	0,966	0,935	0,906	0,877	0,853	0,828	0,806	0,784	0,764
0,8	1	0,981	0,962	0,942	0,923	0,906	0,889	0,874	0,859	0,844
0,9	1	0,987	0,975	0,962	0,950	0,937	0,927	0,915	0,904	0,894
1	1	0,990	0,981	0,973	0,965	0,957	0,951	0,943	0,934	0,926
1,2	1	0,996	0,992	0,988	0,984	0,980	0,976	0,972	0,968	0,966
1,4	1	0,998	0,996	0,994	0,992	0,990	0,988	0,986	0,982	0,980
1,6	1	0,999	0,995	0,994	0,990	0,992	0,992	0,990	0,988	0,988
1,8	1	1	1	0,996	0,996	0,995	0,995	0,994	0,994	0,994
2	1	1	1	1	1	0,996	0,996	0,996	0,996	0,994
> 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

▲ Tableau 37 : Coefficient  $\gamma$ . Influence de l'épaisseur de la lame d'air

Verre extérieur										
$\ell$	$\leq 6$	44-2	55-2	8	66-2	10	12	88-2	15	10.10.2
0,6	1	1	0,907	0,948	0,812	0,785	0,603	0,58	0,409	0,389
0,7	1	1	0,939	0,965	0,875	0,853	0,702	0,676	0,508	0,482
0,8	1	1	0,961	0,977	0,916	0,902	0,784	0,761	0,61	0,586
0,9	1	1	0,974	0,985	0,943	0,934	0,845	0,829	0,703	0,679
1	1	1	0,986	0,992	0,962	0,95	0,889	0,876	0,776	0,757
1,2	1	1	0,992	1,006	0,98	0,976	0,943	0,935	0,874	0,859
1,4	1	1	0,996	0,998	0,99	0,986	0,968	0,963	0,928	0,919
1,6	1	1	1	1	0,995	0,993	0,98	0,978	0,957	0,949
1,8	1	1	1	1	0,998	0,997	0,989	0,988	0,972	0,968
2	1	1	1	1	1	0,998	0,992	0,99	0,98	0,976
> 2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

▲ Tableau 38 : Coefficient  $\varphi$ . Influence de la rigidité du verre extérieur

## ANNEXE E : RÉSISTANCE DES VERRIÈRES VIS-À-VIS DES SÉISMES

### Avant-propos

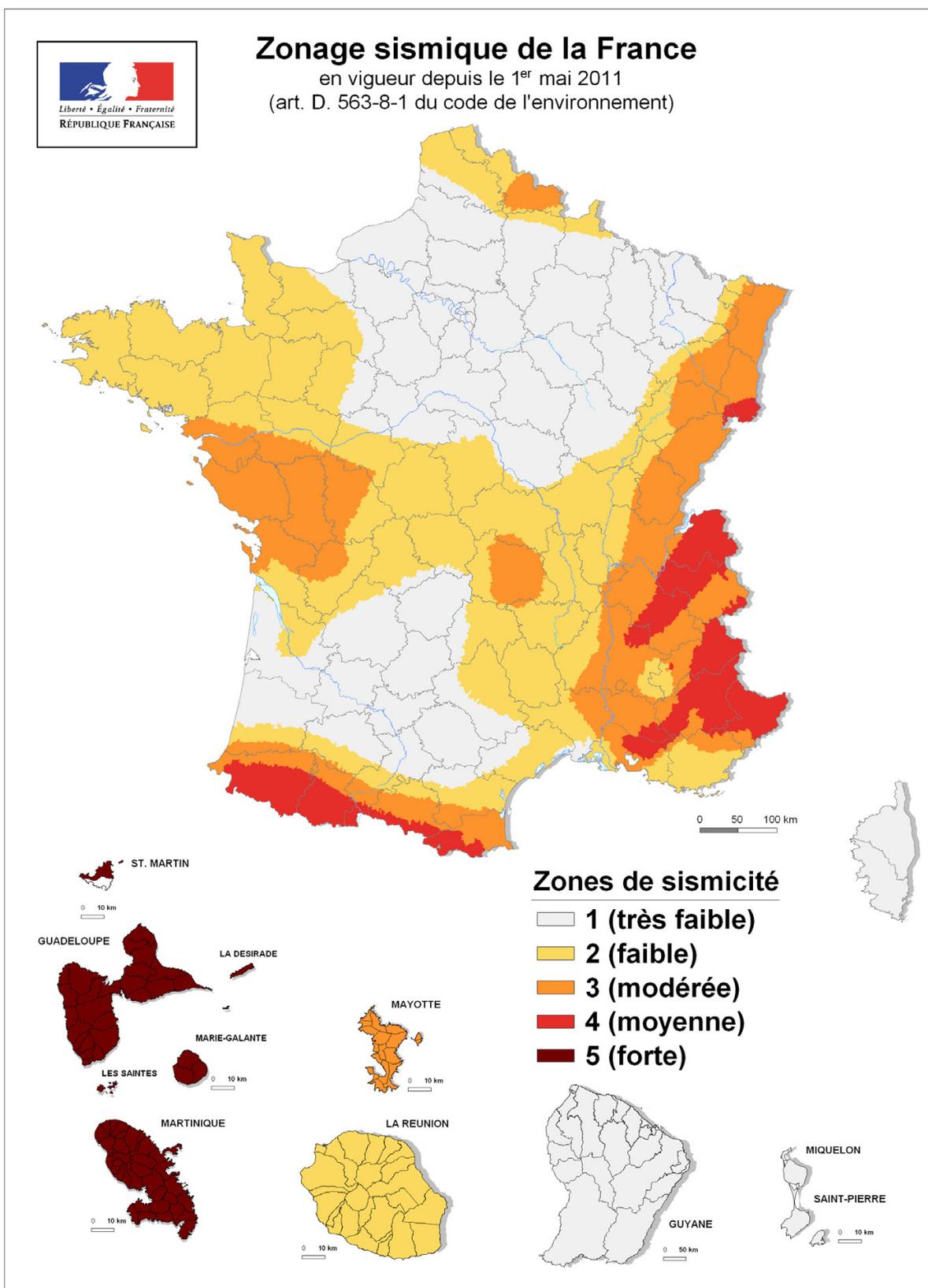
Cette annexe fait suite à la publication des décrets et arrêtés du 22 octobre 2010 qui rend l'Eurocode 8 applicable depuis le 1<sup>er</sup> mai 2011.

Il se base sur l'Eurocode 8 (la NF EN 1998-1 et son annexe nationale la NF EN 1998 1 NA) et, en particulier, le paragraphe 4.3.5 relatif aux éléments non structuraux, sur l'expérience acquise par les règles PS92 et sur des essais en vraie grandeur.

Il ne traite pas des mesures préventives spécifiques, à définir dans les documents particuliers du marché, qui peuvent être appliquées aux bâtiments, équipements et installations de catégorie IV pour garantir la continuité de leur fonctionnement en cas de séisme.



# Carte des zones sismiques



Source MEDDE

▲ Figure 51 : Carte des zones sismiques



Zone	Aléa	Accélération de référence a <sub>gr</sub>
1	Très faible	0,4
2	Faible	0,7
3	Modéré	1,1
4	Moyen	1,6
5	Fort	3

▲ Tableau 39 : Accélération en fonction de la zone sismique

Catégorie d'importance du bâtiment	Type de bâtiments	Coefficient
I	Bâtiments sans activité humaine durable	0,8
II	Habitations individuelles, ERP 4 <sup>e</sup> et 5 <sup>e</sup> catégories (sauf établissements scolaires), bâtiments habitation collective (≤ 28 m), bâtiment bureaux et usage commercial non ERP (≤ 28 m, ≤ 300 personnes), bâtiment activité industrielle (≤ 300 personnes)	1
III	Établissements scolaires, ERP 1 <sup>er</sup> , 2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup> catégories, bâtiments habitation collective (> 28 m), bâtiment bureaux (> 28 m), bâtiment usage commercial non ERP (> 300 personnes), bâtiment activité industrielle (> 300 personnes), bâtiments sanitaires et sociaux, bâtiments production énergie	1,2
IV	Bâtiments sécurité civile et défense, bâtiments services communication, bâtiments circulation aérienne, établissements santé, bâtiments eau potable, bâtiments distribution énergie, bâtiments centres météorologiques	1,4

▲ Tableau 40 : Catégories de bâtiments

## Domaine d'application

Il concerne les verrières installées sur des bâtiments neufs ou existants soumis à l'aléa sismique définis dans le (Tableau 41).

Zones de sismicité	Catégories d'importance de bâtiment			
	I	II	III	IV
Zone 1	non	non	non	non
Zone 2	non	non	oui	oui
Zone 3	non	oui	oui	oui
Zone 4	non	oui	oui	oui
Zone 5	non	oui	oui	oui

▲ Tableau 41 : Prise en compte de l'aléa sismique

En complément, les cas particuliers ci-dessous sont dispensés des dispositions de la présente fiche :

- en zone de sismicité 2 : pour les établissements scolaires remplissant les conditions du paragraphe 1.1 des règles de construction parasismiques PS-MI 89 révisées 92 (NF P06-014) ;

- en zones de sismicité 3 et 4 : pour les bâtiments de catégorie d'importance II remplissant les conditions du paragraphe 1.1 des règles de construction parasismiques PS-MI 89 révisées 92 (NF P06-014) ;
- en zone de sismicité 5 : pour les maisons individuelles appartenant à la catégorie d'importance II remplissant les conditions des règles CP-MI Antilles.

## Conditions d'application

### Limitation des déplacements de l'ossature primaire

#### *Bâtiment neuf*

La limite de déplacement entre deux appuis de la verrière est fixée à :

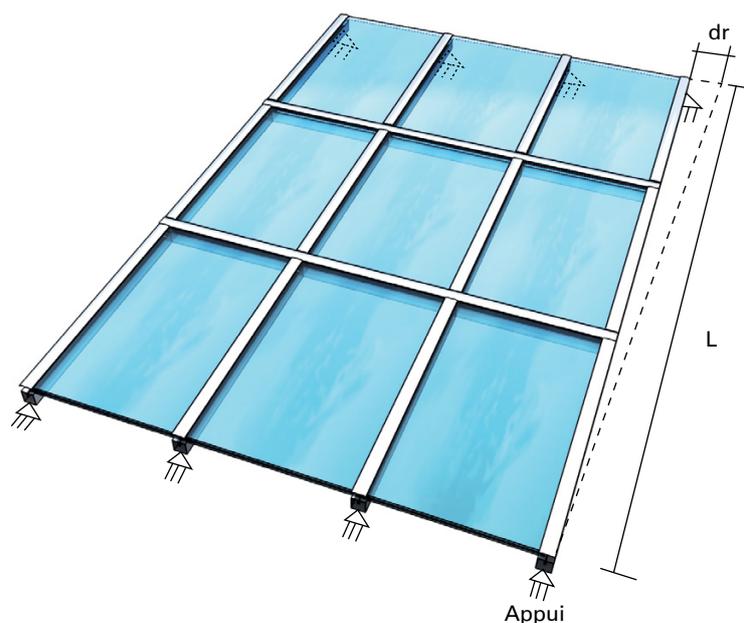
$$dr \cdot v \leq 0,005 \cdot L$$

avec  $v = 0,4$  selon l'arrêté du 22 octobre 2010, soit :

$$dr \leq 1,25 \cdot L/100$$

avec :

- $dr$  : le déplacement de calcul entre appuis ;
- $L$  : la longueur du chevron entre appuis ;
- $v$  : le coefficient de réduction pour prendre en compte une plus petite période de retour de l'action sismique associée à l'exigence de limitation des dommages.



▲ Figure 52 : Déplacement entre deux appuis de la verrière

## Bâtiment existant

Les déformations entre niveaux sont considérées comme acceptables pour la mise en œuvre des verrières.

### Remarque

Un bâtiment non conçu parasismique peut présenter (du moins jusqu'à sa rupture) une raideur plus importante que celle d'un bâtiment conçu pour dissiper l'énergie sismique en exploitant les qualités ductiles de ses éléments de structure.

### Détermination de l'action sismique

Les effets de l'action sismique sont déterminés en appliquant une force  $F_a$  horizontale située au centre de gravité de l'élément et orientée soit dans son plan  $F_{a1}$ , parallèle aux traverses, soit hors plan  $F_{a2}$ .

La force  $F_a = F_{a1} = F_{a2}$  (daN) est donnée par la formule :

$$F_a = (5,5 \cdot \gamma_1 \cdot S \cdot \alpha_{gr}/g) \cdot (W_a/q_a)$$

$$= K_a \cdot (W_a/q_a)$$

avec :

- $\alpha_{gr}$  : l'accélération maximale de référence au niveau du sol de classe A en  $m/s^2$  ;
- $\gamma_1$  : le coefficient d'importance du bâtiment ;
- S : le paramètre du sol ;
- $W_a$  : le poids de l'élément en daN ;
- $q_a$  : le coefficient de comportement de l'élément non structural pris égal à 2 pour les systèmes constitués uniquement de chevrons et de traverses assemblés mécaniquement, sinon  $q_a = 1$  ;
- g : l'accélération de l'apesanteur pris égale à  $9,81 m/s^2$  ;
- $K_a$  : le coefficient dont les valeurs sont données dans le (Tableau 42).

	Calculs de $K_a = 5,5 \times \gamma_i \times s \times \alpha_{gr}/g$			Classe de sol	
	Catégorie d'importance de bâtiment				
	II	III	IV		
Zones de sismicité	Coefficient d'importance $\gamma_i$			Classe de sol	S
	1	1,2	1,4		
<b>2 (faible)</b> $a_{gr}(ms^{-2}) = 0,7$ $(ms^{-2}) = 0,7$		0,47	0,55	A	1
		0,64	0,74	B	1,35
		0,71	0,82	C	1,5
		0,75	0,88	D	1,6
		0,85	0,99	E	1,8
<b>3 (modérée)</b> $a_{gr}(ms^{-2}) = 1,1$	0,62	0,74	0,86	A	1
	0,83	1,00	1,17	B	1,35
	0,93	1,11	1,30	C	1,5
	0,99	1,18	1,38	D	1,6
	1,11	1,33	1,55	E	1,8



	Calculs de $K_a = 5,5 \times \gamma_i \times s \times \text{agr/g}$				
	Catégorie d'importance de bâtiment				
	II	III	IV		
Zones de sismicité	Coefficient d'importance $\gamma_i$			Classe de sol	S
	1	1,2	1,4		
<b>4 (moyenne)</b> $a_{gr} \text{ (ms}^{-2}\text{)} = 1,6$	0,90	1,08	1,26	A	1
	1,21	1,45	1,70	B	1,35
	1,35	1,61	1,88	C	1,5
	1,44	1,72	2,01	D	1,6
	1,61	1,94	2,26	E	1,8
<b>5 (forte)</b> $a_{gr} \text{ (ms}^{-2}\text{)} = 3$	1,68	2,02	2,35	A	1
	2,02	2,42	2,83	B	1,2
	1,93	2,32	2,71	C	1,15
	2,27	2,72	3,18	D	1,35
	2,35	2,83	3,30	E	1,4

▲ Tableau 42 : Valeurs de  $K_a$ **Note**

Cette formule est obtenue à partir de la formule de l'Eurocode 8, paragraphe 4.3.5 en appliquant les conditions les plus défavorables, soit la période propre de l'élément égale à la période propre du bâtiment ( $T_a = T_1$ ) et la position de l'élément en haut du bâtiment ( $Z = H$ ).

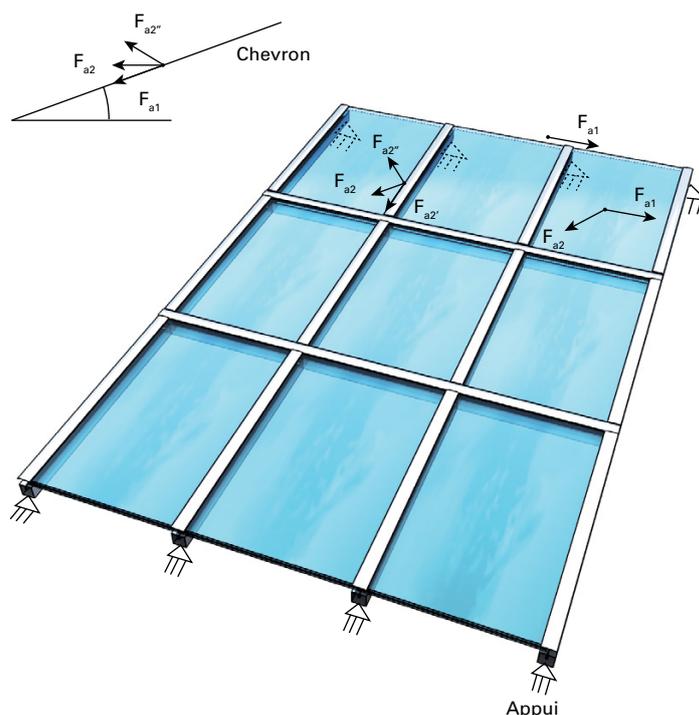
**Note**

La valeur  $q_a = 2$  résulte de la conception des façades légères confirmée par les essais réalisés en vraie grandeur. En effet les liaisons au gros œuvre, d'une part, et entre montant et traverse, d'autre part, ne sont jamais des encastremements ni des articulations parfaites. La mise en parallélogramme des ossatures n'est possible que par un comportement ductile des assemblages et par les dispositions prises pour éviter les contacts durs entre les remplissages verriers (joints EPDM, cales synthétiques, jeux de fonctionnement, etc.). Les remplissages verriers étant constitués de matériaux fragiles, les déformations sont limitées aux valeurs indiquées dans [Conditions d'application].

Pour les bâtiments existants, et en l'absence de précision sur la nature du sol dans les DPM, la force  $F_a$  est calculée en considérant un sol de classe E.

La vérification de l'aléa sismique est appliquée en combinant l'action sismique et le poids propre sans pondération, ce qui conduit aux trois combinaisons suivantes,  $\alpha$  étant l'angle de la verrière avec l'horizontale :

- $F_{a1}$  (effort horizontal parallèle à la traverse) ;
- $F_{a2'} = Fa2.\cos\alpha + G.\sin\alpha$  (effort parallèle au chevron) ;
- $F_{a2''} = Fa2.\sin\alpha + G.\cos\alpha$  (effort perpendiculaire au chevron).



▲ Figure 53 : Schéma des efforts sismiques

## Dimensionnement des éléments

### Ancrage de la verrière à l'ossature primaire

L'effort sismique au niveau de l'ancrage au gros œuvre (chevilles et attaches) est à pondérer par un coefficient  $K_{alea} = 1,5$  pour tenir compte des aléas de répartition des charges :

$$F_{a, \text{ ancrage}} = K_{alea} \times F_a = 1,5 \times F_{a1} = 1,5 \times F_{a2}$$

Pour les attaches sous sollicitations sismiques, les contraintes calculées doivent être inférieures ou égales aux limites élastiques des matériaux.

La fixation au gros œuvre par chevilles est effectuée par des chevilles métalliques portant le marquage CE sur la base d'un ATE selon l'ETAG 001 parties 2 à 5 pour un usage en béton fissuré (options 1 à 6) et respectant les règles professionnelles du Cisma de 2011.

### Ossatures de la verrière

Pour les liaisons montant-traverse sous sollicitations sismiques, les contraintes calculées doivent être inférieures ou égales aux limites élastiques des matériaux ou en conformité avec les Eurocodes applicables.

### Remplissages

Les paragraphes [Choix des remplissages avec exigences] et [Remplissages opaques] s'appliquent sauf cas particuliers du paragraphe [Cas sans exigences].

## Cas sans exigences

Il n'existe aucune exigence sismique de choix des remplissages, et ce quelle que soit leur technique de maintien lorsque l'une des conditions suivantes est vérifiée :

- aire d'activité AA1 ou AA3 (P 08-302) en pied de verrière : présence humaine occasionnelle ;
- la hauteur de chute du remplissage est inférieure à 3,5 m (mesurée entre le point haut du remplissage et le sol). Dans le cas des vitrages, la face inférieure est toujours feuilleté 2B2 ;
- présence d'un réceptacle : Sont considérés comme ouvrages formant réceptacles pour les chutes de débris, les balcons, les loggias, les auvents et les ouvrages similaires dont les dimensions respectent les critères suivants :
  - a. balcon : h désignant la hauteur d'étage, le débord du balcon doit être supérieur à  $h/3$  si le nez de balcon possède un relevé supérieur à 0,10 m, et à  $h/2,5$  dans le cas contraire ;
  - b. auvent : H désignant la hauteur totale du bâtiment, le débord de l'auvent doit être supérieur à :
    - $H/10$  pour les bâtiments de hauteur inférieure à 28 m, sans être inférieur à 1,50 m ;
    - $H/20 + 1,40$  m pour les bâtiments de hauteur supérieure à 28 m.

## Choix des remplissages avec exigences

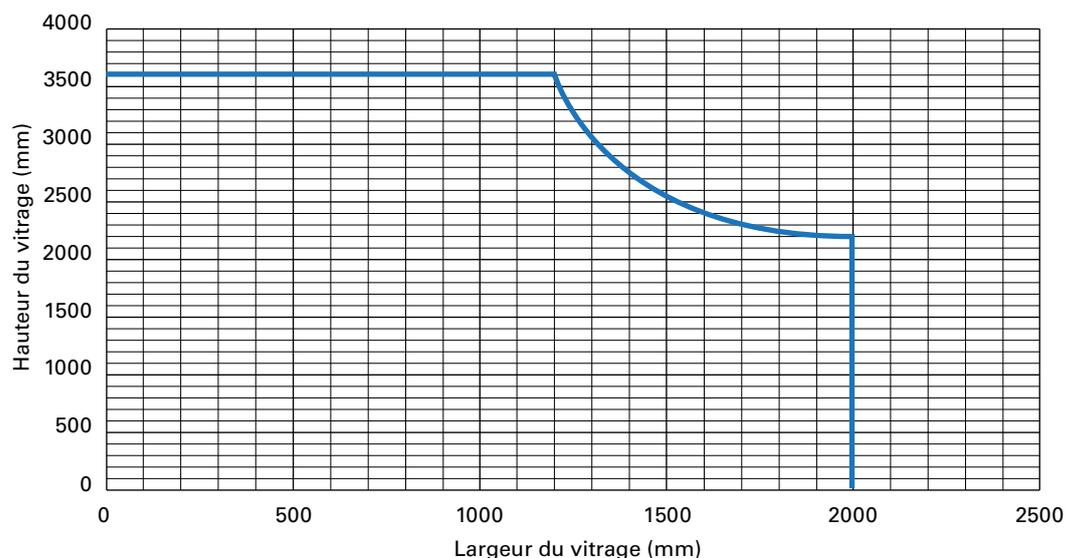
### Remplissages vitrés

La nature des vitrages est définie selon le (Tableau 43).

Zone de sismicité	Catégorie d'importance de bâtiment			
	I	II	III	IV
Zone 1	1	1	1	1
Zone 2	1	1	2	2
Zone 3	1	2	2	2
Zone 4	1	2	2	2
Zone 5	1	2	2	2

1. Pas de prescription vis-à-vis de l'aléa sismique.  
 2. Les vitrages doivent respecter les dimensions maximales de la figure 54.  
*Nota* : le vitrage sur la face inférieure est systématiquement feuilleté 2B2.

▲ Tableau 43 : Choix des vitrages en zones sismiques



▲ Figure 54 : Dimensions maximales des vitrages

### Remplissages opaques

Les remplissages opaques constitués de matériaux fragiles doivent répondre aux mêmes exigences que celles des remplissages vitrés.

Les remplissages opaques constitués de matériaux ductiles (tôle acier, tôle aluminium, etc.) ne nécessitent pas de justification sismique hormis celles indiqués au paragraphe [Maintien des remplissages].

### Maintien des remplissages

Les dispositions de maintien suivantes ne nécessitent pas de justification sous sollicitation sismique :

- les remplissages maintenus en feuillures sur au moins deux côtés dans le sens de la pente ;
- les remplissages (cadres rapportés, tôles, etc.) fixés à l'ossature par vissage ;
- les ouvrants de masse inférieure à 100 kg ;
- les ouvrants de masse supérieure à 100 kg si les conditions du paragraphe [Cas sans exigences], sont respectées du côté du sens d'ouverture.

## ANNEXE F : CALCUL DES CONTRAINTES THERMIQUES

Ces méthodes de calcul de la contrainte thermique dans les vitrages sont issues de la norme NF DTU 39-P3.

Dans cette annexe, la méthode simplifiée manuelle est décrite avec les trois méthodes :

- méthode des écarts de températures ;
- méthode de comparaison des contraintes ;
- méthode de comparaison des coefficients d'absorption.

### Hypothèses

#### Types de feuillure

Feuillures à faible inertie thermique : entrent dans cette catégorie les menuiseries ouvrantes en aluminium avec ou sans profilé à rupture de pont thermique.

Feuillures à inertie thermique moyenne : entrent dans cette catégorie les menuiseries dormantes en aluminium, avec ou sans profilé à rupture de pont thermique, ou en acier en profilé mince en contact avec une ossature métallique lourde.

Feuillures à forte inertie thermique : entrent dans cette catégorie les feuillures métalliques engravées dans un matériau minéral.

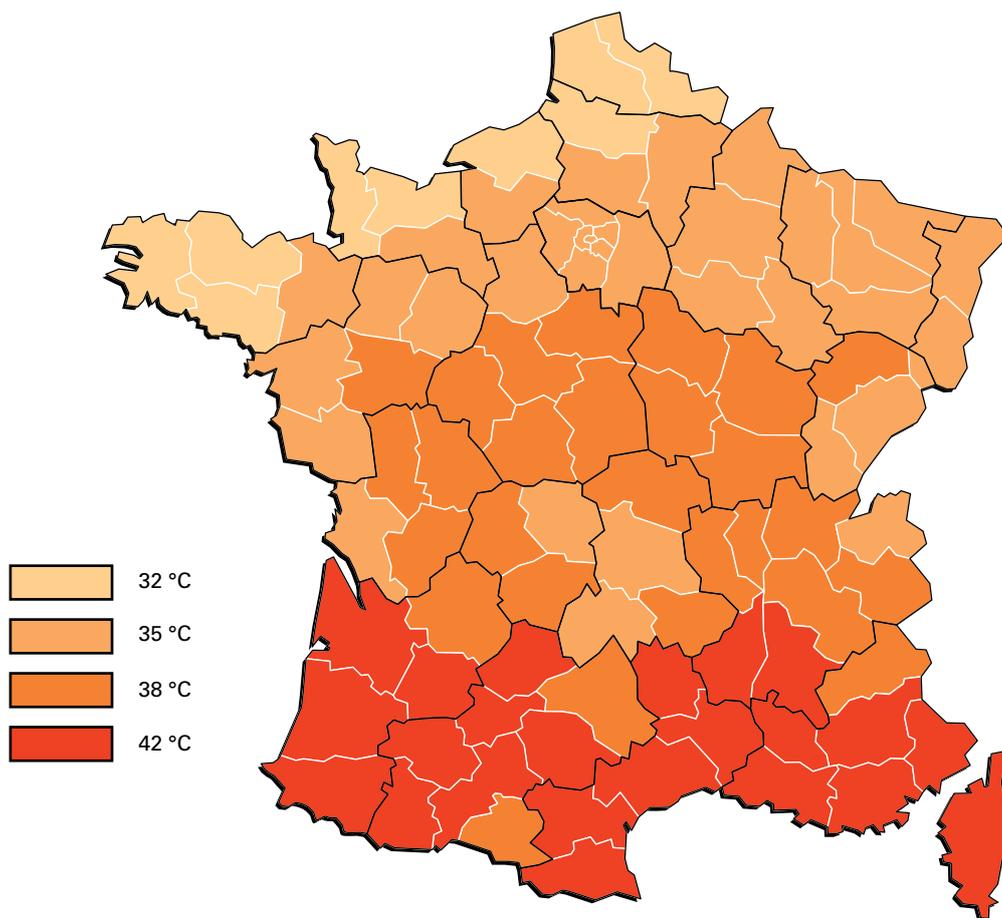
#### Hypothèses de température

Température ambiante intérieure :

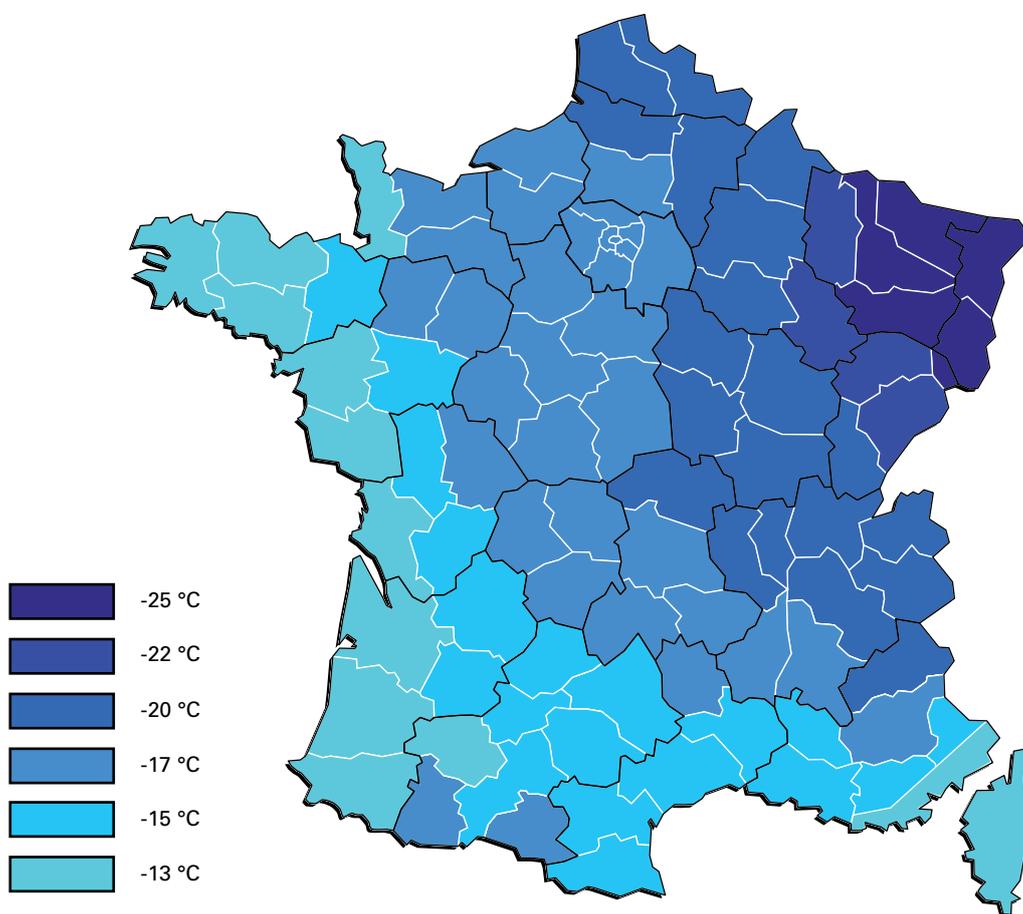
	Inclinés
Été pour locaux climatisés	$\theta_{ai} = 30 \text{ °C}$
Été pour locaux non climatisés	$\theta_{ai} = \theta_{ae}$ avec $\theta_{ai} = 35 \text{ °C}$
Autres saisons	$\theta_{ai} = 20 \text{ °C}$

▲ Tableau 44 : Température intérieure des locaux,  $\theta_{ai}$

Températures minimales et maximales,  $\theta_{ae}$  :



▲ Figure 55 : Température maximale (été)



▲ Figure 56 : Température minimale (hiver)



## Hypothèses de flux solaire, $\Phi$

Altitude (m)	Flux (W/m <sup>2</sup> )	
	Zone rurale	Zone urbaine
0 à 500	800	750
500 à 1 000	850	800
> 1 000	950	900

▲ Tableau 45 : Flux solaire sur une paroi verticale

Inclinaison $\alpha$ par rapport à l'horizontale	75°	60°	45°	30°	15°
C <sub>i</sub> été	1,15	1,20	1,25	1,25	1,25
C <sub>i</sub> hiver	1,15	1,15	1,05	0,95	0,75

▲ Tableau 46 : Coefficient multiplicateur du flux solaire maximal pour les parois inclinées

## Hypothèses des coefficients d'échanges superficiels, $h_i$ et $h_e$

	Coefficient d'échanges superficiels
Côté intérieur	$h_i = 6 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ (flux descendant) $h_i = 11 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$ (flux ascendant)
Côté extérieur (hiver et mi-saison)	$h_e = 12 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$
Côté extérieur (été)	$h_e = 14 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$

▲ Tableau 47 : Coefficient d'échanges superficiels

## Méthode des écarts de températures

Il faut vérifier que  $\delta\theta < \delta\theta_{\text{adm}}$

avec :

- $\delta\theta$  : écart de température maximal calculé ;
- $\delta\theta_{\text{adm}}$  : écart de température admissible dans les verres défini dans le (Tableau 48) et le (Tableau 49).

Tableau 48 : Verres non traités thermiquement. Écart de température admissible,  $\delta\theta_{adm}$ 

Type de verre	Feuillure à faible inertie thermique						Feuillure à inertie thermique moyenne						Feuillure à forte inertie thermique				
	Avec ombre portée		Sans ombre portée		Avec ombre portée		Sans ombre portée		Avec ombre portée		Sans ombre portée		Avec ou sans ombre portée				
	B $\geq 60^\circ$	B $> 30^\circ$	B $\geq 60^\circ$	B $> 30^\circ$	B $\geq 60^\circ$	B $> 30^\circ$	B $\geq 60^\circ$	B $> 30^\circ$	B $\geq 60^\circ$	B $> 30^\circ$	B $\geq 60^\circ$	B $> 30^\circ$	B $\geq 60^\circ$	B $> 30^\circ$	B $\geq 60^\circ$		
Appuis sur	B $\geq 60^\circ$		B $> 30^\circ$		B $\geq 60^\circ$		B $> 30^\circ$		B $\geq 60^\circ$		B $> 30^\circ$		B $\geq 60^\circ$		B $> 30^\circ$		
	B $> 30^\circ$		B $\geq 60^\circ$		B $> 30^\circ$		B $\geq 60^\circ$		B $> 30^\circ$		B $\geq 60^\circ$		B $> 30^\circ$		B $\geq 60^\circ$		
-Monolithique façonné -Feuilleté symétrique façonné, avec tous les composants $\geq 4$ mm	Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		
	Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		
	Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		
	Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		
-Monolithique brut de coupe -Feuilleté symétrique brut de coupe, avec tous les composants $\geq 4$ mm -Feuilleté, symétrique façonné, avec un des composants $\leq 3$ mm -Feuilleté non symétrique façonné	Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		
	Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		
	Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		
	Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		
-Imprimé brut de coupe ou façonné	Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		
	Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		
	Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		
	Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		
-Feuilleté non symétrique brut de coupe -Feuilleté brut de coupe, avec un des composants $\leq 3$ mm -Feuilleté symétrique scié, avec tous les composants $\geq 4$ mm	Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		
	Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		
	Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		
	Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		
Feuilleté non symétrique scié	Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		
	Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		
Armé	Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		Périphérie		
	Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		Autres		

Type de verre	Appuis sur	Feuillure à faible inertie thermique			Feuillure à inertie thermique moyenne			Feuillure à forte inertie thermique		
		Avec ombre portée			Avec ombre portée			Avec ombre portée		
		B ≥ 60°	60 ≥ B > 30°	B > 30°	B ≥ 60°	60 ≥ B > 30°	B > 30°	B ≥ 60°	60 ≥ B > 30°	B > 30°
Verre durci ou émaillé trempé	périphérie	150	135	120	135	120	110	120	100	100
	autres	120	100	75	110	90	70	100	80	60
Verre trempé	périphérie	215	190	170	190	170	150	175	155	140
	autres	170	140	105	150	125	95	140	115	85
Verre imprimé trempé	périphérie	170	155	140	150	140	125	140	125	110
	autres	140	110	85	125	100	75	110	90	70
Verre imprimé trempé émaillé	périphérie	130	115	100	115	105	90	105	95	80
	autres	100	85	65	90	75	60	80	70	55

▲ Tableau 49 : Verres traités thermiquement. Écart de température admissible,  $\delta\theta_{adm}$

- Calcul de l'écart de température réel du vitrage :
  - pour les vitrages simples :

$$\delta\theta = \theta_2 - \theta_1$$

- pour les doubles vitrages :

$$\delta\theta = \theta_{v1} - \theta_1$$

$$\delta\theta = \theta_{v2} - \theta_1$$

- Calcul de la température en feuillure (zone 1) :

$$\theta_1 = \frac{(h_i \cdot \theta_{ai} + h_e \cdot \theta_{ae})}{(h_i + h_e)}$$

avec :

- $h_i$  et  $h_e$  : coefficient d'échange thermique ;
- $\theta_{ai}$  : température ambiante intérieure ;
- $\theta_{ae}$  : température ambiante extérieure hiver et été.
- Calculs de la température en partie courante pour les simples vitrages sans stores :

$$\theta_2 = \frac{(h_i \cdot \theta_{ai} + h_e \cdot \theta_{ae} + \alpha_e \cdot \Phi)}{(h_i + h_e)}$$

avec  $\alpha_e$  : coefficient d'absorption énergétique du vitrage.

- Calculs de la température en partie courante pour les doubles vitrages sans stores :
  - vitrage 1 :

$$\theta_{v1} = \frac{ht \cdot (h_i \cdot \theta_{ai} + \alpha_{1e} \cdot \Phi) + (h_i + ht) \cdot (h_e \cdot \theta_{ae} + \alpha_{1e} \cdot \Phi)}{(h_i + ht)(h_e + ht) - ht^2}$$

- vitrage 2 :

$$\theta_{v2} = \frac{ht \cdot (he \cdot \theta_{ae} + \alpha_{2e} \cdot \Phi) + (hi + ht) \cdot (he \cdot \theta_{ai} + \alpha_{2e} \cdot \Phi)}{(hi + ht)(he + ht) - ht^2}$$

avec :

- $\alpha_{1e}$  et  $\alpha_{2e}$  : coefficient d'absorption sur les verres 1 et 2 ;
- $\Phi$  : flux solaire ;
- $h_t$  : coefficient dépendant du coefficient de transmission thermique,  $U_g$ , du vitrage et défini pour les saisons été et hiver :  
 $h_t = 1/R$

avec la résistance thermique du vitrage,  $R$ , égale à :

- en condition d'été :  $R = 0,92 \times R_0$  ;
- en condition d'hiver :  $R = 0,78 \times R_0$  ;  
et  $R_0 = 1/U_g - 0,17$ .

## Méthode de comparaison des contraintes

La contrainte,  $\sigma_{th}$ , résultant d'un écart de température,  $\delta\theta$ , entre deux zones du verre doit rester inférieure à la contrainte thermique admissible,  $\sigma_{adm}$  :

$$\sigma_{th} < \sigma_{adm}$$

### Calcul de la contrainte thermique

$$\sigma_{th} = k_t \times E \times \alpha \times \delta\theta$$

avec :

- $E$  : module élastique du verre ;  $E = 70\,000$  Mpa ;
- $\alpha$  : coefficient de dilatation du verre sadocalcique ;  $\alpha = 9 \cdot 10^{-6}$  K<sup>-1</sup> ;
- $\delta\theta$  : écart de température entre deux zones du verre (entre zones 1 et 2 ou entre zones 2 et 3) ;
- $k_t$  : coefficient fonction de l'ombre portée, de la nature des feuillures.

	Faible inertie thermique	Inertie thermique moyenne	Inertie thermique forte
Avec ombre portée	0,90	1,00	1,10
Sans ombre portée	0,80	0,95	1,10

▲ Tableau 50 : Coefficient  $k_t$



## Calcul de la contrainte thermique admissible

$$\sigma_{adm} = k_v \times k_a \times \sigma_{vm}$$

### Contrainte de travail dans le verre, $\sigma_{vm}$

Type de verre	Contrainte de travail dans le verre (MPa)
Recuit	20
Armé	16
Durci	35
Trempé thermiquement	50
Émaillé trempé	35
Imprimé recuit	18
Imprimé trempé	40
Imprimé émaillé trempé	30
Imprimé armé	16

▲ Tableau 51 : Contrainte de travail dans le verre,  $\sigma_{vm}$

### Coefficient de sensibilité du verre au choc thermique, $k_v$

Ce coefficient dépend de la nature du produit verrier et de sa transformation. Il s'applique à chaque composant individuel ou au vitrage assemblé en feuilleté, avec une finition de chant :

Nature	Vitrage scié	Vitrage recuit brut de coupe	Vitrage recuit façonné
Verre monolithique	–	1,00	1,20
Verre feuilleté symétrique avec tous les composants $\geq 4$ mm	0,75	1,00	1,20
Verre feuilleté symétrique avec tous les composants $\leq 3$ mm	–	0,75	1,00
Verre feuilleté non symétrique	0,70	0,75	1,00
Verre armé	–	0,80	–
Verre imprimé	–	1,00	1,00

▲ Tableau 52 : Coefficient de sensibilité du verre au choc thermique,  $k_v$

### Coefficient dépendant de l'inclinaison du vitrage et de ces conditions d'appui, $k_a$

	Angle par rapport à l'horizontale		
	$B \geq 60^\circ$	$60 \geq B > 30^\circ$	$B > 30^\circ$
Vitrage en appuis sur			
Périphérie	1,00	0,90	0,80
Autres	0,80	0,65	0,50

▲ Tableau 53 : Coefficient dépendant de l'inclinaison du vitrage et de ces conditions d'appui,  $k_a$



## Méthode de comparaison des coefficients d'absorption

Pour les cas courants, les coefficients d'absorption des verres à ne pas dépasser sont donnés dans les tableaux ci-dessous.

Les tableaux suivants sont établis avec les conditions suivantes :

- altitude : 1 000 m ;
- flux énergétique : 1 000 W/m<sup>2</sup> ;
- température intérieure : 25 °C ;
- température extérieure : + 35 °C en été, - 12 °C en hiver ;
- absence de store ;
- possibilité d'ombre portée.

Caractéristiques du vitrage		Type de feuillure inertie thermique	
Nature	En appui	Faible	Moyenne
Feuilleté	Périphérie	0,38	0,33
	Autre cas	0,25	0,19
Armé	Périphérie	0,29	0,23
	Autre cas	0,19	0,15

▲ Tableau 54 : Coefficient d'absorption pour verre recuit en simple vitrage

Caractéristiques du vitrage		Faible inertie thermique				Inertie thermique moyenne			
Nature	En appui	Composant extérieur		Composant intérieur		Composant extérieur		Composant intérieur	
		Brut coupe	Façonné	Brut coupe	Façonné	Brut coupe	Façonné	Brut coupe	Façonné
Feuilleté	Périphérie	0,33	0,45	(1)	(1)	0,30	0,34	(1)	(1)
	Autre cas	0,13	0,21	(1)	(1)	0,13	0,14	(1)	(1)
Armé	Périphérie	0,22	0,45	0,20	0,37	0,15	0,34	0,15	0,27
	Autre cas	(1)	0,21	(1)	0,15	(1)	0,14	(1)	0,10

1. Vitrage avec une haute résistance au choc thermique (vitrage ayant reçu un traitement thermique).

▲ Tableau 55 : Coefficient d'absorption pour verre recuit en double vitrage

Caractéristiques du vitrage			Faible inertie thermique				Inertie thermique moyenne			
Inclinaison	Nature	En appui	Composant extérieur		Composant intérieur		Composant extérieur		Composant intérieur	
			Brut coupe	Façonné	Brut coupe	Façonné	Brut coupe	Façonné	Brut coupe	Façonné
$\beta \geq 60^\circ$	Feuilleté	Périphérie	0,41	0,54	0,27	0,39	0,35	0,44	0,11	0,21
		Autre cas	0,27	0,38	0,14	0,25	0,23	0,29	(1)	0,07
	Armé	Périphérie	0,31	0,54	0,18	0,39	0,25	0,44	(1)	0,21
		Autre cas	0,18	0,38	(1)	0,25	0,14	0,29	(1)	0,07
$30^\circ \geq \beta \geq 60^\circ$	Feuilleté	Périphérie	0,30	0,41	–	–	0,29	0,32	–	–
		Autre cas	0,14	0,23	–	–	0,11	0,16	–	–
	Armé	Périphérie	0,21	0,41	0,16	0,26	0,12	0,32	(1)	0,13
		Autre cas	0,09	0,23	(1)	0,13	(1)	0,16	(1)	



Caractéristiques du vitrage			Faible inertie thermique				Inertie thermique moyenne			
$\beta \leq 30^\circ$	Feuilleté	Périphérie	0,23	0,34	–	–	0,20	0,25	–	–
		Autre cas	(1)		–	–	(1)		–	–
	Armé	Périphérie	0,14	0,34	(1)		0,11	0,25	(1)	0,13
		Autre cas	(1)		(1)		(1)		(1)	

1. Vitrage avec haute résistance au choc thermique (vitrage ayant reçu un traitement thermique).

▲ Tableau 56 : Coefficient d'absorption pour verre recuit en double vitrage sans couche faiblement émissive avec ou sans store intérieur, et lame d'air ou d'argon

Caractéristiques du vitrage			Faible inertie thermique				Inertie thermique moyenne			
Coefficient Ug W/(m <sup>2</sup> .K)	Nature	En appui	Composant extérieur		Composant intérieur		Composant extérieur		Composant intérieur	
			Brut coupe	Façonné	Brut coupe	Façonné	Brut coupe	Façonné	Brut coupe	Façonné
$2,3 \leq U_g \leq 2,7$ $\beta \geq 60^\circ$	Monolithique	Périphérie	0,40	0,49	0,21	0,32	0,32	0,41	0,11	0,16
		Autre cas	0,28	0,36	0,10	0,19	0,22	0,27	(1)	(1)
	Feuilleté	Périphérie	0,31	0,49	0,13	0,32	0,24	0,41	(1)	0,16
		Autre cas	0,19	0,36	(1)	0,19	0,14	0,27	(1)	(1)
$1,6 \leq U_g \leq 2,3$ $\beta \geq 60^\circ$	Monolithique	Périphérie	0,37	0,47	0,18	0,28	0,32	0,39	0,09	0,13
		Autre cas	0,26	0,35	0,07	0,16	0,23	0,26	(1)	(1)
	Feuilleté	Périphérie	0,29	0,47	0,10	0,28	0,24	0,39	(1)	0,13
		Autre cas	0,18	0,35	(1)	0,16	0,15	0,26	(1)	(1)
$1,1 \leq U_g \leq 1,6$ $\beta \geq 60^\circ$	Monolithique	Périphérie	0,34	0,45	0,15	0,24	0,30	0,37	(1)	(1)
		Autre cas	0,24	0,33	(1)	0,13	0,22	0,25	(1)	(1)
	Feuilleté	Périphérie	0,27	0,45	(1)	0,24	0,24	0,37	(1)	(1)
		Autre cas	0,16	0,33	(1)	0,13	0,15	0,25	(1)	(1)

1. Vitrage avec haute résistance au choc thermique (vitrage ayant reçu un traitement thermique).

▲ Tableau 57 : Coefficient d'absorption pour verre recuit en double vitrage sans couche faiblement émissive avec ou sans store intérieur, et lame d'air ou d'argon. Inertie thermique moyenne



## ANNEXE G : MÉTHODE DE CALCUL THERMIQUE

### Calcul des coefficients de transmission thermique moyen $U_{cw}$

La méthode de calcul indiquée dans ce paragraphe reprend les mêmes principes que la méthode utilisée pour le calcul des façades rideaux. La méthode de calcul détaillée correspondante est décrite dans la norme NF EN ISO 12631.

#### Méthode simplifiée pour verrière d'inclinaison inférieure à 20 %

Si tous les modules d'une verrière ont une pente inférieure à 20 %, la méthode simplifiée suivante qui considère les vitrages horizontaux avec flux ascendant peut s'appliquer. Elle permet de définir un coefficient de transmission thermique moyen  $U_{cw,tot}$  de l'ensemble de la verrière.

Pour calculer le coefficient surfacique moyen de la verrière, on procède de la manière suivante :

#### *Division de la verrière en modules*

Les frontières des modules doivent être choisies de façon à obtenir des modules répétitifs juxtaposés simples à calculer. Le plus souvent, ces frontières sont confondues avec les axes de symétrie des profilés (montants ou traverses) de l'ossature de la verrière. La norme NF EN ISO 12631 donne davantage de précision sur le choix de ces frontières.

#### *Détermination des coefficients surfaciques $U_{ghi}$ des vitrages de chaque module*

Le coefficient de transmission thermique surfacique utile  $U_{ghi}$  en partie centrale du vitrage  $i$  se calcule de la manière suivante :

- $U_{gh\ i} = 1.05 \times U_{gh,di}$  si verre à couche basse émissivité ou vitrage isolant à couche basse émissivité et remplissage air
- $U_{gh\ i} = 1.10 \times U_{gh,di}$  si vitrage isolant à couche basse émissivité et remplissage gaz autre que l'air

$U_{gh,di}$  étant le coefficient de transmission surfacique du vitrage  $i$ . Que le vitrage utilisé soit marqué CE ou non, il est déterminé conformément aux normes européennes utilisées dans le cadre du marquage CE des produits verriers (NF EN 673, NF EN 1096 et NF EN 1279), pour une inclinaison horizontale.

En l'absence de valeurs de  $U_{gh,di}$  calculées à l'horizontale, le paragraphe [Valeurs tabulées] fournit des valeurs tabulées.

### Détermination des coefficients surfaciques et linéiques des autres éléments de chaque module

En plus des vitrages, chaque module peut contenir à la fois différents types d'éléments : éléments de remplissage opaques, profilés de menuiserie, espaceurs de vitrages ou de panneaux opaques.

La méthode de calcul de ces éléments est donnée au paragraphe 2.3. du fascicule 3/5 des Règles Th-U, édition 2012, en utilisant les conditions aux limites correspondant à un flux ascendant ( $h_i = 10 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ ).

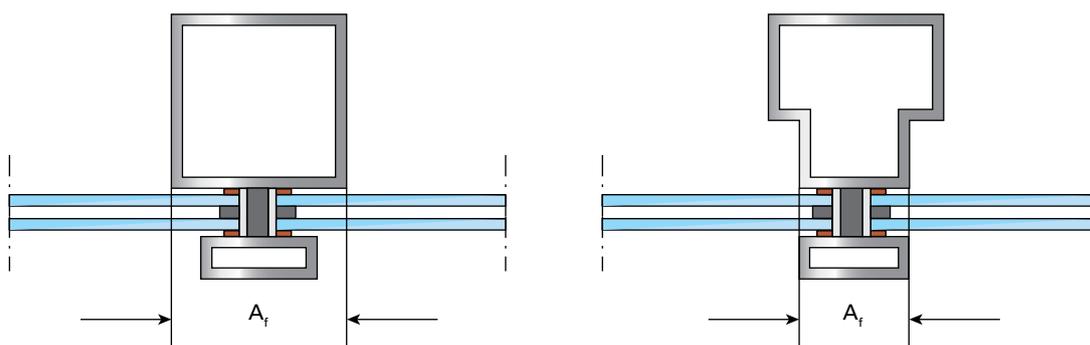
### Détermination du coefficient surfacique moyen $U_{cwi}$ de chaque module

$$U_{cwi} = \frac{\sum U_g A_g + \sum U_f A_f + \sum U_p A_p + \sum \Psi_g l_g + \sum \Psi_p l_p}{\sum (A_g + A_f + A_p)}$$

Où :

- $A_g^{(1)}$  est la plus petite aire visible du vitrage, vue des deux côtés de la paroi en  $\text{m}^2$ . On ne tient pas compte des débordements des joints ;
- $A_f^{(1)}$  est la plus grande aire projetée de la menuiserie prise sans recouvrement, vue des deux côtés de la paroi, en  $\text{m}^2$  ;
- $A_p^{(1)}$  est la plus petite aire visible du panneau opaque, vue des deux côtés de la paroi en  $\text{m}^2$ . On ne tient pas compte des débordements des joints ;
- $U_g$  est le coefficient de transmission thermique surfacique utile en partie centrale du vitrage en  $\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$ , déterminé suivant le paragraphe [Détermination des coefficients surfaciques  $U_{ghi}$  des vitrages de chaque module] ;
- $U_f$  est le coefficient surfacique de la menuiserie en  $\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$  ;
- $U_p$  est le coefficient surfacique en partie centrale du panneau opaque en  $\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$ . La méthode de calcul correspondante est donnée au paragraphe [Simple vitrage clair]. du fascicule 3/5 des Règles Th-U, édition 2012 ;
- $l_p$  est le plus grand périmètre visible du panneau, vu des deux côtés de la paroi en m ;
- $l_g$  est le plus grand périmètre visible du vitrage, vu des deux côtés de la paroi, en m ;
- $\psi_g$  est le coefficient linéique dû à l'effet thermique combiné de l'intercalaire du vitrage et du profilé, en  $\text{W}/(\text{m}.\text{K})$ . La méthode de calcul de  $\psi_g$  est donnée au paragraphe G.3.3. du fascicule 3/5 des Règles Th-U, édition 2012 ;
- $\psi_p$  est le coefficient linéique dû à l'effet thermique combiné de l'espaceur du panneau et du profilé, en  $\text{W}/(\text{m}.\text{K})$ . La méthode de calcul de  $\psi_p$  est donnée au paragraphe G.3.3. du fascicule 3/5 des Règles Th-U, édition 2012.

<sup>(1)</sup> Les aires projetées « visibles » de la menuiserie et de l'élément de remplissage sont à prendre en compte par rapport aux parties du profilé au voisinage immédiat de l'élément de remplissage .



▲ Figure 57– Détermination des aires projetées

### Détermination du coefficient surfacique moyen de la verrière

Le coefficient surfacique moyen de la verrière  $U_{cw, tot}$  se calcule d'après la formule suivante :

$$U_{cw, tot} = \frac{\sum (U_{cwi} \cdot A_{cwi})}{\sum A_{cwi}}$$

Où :

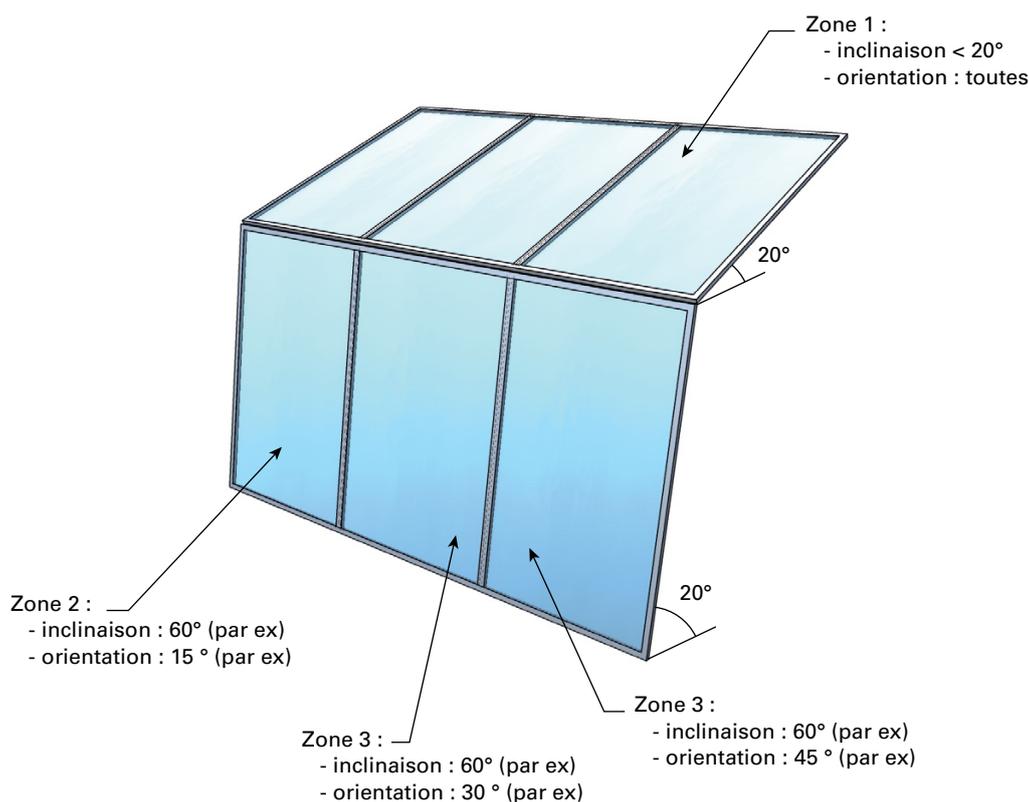
- $U_{cw, tot}$  est le coefficient surfacique moyen de la verrière, en  $W/(m^2.K)$  ;
- $U_{cwi}$  est le coefficient surfacique moyen du module  $i$ , en  $W/(m^2.K)$  ;
- $A_{cwi}$  est l'aire du module  $i$ , en  $m^2$ .

### Renseignement de la verrière dans Th-BCE

La surface à renseigner dans la méthode Th-BCE correspond à la somme des surfaces des différents modules. Les coefficients de transmission thermique à la verticale et à l'horizontale doivent être considérés égaux entre eux et correspondent au  $U_{cw, tot}$  calculé au paragraphe [Détermination du coefficient surfacique moyen de la verrière]. L'inclinaison de la verrière doit être renseignée comme nulle.

### Méthode détaillée

Dans le cas où l'un des modules de la verrière a une inclinaison supérieure à 20 %, les modules d'inclinaison supérieure à 20% doivent être renseignés séparément pour chaque inclinaison et orientation.



▲ Figure 58 – Exemple de définition des modules de verrière

### *Division de la verrière en modules*

Les principes décrits au paragraphe [Division de la verrière en modules] s'appliquent. Les modules d'inclinaisons inférieures à 20 % peuvent être regroupés dans un module moyen calculé conformément au paragraphe [Division de la verrière en modules]. Les autres modules doivent être regroupés notamment en fonction de leur inclinaison et de leur orientation.

### *Détermination des coefficients surfaciques $U_{gvi}$ et $U_{ghi}$ des vitrages de chaque module*

Deux valeurs de coefficient de transmission thermique des vitrages sont à considérer : une valeur pour un vitrage vertical  $U_{gvi}$  et une valeur pour un vitrage horizontal avec flux ascendant  $U_{ghi}$ .

Les coefficients de transmission thermique surfaciques utiles  $U_{gvi}$  et  $U_{ghi}$  en partie centrale du vitrage  $i$  se calculent de la manière suivante :

- $U_{gv/h i} = 1.05 \times U_{gv/h, d i}$  si verre à couche basse émissivité ou vitrage isolant à couche basse émissivité et remplissage air ;
- $U_{gv/h i} = 1.10 \times U_{gv/h, d i}$  si vitrage isolant à couche basse émissivité et remplissage gaz autre que l'air.

Où :

- $U_{gv, d i}$  est le coefficient de transmission surfacique du vitrage  $i$ . Que le vitrage utilisé soit marqué CE ou non, il est déterminé conformément aux normes européennes utilisées dans le cadre

du marquage CE des produits verriers (NF EN 673, NF EN 1096 et NF EN 1279) ;

- $U_{gh,di}$  est le coefficient de transmission surfacique du vitrage  $i$ . Que le vitrage utilisé soit marqué CE ou non, il est déterminé conformément aux normes européennes utilisées dans le cadre du marquage CE des produits verriers (NF EN 673, NF EN 1096 et NF EN 1279), pour une inclinaison horizontale ;

En l'absence de valeurs de  $U_{gh,di}$  calculées à l'horizontale, le paragraphe [Valeurs tabulées] fournit des valeurs tabulées.

### *Détermination des coefficients surfaciques et linéiques des autres éléments de chaque module*

Les autres éléments des modules se calculent conformément au paragraphe [Détermination des coefficients surfaciques et linéiques des autres éléments de chaque module](méthode simplifiée pour verrière d'inclinaison inférieure à 20%).

### *Détermination des coefficients surfaciques moyens $U_{cwvi}$ et $U_{cwhi}$ de chaque module.*

Le calcul des coefficients surfaciques moyens à la verticale  $U_{cwvi}$  et à l'horizontale  $U_{cwhi}$  de chaque module se fait conformément au paragraphe [Détermination des coefficients surfaciques et linéiques des autres éléments de chaque module] en considérant des valeurs de coefficient de transmission thermique de vitrage respectivement égales à  $U_{gvi}$  et  $U_{ghi}$ , telles que calculées au paragraphe [Détermination des coefficients surfaciques  $U_{gvi}$  et  $U_{ghi}$  des vitrages de chaque module].

### *Renseignement de la verrière dans Th-BCE*

La verrière se décrit dans ce cas sous la forme de plusieurs modules différents, il n'est pas possible de définir de coefficient moyen global de la verrière.

Les surfaces à renseigner dans la méthode Th-BCE correspondent aux surfaces des différents modules. Les coefficients de transmission thermique à la verticale  $U_{cwvi}$  et à l'horizontale  $U_{cwhi}$  sont ceux calculés au paragraphe [Détermination des coefficients surfaciques moyens  $U_{cwvi}$  et  $U_{cwhi}$  de chaque module]. L'inclinaison et l'orientation de chaque module doivent être renseignées ; pour le module moyen regroupant les modules de pentes inférieures à 20 %, une inclinaison nulle doit être appliquée.



## Calcul des facteurs de transmission de l'énergie solaire et lumineuse moyens $S_{cw}$ et $TL_{cw}$

La méthode de calcul indiquée dans ce paragraphe reprend les principes décrits dans la norme XP P50-777. Une méthode simplifiée est proposée pour calculer le facteur de transmission solaire et lumineuse des vitrages. Dans le cas où l'un des vitrages de la verrière est muni de protections solaires, il est nécessaire de calculer également les facteurs  $S_{cws}$  et  $TL_{cws}$  correspondant à la verrière avec protections solaires pleinement déployées.

Cette méthode se limite à la prise en compte de protections solaires extérieures, sans lames inclinées, et ne traite pas des brise-soleil. Les protections solaires doivent de plus avoir des caractéristiques de transmission et de réflexion énergétiques comprises dans la gamme suivante :  $\tau_{e,B} < 0.5$  et  $0.1 < \rho_{e,B} < 0.8$  (hypothèses issues de la EN 13363-1).

### Note

De manière générale, toutes les hypothèses simplificatrices retenues dans cette méthode conduisent à surestimer les facteurs de transmission solaire et lumineux, ce qui est sécuritaire en terme de confort d'été. Pour les valeurs des facteurs solaires sans protection, il est considéré que les valeurs calculées sont valables aussi bien en condition de consommation qu'en condition de confort d'été ( $S_{cw}^C = S_{cw}^E = S_{cw}$ ).

### Note

Pour des protections solaires non couvertes par la méthode ci-dessous ou pour plus de précision dans les calculs, un calcul détaillé des facteurs de transmission solaire et lumineuse de la verrière peut être réalisé suivant la norme XP P 50-777.

### Méthode simplifiée pour verrière d'inclinaison inférieure à 20 %

Si tous les modules d'une verrière ont une pente inférieure à 20 %, la méthode simplifiée suivante qui considère les vitrages horizontaux peut s'appliquer. Elle évite le découpage de la verrière selon leurs orientations et permet ainsi de définir des facteurs de transmission de l'énergie solaire et lumineuse moyens  $S_{cw,tot}$  et  $TL_{cw,tot}$  (et leurs composantes) pour l'ensemble de la verrière.

Pour calculer les composantes des facteurs de transmission moyens de la verrière, on procède de la manière suivante :

#### *Division de la verrière en modules*

Les frontières des modules doivent être choisies de façon à obtenir des modules répétitifs juxtaposés simples à calculer. Le plus souvent, ces frontières sont confondues avec les axes de symétrie des profilés (montants ou traverses) de l'ossature de la verrière. La norme NF EN ISO 12631 donne davantage de précision sur le choix de ces frontières.

### Détermination des facteurs de transmission solaire et lumineuse $S_{gi}$ , $S_{gsi}$ , $TL_{gi}$ , $TL_{gsi}$ des vitrages de chaque module et de leurs composantes

Si le vitrage n'est pas muni de protection solaire :

$$\left. \begin{array}{l} S_{gi1} = \tau_e \\ S_{gi2} = g - \tau_e \\ S_{gi3} = 0 \end{array} \right\} S_{gi} = S_{gi1} + S_{gi2} + S_{gi3}$$

$$TL_{gi} = \tau_v$$

$$TL_{gi,dif} = 0$$

Si le vitrage est muni d'une protection solaire extérieure, les facteurs avec protection solaire extérieure déployée se calculent à l'aide des formules suivantes :

$$TL_{gsi} = \frac{\tau_v \cdot \tau_{v,B}}{1 - \rho_v \cdot \rho'_{v,B}}$$

$$TL_{gsi,dif} = \frac{\tau_v \cdot \tau_{v,B,dif}}{1 - \rho_v \cdot \rho'_{v,B}}$$

Où :

- $\tau_e$ ,  $\tau_\omega$ ,  $\rho_\varepsilon$ ,  $\rho_v$  et  $g$  sont les caractéristiques globales du vitrage nu, déterminées selon la norme NF EN 410.  $\tau_{e,B}$ ,  $\tau_{v,B}$  et  $\tau_{v,B,dif}$  sont les caractéristiques de la protection solaire diffusante, déterminées selon la norme NF EN 14500 ;
- $U_{gh,i}$  est le coefficient de transmission surfacique utile du vitrage  $i$ , déterminé à l'horizontale conformément au paragraphe [Détermination des coefficients surfaciques  $U_{gvi}$  et  $U_{ghi}$  des vitrages de chaque module].

#### Note

Ces formules sont basées sur la norme simplifiée NF EN 13363-1 avec l'ajout d'un coefficient majorateur permettant de s'assurer que la valeur de facteur solaire obtenu est supérieure à la valeur précise pour être sécuritaire en terme de confort estival et dimensionnement des charges de refroidissement.

#### Note

Ces formules sont valables sous l'hypothèse que l'impact de l'inclinaison du vitrage sur le facteur solaire est de second ordre. Sous cette hypothèse et par volonté de cohérence, les  $U_{gi}$  des formules sont les mêmes que ceux calculés avec flux ascendant, bien qu'en situation estivale le flux soit descendant.

### Détermination des facteurs de transmission solaire des autres éléments opaques de chaque module

**En l'absence de protection solaire extérieure ou si cette protection solaire n'est pas munie de coulisses et recouvre moins de 80 % de la surface du cadre ou du panneau de remplissage opaque :**

$$S_{fi} = \frac{\alpha_{fi} \cdot U_{fi}}{25}$$

$$S_{pi} = \frac{\alpha_{pi} \cdot U_{pi}}{25}$$

En présence de protection solaire extérieure ou si cette protection solaire est munie de coulisses ou recouvre plus de 80 % de la surface du cadre ou du panneau de remplissage opaque :

Où  $U_{fi}$  et  $U_{pi}$  sont calculés conformément au paragraphe [Détermination des coefficients surfaciques et linéiques des autres éléments de chaque module].

Les coefficients d'absorption énergétique du cadre et des parties opaques peuvent être mesurés à l'aide de la norme NF EN 410 ; à défaut de mesure, les valeurs suivantes, issues de l'Annexe D de la norme XP P50-777, peuvent être utilisées :

- pour les couleurs claires (blanc, jaune, orange, rouge clair) :  $\alpha_{f,p} = 0,4$  ;
- pour les couleurs moyenne (rouge sombre, vert clair, bleu clair, gris clair) :  $\alpha_{f,p} = 0,6$  ;
- pour les couleurs sombre (brun, vert sombre, bleu vif, gris moyen) :  $\alpha_{f,p} = 0,8$  ;
- pour les couleurs foncées (noir, brun sombre, bleu sombre, gris sombre),  $\alpha_{f,p} = 1,0$ .

### Détermination des composantes des facteurs de transmission solaire et lumineuse moyen $S_{cwi}$ et $TL_{cwi}$ de chaque module

$$S_{cw1,i} = \frac{\sum S_{g1} A_g}{\sum (A_g + A_f + A_p)}$$

$$S_{cw2,i} = \frac{\sum S_{g2} A_g + \sum S_f A_f + \sum S_p A_p}{\sum (A_g + A_f + A_p)}$$

$$S_{cws1,i} = \frac{\sum S_{gs1} A_g}{\sum (A_g + A_f + A_p)}$$

$$S_{cws2,i} = \frac{\sum S_{gs2} A_g + \sum S_{fs} A_f + \sum S_{ps} A_p}{\sum (A_g + A_f + A_p)}$$

$$S_{cw3,i} = S_{cws3,i} = 0$$

$$TL_{cw,i} = \frac{\sum TL_g A_g}{\sum (A_g + A_f + A_p)}$$

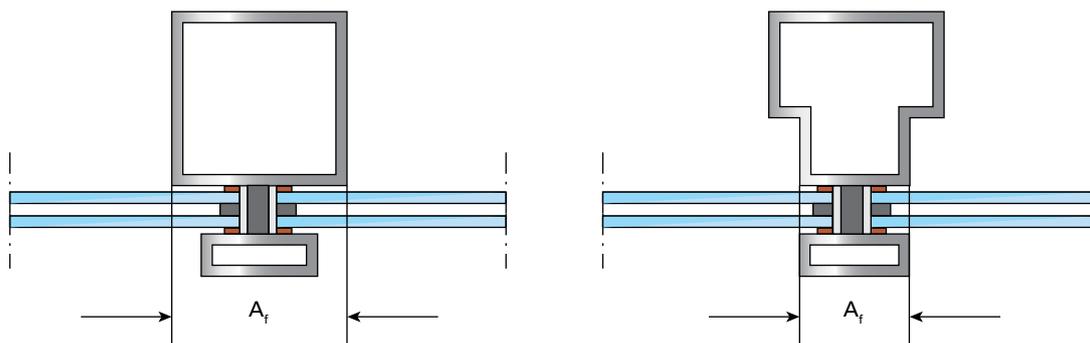
$$TL_{cw,dif,i} = \frac{\sum TL_{g,dif} A_g}{\sum (A_g + A_f + A_p)}$$

Où :

- $A_g^{(1)}$  est la plus petite aire visible du vitrage, vue des deux côtés de la paroi en m<sup>2</sup>. On ne tient pas compte des débordements des joints ;
- $A_f^{(1)}$  est la plus grande aire projetée de la menuiserie prise sans recouvrement, vue des deux côtés de la paroi, en m<sup>2</sup> ;
- $A_p^{(1)}$  est la plus petite aire visible du panneau opaque, vue des deux côtés de la paroi en m<sup>2</sup>. On ne tient pas compte des débordements des joints ;
- $S_{g1}$  est la composante courte longueur d'onde du facteur de transmission de l'énergie solaire sans protection solaire, déterminée suivant le paragraphe [Détermination des facteurs de transmission solaire et lumineuse  $S_{gi}$ ,  $S_{gsi}$ ,  $TL_{gi}$ ,  $TL_{gsi}$  des vitrages de chaque module et de leurs composantes] ;
- $S_{gs1}$  est la composante courte longueur d'onde du facteur de transmission de l'énergie solaire avec protection solaire, déterminée suivant le paragraphe [Détermination des facteurs de transmission solaire et lumineuse  $S_{gi}$ ,  $S_{gsi}$ ,  $TL_{gi}$ ,  $TL_{gsi}$  des vitrages de chaque module et de leurs composantes] ;
- $S_{g2}$  est la composante réémission du facteur de transmission de l'énergie solaire sans protection solaire, déterminée suivant le paragraphe [Détermination des facteurs de transmission solaire et lumineuse  $S_{gi}$ ,  $S_{gsi}$ ,  $TL_{gi}$ ,  $TL_{gsi}$  des vitrages de chaque module et de leurs composantes] ;
- $S_{gs2}$  est la composante réémission du facteur de transmission de l'énergie solaire avec protection solaire, déterminée suivant le paragraphe [Détermination des facteurs de transmission solaire et lumineuse  $S_{gi}$ ,  $S_{gsi}$ ,  $TL_{gi}$ ,  $TL_{gsi}$  des vitrages de chaque module et de leurs composantes] ;
- $S_f$  est le facteur solaire du cadre sans protection solaire, déterminé suivant le paragraphe [Détermination des facteurs de transmission solaire des autres éléments opaques de chaque module] ;
- $S_{fs}$  est le facteur solaire du cadre avec protection solaire, déterminé suivant le paragraphe [Détermination des facteurs de transmission solaire des autres éléments opaques de chaque module] ;



- $S_p$  est le facteur solaire de l'élément de remplissage opaque sans protection solaire, déterminé suivant le paragraphe [Détermination des facteurs de transmission solaire des autres éléments opaques de chaque module] ;
- $S_{ps}$  est le facteur solaire de l'élément de remplissage opaque avec protection solaire, déterminé suivant le paragraphe [Détermination des facteurs de transmission solaire des autres éléments opaques de chaque module].



▲ Figure 59 – Détermination des aires projetées

### *Détermination des composantes des facteurs de transmission solaire et lumineuse moyens de la verrière*

Les composantes des facteurs de transmission solaire et lumineuse moyens de la verrière se calculent d'après les formules suivantes :

$$S_{cw1,tot} = \frac{\sum (S_{cw1i} \cdot A_{cwi})}{\sum A_{cwi}}$$

$$S_{cw2,tot} = \frac{\sum (S_{cw2i} \cdot A_{cwi})}{\sum A_{cwi}}$$

$$TL_{cw,tot} = \frac{\sum (TL_{cwi} \cdot A_{cwi})}{\sum A_{cwi}}$$

$$TL_{cw,dif,tot} = \frac{\sum (TL_{cw,dif,i} \cdot A_{cwi})}{\sum A_{cwi}}$$

Où :

- $X_{cw,tot}$  sont les facteurs moyens de la verrière ;
- $X_{cwi}$  sont les facteurs moyens du module  $i$  ;
- $A_{cwi}$  est l'aire du module  $i$ , en  $m^2$ .

<sup>1</sup> Les aires projetées « visibles » de la menuiserie et de l'élément de remplissage sont à prendre en compte par rapport aux parties du profilé au voisinage immédiat de l'élément de remplissage .



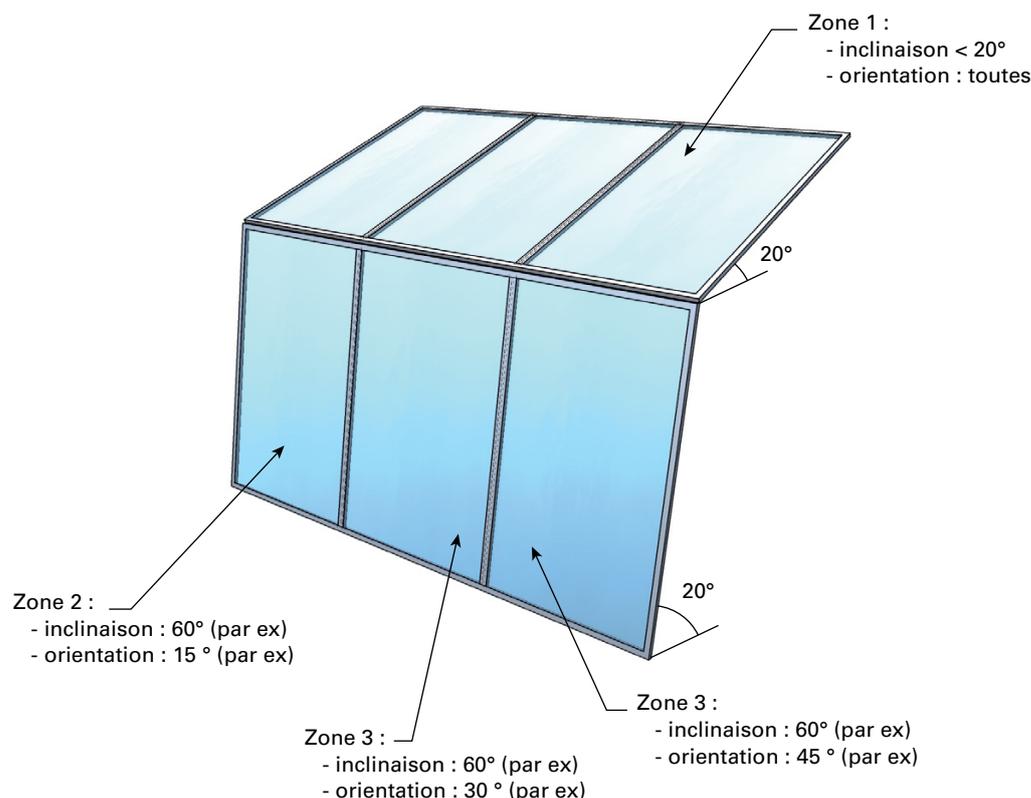
## Renseignement de la verrière dans Th-BCE

La surface à renseigner dans la méthode Th-BCE correspond à la somme des surfaces des différents modules. Les différentes composantes des facteurs de transmission solaire et lumineuse déterminées précédemment au paragraphe [Détermination des composantes des facteurs de transmission solaire et lumineuse moyens de la verrière] doivent être renseignées. Les valeurs sans protection solaire en condition de consommation peuvent être prises égales à celles en condition de confort d'été et égales aux composantes  $S_{cw}$  ( $S_{cw}^C = S_{cw}^E = S_{cw}$ ).

L'inclinaison de la verrière doit être renseignée comme nulle.

### Méthode détaillée

Dans le cas où l'un des modules de la verrière a une inclinaison supérieure à 20 %, les modules d'inclinaison supérieure à 20% doivent être renseignés séparément pour chaque inclinaison et orientation.



▲ Figure 60 – Exemple de définition des modules de verrière

### Division de la verrière en modules

Les principes décrits au paragraphe [Division de la verrière en modules] (méthode simplifiée pour verrière d'inclinaison inférieure à 20%) s'appliquent. Les modules d'inclinaisons inférieures à 20 % peuvent être regroupés dans un module moyen calculé conformément au paragraphe [Méthode simplifiée pour verrière d'inclinaison inférieure à 20 %]. Les autres modules doivent être regroupés notamment en fonction de leur inclinaison et de leur orientation.

### *Détermination des facteurs de transmission solaire et lumineuse $S_{gi'}$ , $S_{gsi'}$ , $TL_{gi'}$ , $TL_{gsi'}$ des vitrages de chaque module, et de leurs composantes*

L'inclinaison n'a pas d'impact significatif sur le facteur solaire déterminé à incidence normale. Les valeurs de chaque module sont donc calculées selon le paragraphe [Détermination des facteurs de transmission solaire et lumineuse  $S_{gi'}$ ,  $S_{gsi'}$ ,  $TL_{gi'}$ ,  $TL_{gsi'}$  des vitrages de chaque module et de leurs composantes] quelles que soient leurs inclinaisons.

#### **Note**

En toute rigueur, pour prendre en compte les incidences rasantes, un correctif devrait être appliqué pour les fortes inclinaisons (>65%). Du fait des simplifications déjà utilisées, de la rareté de ces inclinaisons en verrière, du faible impact de cette correction et par souci de simplification, ce correctif n'est pas retenu.

### *Détermination des facteurs de transmission solaire des autres éléments opaques de chaque module*

Les autres éléments opaques des modules se calculent conformément au paragraphe [Détermination des facteurs de transmission solaire des autres éléments opaques de chaque module].

### *Détermination des composantes des facteurs de transmission solaire et lumineuse moyen $S_{cwi}$ et $TL_{cwi}$ de chaque module*

Le calcul de chaque module se fait à l'aide des formules du paragraphe [Détermination des composantes des facteurs de transmission solaire et lumineuse moyen  $S_{cwi}$  et  $TL_{cwi}$  de chaque module].

### *Renseignement de la verrière dans Th-BCE*

La verrière se décrit dans ce cas sous la forme de plusieurs modules différents et il n'est pas possible de définir de coefficient moyen global de la verrière.

Les surfaces à renseigner dans la méthode Th-BCE correspondent aux surfaces des différents modules. Les différentes composantes des facteurs de transmission solaire et lumineuse sont ceux calculés au paragraphe [Détermination des composantes des facteurs de transmission solaire et lumineuse moyen  $S_{cwi}$  et  $TL_{cwi}$  de chaque module]. Les valeurs sans protection solaire en condition de consommation peuvent être prises égales à celles en condition de confort d'été et égales aux composantes  $S_{cw}$  ( $S_{cw}^C = S_{cw}^E = S_{cw}$ ).

L'inclinaison et l'orientation de chaque module doivent être renseignées ; pour le module moyen regroupant les modules de pentes inférieures à 20 %, une inclinaison nulle doit être appliquée.



## Valeurs tabulées

Les paragraphes suivants donnent des valeurs de  $U_{gh,d}$  calculées conformément à la norme NF EN 673 pour des vitrages horizontaux. Les paramètres d'entrée aux tableaux (épaisseur lame, émissivité, remplissage gaz) doivent être déterminés conformément aux normes NF EN 1279 et NF EN 1096.

### Simple vitrage clair

Quelle que soit l'épaisseur du verre, le coefficient  $U_{gh,d}$  d'un simple vitrage clair horizontal est tel que :

$$U_{g,d} = 6,8 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K}).$$

### Simple vitrage à couche

Le (Tableau 58) donne des valeurs de coefficient  $U_{gh,d}$  d'un simple vitrage à couche valable quelle que soit l'épaisseur du verre :

$U_{gh,d}$ en $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$	Verres à couche Émissivité normale $\epsilon_n$								
	0,05	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80
Verres à couche horizontaux	4,4	4,6	4,9	5,2	5,5	5,8	6,1	6,3	6,6

▲ Tableau 58 : Coefficient de transmission thermique surfacique  $U_{g,d}$  des simples vitrages à couche en fonction de l'émissivité normale de la couche, en  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

### Double vitrage

Les (Tableau 59) et (Tableau 60) donnent des valeurs de coefficient  $U_{gh,d}$  d'un double vitrage en fonction de l'émissivité normale de la couche et du gaz de remplissage.

#### Remplissage air à 100 %

Coefficient de transmission thermique surfacique  $U_{gh,d}$  de double vitrage sans gaz de remplissage, en fonction de l'émissivité normale de la couche et de l'épaisseur de la lame d'air, en  $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Épaisseur lame, en mm	$U_{gh,d}$ en $\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$									
	Vitrages non traités	Vitrages à isolation thermique renforcée Émissivité normale $\epsilon_n$								
		0,03	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
6	3,6	2,6	2,7	2,8	2,9	3,0	3,0	3,1	3,2	3,2
8	3,5	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8	2,9	3,0
10	3,4	2,3	2,3	2,4	2,6	2,6	2,7	2,8	2,9	2,9
12	3,4	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8	2,9
14	3,4	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9
15	3,4	2,2	2,2	2,4	2,5	2,6	2,7	2,7	2,8	2,9
16	3,4	2,2	2,2	2,3	2,5	2,6	2,6	2,7	2,8	2,9
18	3,4	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
20	3,3	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,8

▲ Tableau 59 : Coefficient de transmission thermique surfacique  $U_{gh,d}$  de double vitrage sans gaz de remplissage

### Remplissage argon à 85 %

Coefficient de transmission thermique surfacique  $U_{gh,d}$  de double vitrage avec remplissage Argon 85 %, en fonction de l'émissivité normale de la couche et de l'épaisseur de la lame d'air, en  $W/(m^2.K)$

Épaisseur lame, en mm	Vitrages non traités	$U_{gh,d}$ en $W/(m^2.K)$								
		Vitrages à isolation thermique renforcée								
		Émissivité normale $\epsilon_n$								
		0,03	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
6	3,4	2,2	2,2	2,3	2,5	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9
8	3,3	2,0	2,0	2,1	2,3	2,4	2,5	2,6	2,6	2,7
10	3,2	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7
12	3,2	1,9	1,9	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7
14	3,2	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,6
15	3,2	1,8	1,9	2,0	2,2	2,3	2,4	2,5	2,5	2,6
16	3,2	1,8	1,9	2,0	2,1	2,3	2,4	2,4	2,5	2,6
18	3,2	1,8	1,9	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6
20	3,2	1,8	1,8	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6

▲ **Tableau 60** : Coefficient de transmission thermique surfacique  $U_{gh,d}$  de double vitrage avec remplissage Argon 85 %

### Triple vitrage

Les (Tableau 61) et (Tableau 62) donnent des valeurs de coefficient  $U_{gh,d}$  d'un triple vitrage en fonction de l'émissivité normale de la couche et du gaz de remplissage.

### Remplissage air à 100 %

Coefficient de transmission thermique surfacique  $U_{gh,d}$  d'un triple vitrage sans gaz de remplissage, en fonction de l'émissivité normale de la couche et de l'épaisseur de la lame d'air, en  $W/(m^2.K)$

Épaisseur de chacune des deux lames, en mm	Vitrages non traités	$U_{gh,d}$ en $W/(m^2.K)$								
		Vitrages à isolation thermique renforcée								
		Émissivité normale $\epsilon_n$ (dans chacune des deux lames)								
		0,03	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
6	2,5	1,6	1,7	1,7	1,8	1,9	2,5	1,6	1,7	1,7
8	2,2	1,3	1,4	1,4	1,5	1,6	2,2	1,3	1,4	1,4
10	2,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,5	2,1	1,2	1,2	1,3
12	2,1	1,2	1,2	1,3	1,4	1,4	2,1	1,2	1,2	1,3
14	2,1	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	2,1	1,1	1,2	1,3
15	2,1	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	2,1	1,1	1,2	1,3
16	2,1	1,1	1,2	1,2	1,3	1,4	2,1	1,1	1,2	1,2

▲ **Tableau 61** : Coefficient de transmission thermique surfacique  $U_{gh,d}$  d'un triple vitrage sans gaz de remplissage

### Remplissage argon à 85 %

Coefficient de transmission thermique surfacique  $U_{gh,d}$  d'un triple vitrage avec remplissage argon 85 %, en fonction de l'émissivité normale de la couche et de l'épaisseur de la lame d'air, en  $W/(m^2.K)$

Épaisseur de chacune des deux lames, en mm	Vitrages non traités	$U_{gh,d}$ en $W/(m^2.K)$								
		Vitrages à isolation thermique renforcée								
		Émissivité normale $\epsilon_n$ (dans chacune des deux lames)								
		0,03	0,05	0,10	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
6	2,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,6	2,2	1,3	1,3	1,4
8	2,1	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3	2,1	1,0	1,1	1,2
10	2,0	1,0	1,0	1,1	1,2	1,3	2,0	1,0	1,0	1,1
12	2,0	0,9	1,0	1,1	1,2	1,2	2,0	0,9	1,0	1,1
14	2,0	0,9	1,0	1,1	1,1	1,2	2,0	0,9	1,0	1,1
15	2,0	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	2,0	0,9	0,9	1,0
16	2,0	0,9	0,9	1,0	1,1	1,2	2,0	0,9	0,9	1,0

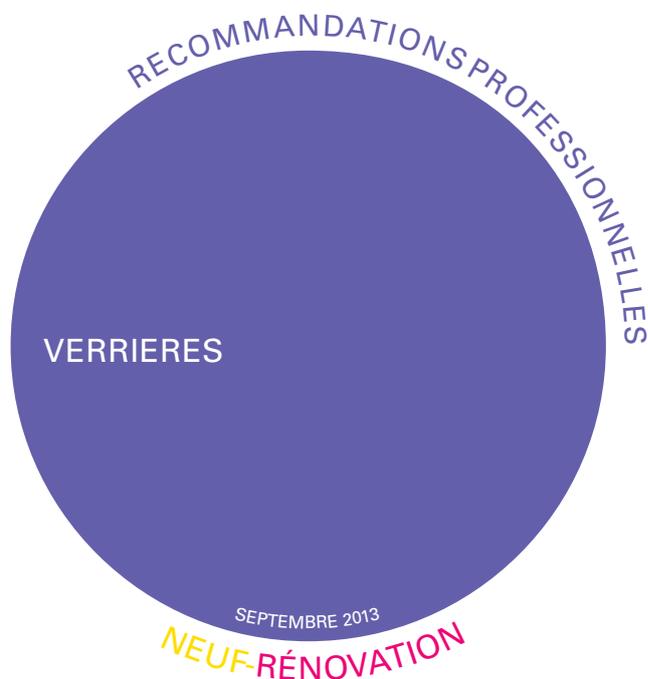
▲ **Tableau 62** : Coefficient de transmission thermique surfacique  $U_{gh,d}$  d'un triple vitrage avec remplissage argon 85 %

## PARTENAIRES du Programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

- Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) ;
- Association des industries de produits de construction (AIMCC) ;
- Agence qualité construction (AQC) ;
- Confédération de l'artisanat et des petites entreprises du bâtiment (CAPEB) ;
- Confédération des organismes indépendants de prévention, de contrôle et d'inspection (COPREC Construction) ;
- Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) ;
- Électricité de France (EDF) ;
- Fédération des entreprises publiques locales (EPL) ;
- Fédération française du bâtiment (FFB) ;
- Fédération française des sociétés d'assurance (FFSA) ;
- Fédération des promoteurs immobiliers de France (FPI) ;
- Fédération des syndicats des métiers de la prestation intellectuelle du Conseil, de l'Ingénierie et du Numérique (Fédération CINOV) ;
- GDF SUEZ ;
- Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie ;
- Ministère de l'Égalité des Territoires et du Logement ;
- Plan Bâtiment Durable ;
- SYNTEC Ingénierie ;
- Union nationale des syndicats français d'architectes (UNSA) ;
- Union nationale des économistes de la construction (UNTEC) ;
- Union sociale pour l'habitat (USH).

Les productions du Programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont le fruit d'un travail collectif des différents acteurs de la filière bâtiment en France.





Les Recommandations professionnelles « Verrières » se focalisent sur les dispositions minimales des verrières, tout en définissant les actions climatiques et d'exploitation à considérer ainsi que les règles de dimensionnement des éléments constitutifs.

La vocation de ce document est d'alimenter un futur projet de DTU en définissant les spécifications de conception, de mise en œuvre et d'installation des verrières assurant le clos et le couvert, mises en œuvre avec une inclinaison minimale de 5° jusqu'à 75° par rapport à l'horizontale.

En termes de conception, des dispositions spécifiques sont apportées sur l'étanchéité tout en définissant les exigences liées à l'habitabilité, ou encore sur la stabilité, en définissant les différentes actions qui agissent sur les verrières.

Spécifiquement sur le choix des vitrages et des protections solaires, l'accent a été mis sur l'aspect thermique, et une méthode de calcul est décrite conformément à la réglementation en vigueur.

Enfin, des précisions directement liées à la mise en œuvre sont données, notamment sur les tolérances de pose ou encore sur les essais *in situ* permettant de contrôler le réseau drainant de la verrière.



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS  
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

Ce programme est une application du Grenelle Environnement. Il vise à revoir l'ensemble des règles de construction, afin de réaliser des économies d'énergie dans le bâtiment et de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

[www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr](http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr)

