

Commission chargée de formuler des Avis Techniques

Groupe spécialisé n° 2

Construction, façades
et cloisons légères

Dalles de planchers et marches d'escalier en verre

Conditions générales de conception, fabrication et mise en œuvre

Ce document a été entériné par le Groupe spécialisé n° 2
le 17 décembre 2002

Membres du groupe d'élaboration du document

Rédacteurs :

Melle MORCANT, représentant le CSTB
MM. CHENAF, COSSAVELLA, DELSAHUT et THOMAS(*), représentant le CSTB

Membres :

Mme CRIAUD, représentant de GLAVERBEL France
SALIMBENI, représentant le CSTB
Melle DURAND, représentant de la SOCOTEC
MM. CANET, représentant AFFITEST
COULON, représentant de la Société DUTEMPLE
COULON, ingénieur conseil
DE LA ROCHEFOUCAULD, représentant de VERTAL SUD EST
DURAND, représentant du CEBTP
ERNEWEIN, représentant de ST GOBAIN GLASS
FAIVRE DELORD, représentant de la FFPV
FROC, représentant de GLACISOL
GALEA, représentant de SCHMIDLIN
GRELL, représentant de PILKINGTON
GORDY, représentant du BUREAU VERITAS
JOLY, représentant de la Société MACOCO Vitrages
NAULEAU, représentant de GOYER
NOEL, représentant de la FFPV
RIOTTEAU, représentant du CEBTP
SASSOT, représentant du CETEN APAVE International
THIBAULT, représentant de la FFPV
VIGNOZZI, représentant de V2S – Vitrages de Sécurité du Sud

(*) Au cours de l'élaboration du document, le groupe de travail a eu à déplorer le décès de Michel THOMAS.
Il avait été à l'origine de sa création et sa collaboration a été très précieuse.



Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, fait sans l'autorisation de l'éiteur ou du Centre Français d'Exploitation du droit de copie (3, rue Hautefeuille, 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 1^{er} juillet 1992 - art. L 122-4 et L 122-5 et Code Pénal art. 425).

© CSTB 2003

Dalles de planchers et marches d'escalier en verre

Conditions générales de conception, fabrication et mise en œuvre

PRÉAMBULE

Ce document constitue un cahier des prescriptions techniques relatif aux dalles de plancher et marches d'escalier en verre.

Il s'adresse à l'ensemble de maîtres d'ouvrages, concepteurs, entreprises, fabricants de vitrages, bureaux de contrôle, etc. confrontés à ces ouvrages et qui souhaitent s'informer sur les règles pratiques de réalisation de tels systèmes tant en ce qui concerne la conception, que la fabrication ou encore la mise en œuvre.

Ce document constitue, le cas échéant, un référentiel d'évaluation.

sommaire

1. Généralités	3
1.1 Définitions	3
1.2 Domaine d'application	3
1.3 Domaine d'emploi	3
2. Règles de conception	3
2.1 Choix des composants	3
2.11 Produits verriers	3
2.12 Intercalaires d'assemblage	4
2.13 Garnitures et cales	4
2.14 Ossature	4
2.2 Règles relatives à la stabilité et au dimensionnement	4
2.21 Actions à considérer	4
2.22 Définition des résistances caractéristiques	4
2.23 Principes de justifications des composants verriers porteurs	4
2.231 Etat-limite de service (ELS)	4
2.232 Etat-limite ultime fondamental (ELU)	5
2.233 Etat-limite ultime accidentel (ELU accidentel)	5
2.24 Vérification au poinçonnement du composant verrier de protection	5
2.3 Règles relatives à la sécurité	6
2.31 Sécurité des usagers	6
2.311 Glissance	6
2.312 Chute des personnes	6
2.313 Chute d'objets	6
2.314 Contrôle visuel des composants verriers	6
2.32 Sécurité en cas d'incendie	6
2.33 Sécurité des intervenants	6
2.4 Règles relatives à la faisabilité	6
2.41 Aptitude à l'emploi	6
2.42 Conditions d'appui	6
2.43 Remplacement	7
2.5 Durabilité	7
2.51 Durabilité du support	7
2.52 Durabilité des produits verriers	7

2.521	Durabilité du composant de protection supérieure	7	Annexes		
2.522	Effets de la température	8	1.	Méthode calcul	10
2.523	Effets de l'humidité	8	2.	Glissance	12
2.524	Contacts verre-métal	8	3.	Références normatives et autres	13
2.525	Autres agents de dégradation (ouvrages extérieurs)	8			
2.53	Durabilité de la liaison entre élément de protection et éléments porteurs	8			
2.54	Durabilité des garnitures d'étanchéité	8			
3.	Règles de fabrication	8			
3.1	Tolérances de fabrication des produits verriers feuillettés de forme rectangulaire..	8			
3.11	Tolérances sur les épaisseurs	8			
3.12	Écarts limites sur la largeur B et la longueur H du produit fini.....	8			
3.13	Planéité.....	9			
3.2	Façonnage des bords	9			
3.3	Traitement heat soak	9			
4.	Règles de mise en œuvre	9			
4.1	Dispositions générales	9			
4.11	Transport – Stockage	9			
4.12	Moyens de manutention	9			
4.13	Réception du support	9			
4.14	Réception des produits verriers	9			
4.15	Positionnement des dalles de verre et des accessoires.....	9			
4.16	Garnissage des joints	9			
4.2	Entretien – réparation	9			

1. Généralités

Le présent document a pour objet de définir les conditions de conception, de fabrication, de mise en œuvre et les règles de calcul spécifiques des produits verriers utilisés en dalle de plancher ou constituant des marches d'escalier, pour un usage en circulation piétonne exclusivement.

1.1 Définitions

On définit les dalles de verre pour planchers et marches d'escalier comme étant des éléments verriers plans supportés sur leur périphérie ou au minimum sur 2 côtés opposés par une ossature peu déformable.

Les dalles de verre sont constituées par des composants verriers feuilletés porteurs et par un composant verrier de protection supérieur, solidaire de l'ensemble.

1.2 Domaine d'application

Seules sont visées dans le présent document :

- les utilisations de produits verriers plans silico-sodo-calciques dont les éléments porteurs sont assemblés en feuilletés selon la norme NF EN 12543-2 avec intercalaires :
 - en polyvinyle butyral (PVB),
 - bénéficiant d'un Avis Technique à caractère favorable pour l'assemblage en vitrage de sécurité, au regard de la chute des personnes,
- les supports métalliques, en béton ou en maçonnerie,
- les dalles de verre :
 - quadrangulaires en appui au minimum sur leurs deux grands côtés avec les petits côtés, en bords libres, limités à 50 cm,
 - de forme quelconque en appui continu périphérique et sans angle rentrant,
- les dalles de verre constituées par des composants verriers porteurs de même épaisseur et de même nature (trempé, durci ou recuit).

Commentaire 1 : Tous les cas de géométrie, de nombre d'appuis et de limite dimensionnelle différents ne sont pas visés dans le présent document. Les dalles de verres comportant des trous et/ou encoches ne sont pas visées dans le présent document.

1.3 Domaine d'emploi

Sont visées dans le présent document les emplois :

- en zone réservée à la seule circulation des personnes dans les bâtiments d'usage courant (bâtiments d'habitation, bâtiments civils ou administratifs, publics ou privés, ...).
- sur les voies publiques destinées uniquement à la circulation piétonne.

Ne sont pas visés dans le présent document :

- les planchers devant résister à des charges concentrées permanentes (mobilier...) autres que celles dues au stationnement des personnes,

- les emplois où les planchers en verre auraient à supporter d'autres parties de l'ouvrage (cloisons...), la circulation de véhicules et des installations de stockage et/ou de rangement pondéreux.
- les planchers devant assurer des fonctions de résistance au feu,
- les sols sportifs et industriels,
- les zones d'évacuation des bâtiments situés en zone de sismicité non nulle (Règles PS92 et PS-M189).

Nota importante

Du fait des spécificités des planchers et marches d'escalier en verre et des restrictions du domaine d'emploi mentionnées ci-dessus, les conditions d'utilisation des planches doivent être précisées clairement par :

- la maîtrise d'œuvre dans le cahier des charges (CCTP, ...),
- les entreprises dans leur notice de maintenance.

Le maître d'ouvrage devra les inclure dans le DIUO (Document d'Intervention Ultérieure sur les Ouvrages).

Le gestionnaire des locaux devra en être parfaitement informé afin qu'il puisse prendre toutes les dispositions nécessaires.

2. Règles de conception

2.1 Choix des composants

2.1.1 Produits verriers

Sont utilisables :

- les verres recuits conformes aux normes EN 572-1 et 2 (NF P 32-003 et NF P 78-302),
- les verres trempés thermiquement conformes aux normes NF EN 12150 et XP P 78-280 (traitement thermique « Heat Soak »),
- les verres durcis conformes à la norme NF EN 1863 et justifiant d'un niveau de contrainte de compression de surface de 35 MPa minimum ou bénéficiant d'un Avis Technique.

Ces produits verriers peuvent être :

- clairs ou colorés,
- émaillés à chaud totalement ou partiellement (en face supérieure du composant de protection),
- dépolis (en face supérieure du composant de protection),
- imprimés (en face supérieure du composant de protection),
- revêtus totalement ou partiellement (en face supérieure du composant de protection) d'un matériau limitant la glissance (cf. § 2.311).

Commentaire 2 : Il est rappelé que les surfaces de circulation totalement transparentes peuvent d'une part générer un sentiment d'insécurité chez les usagers et d'autre part, ne permettent pas de satisfaire à l'exigence de discréption et d'intimité. Les exigences relatives au contrôle visuel des composants verriers sont précisées au § 2.314.

2.12 Intercalaires d'assemblage

Les intercalaires des vitrages feuilletés des éléments porteurs sont en PVB clairs, colorés ou opales ou bénéficiant d'un Avis Technique à caractère favorable pour emploi en vitrage de sécurité au regard de la chute des personnes.

2.13 Garnitures et cales

Les garnitures d'appui devront avoir une dureté comprise entre 30 et 45 DIDC et satisfaire aux exigences des normes NF P 85-301 et NF P 85-302 pour les classes P₁ – X – R₁ pour les ouvrages intérieurs et P₁ – X – R₂ pour les ouvrages extérieurs.

Les mastics, qui doivent bénéficier de l'attestation de conformité marque SNJF, fonds de joint et autres garnitures préformées devront être compatibles avec les matériaux situés à leur contact ou à proximité.

Les cales périphériques doivent être en caoutchouc ou matériau de synthèse conformément à la norme NF P 78-201-1 référence DTU 39.

2.14 Ossature

Leur conception, leur durabilité doivent être conformes aux règles en vigueur. Des spécifications particulières sont précisées au § 2.41.

2.2 Règles relatives à la stabilité et au dimensionnement

Compte tenu du fait que la résistance des éléments porteurs ne doit pas être altérée par des chocs ou des rayures, considérés comme inévitables pour ce type d'ouvrage un composant verrier additionnel de protection doit leur être associé en face supérieure. Celui-ci n'est pas pris en compte dans les règles de dimensionnement ci-après sauf pour le calcul du poids propre.

2.21 Actions à considérer

Les dalles de verre ne participent pas à la stabilité du bâtiment.

La stabilité des planchers et escaliers doit être assurée sous les actions ci-après :

- Poids propres
- Charges d'exploitation réparties.

Les actions à prendre en compte sont celles préconisées par la norme NF P 06-001, en adoptant des charges uniformément réparties en fonction de la destination des locaux.

Commentaire 3 : Il est rappelé que les valeurs de charges réparties données dans cette norme ne correspondent pas aux valeurs réelles, mais visent à couvrir les effets dynamiques courants de déplacements de personnes et le caractère concentré, donc plus sollicitant que des charges réparties.

- Charges concentrées accidentielles

La charge concentrée à prendre en compte dans le dimensionnement des dalles en verre est définie par le Maître d'Ouvrage ou le Maître d'œuvre en fonction de la destination de l'ouvrage.

En l'absence de spécification dans les Documents Particuliers du Marché, la valeur de la charge concentrée à prendre en compte dans le dimensionnement est, dans le cas général, de 2 kN appliquée sur une surface de 4 x 4 cm et disposée de manière à produire la sollicitation la plus défavorable (généralement au centre pour les formes courantes).

Commentaire 4 : La prise en compte d'une charge concentrée différente de 2 kN doit résulter d'un examen précis et circonstancié des conditions d'utilisation, notamment pour les voies publiques.

- Charges climatiques déterminées selon le DTU NF P 06-002 (NV 65) modifié 99 pour les effets du vent et le DTU NF P 06-006 (N 84) modifié 95 pour les charges de neige (pour les planchers intérieurs des bâtiments clos, les charges climatiques ne sont pas prises en compte).

2.22 Définition des résistances caractéristiques

Sauf justification particulière attestée par des essais, les valeurs des résistances caractéristiques à prendre en compte pour les éléments de plancher ou de marches d'escalier en verre sont indiquées dans le tableau 1.

Tableau 1

Type de verre	Traité à partir de	Contraintes caractéristiques (MPa)
Verre recuit	Verre float ou verre en feuille étirée	$\sigma_{gk} = 45$
Verre trempé		$\sigma_{bk} = 120$
Verre durci		$\sigma_{bk} = 70$

2.23 Principe de justifications des composants verriers porteurs

Trois types de vérifications sont à mener pour les éléments de plancher et de marches d'escalier.

Elles concernent :

- l'état-limite de service,
- l'état-limite ultime fondamental,
- l'état-limite ultime accidentel,

Dans ce qui suit, les notations suivantes sont adoptées :

- G : action des charges permanentes.
- Q : action des charges d'exploitation réparties.
- F : action des charges concentrées accidentielles.
- W : action du vent.
- S : action de la neige.

Les épaisseurs des composants verriers porteurs prises en compte sont les épaisseurs nominales.

Pour les dalles rectangulaires en appui sur 2 côtés ou 4 côtés, les formules de calcul sont données en annexe 1.

2.231 État-limite de service (ELS)

Les combinaisons de calculs et les critères de justifications sont donnés dans le tableau 2 ci-après.

Tableau 2

ELS	
Combinaisons	Critères
G + Q + 0,77 W G + Q + 0,77 S	$f_{\max}^{(1)} \leq f_{\limite}^{(2)}$
(1) f_{\max} La flèche maximale est calculée sur la totalité des composants porteurs du vitrage feuilleté, (exclusion faite du composant verrier de protection), et en considérant les composants verriers du feuilleté indépendants.	
(2) f_{\limite} La flèche maximale autorisée, fixée au 1/500 ^{ème} de la plus petite dimension de l'élément considéré.	

2.232 État-limite ultime fondamental (ELU)

Les combinaisons de calculs et les critères de justifications sont donnés dans le tableau 3 ci-après.

Il convient en outre de vérifier le non soulèvement des dalles de verre en dépression pour la combinaison de charge G – 1,5 W.

2.233 État-limite ultime accidentel (ELU accidentel)

Les combinaisons de calculs et les critères de justifications sont donnés dans le tableau 4 ci-après.

Tableau 3

Combinaisons	ELU – fondamental		
	Critères		
	Verre recuit	Verre durci	Verre trempé
1,35 G	$\sigma_{\max} \leq \sigma_{gk} / 8$ (5,6 MPa)		Sans objet
1,35 G + 1,5 Q + W 1,35 G + 1,5 Q + S	$\sigma_{\max} \leq \sigma_{gk} / 4$ (11,3 MPa)	$\sigma_{\max} \leq \sigma_{bk} / 4$ (17,5 MPa)	$\sigma_{\max} \leq \sigma_{bk} / 4$ (30 MPa)
La contrainte maximale (σ_{\max}) est calculée sur la totalité des composants porteurs du vitrage feuilleté (exclusion faite du composant verrier de protection), et en considérant les composants verriers du feuilleté indépendants.			

Tableau 4

Combinaisons	ELU – accidentel		
	Critères		
	Verre recuit	Verre durci	Verre trempé
G + F	$\sigma_{\max} \leq \sigma_{gk} / 4$ (11,3 MPa) (*)	$\sigma_{\max} \leq \sigma_{bk} / 4$ (17,5 MPa) (*)	$\sigma_{\max} \leq \sigma_{bk} / 4$ (30 MPa) (*)
La contrainte maximale (σ_{\max}) est calculée sur la totalité des composants porteurs du vitrage feuilleté (exclusion faite du composant verrier de protection), et en considérant les composants verriers du feuilleté indépendants.			

(*) Dans le cas des dalles de verre respectant les 3 critères suivants :
• surface inférieure à 0,25 m² et,
• petit côté inférieur à 0,50 m et,
• hauteur de chute inférieure à 0,50 m.

2.24 Vérification au poinçonnement du composant verrier de protection

Le composant verrier de protection doit avoir une épaisseur suffisante pour résister au poinçonnement.

Le tableau suivant précise l'épaisseur minimale à adopter pour le composant verrier de protection en fonction de l'épaisseur du PVB :

Tableau 5

Épaisseur du PVB (mm)	Épaisseur minimale du composant verrier de protection (mm)	
	Verre recuit	Verre trempé ou durci
0,76	6	6
1,52	8	6
2,28	10	6

En cas d'intercalaire différent du PVB, les épaisseurs sont à déterminer en appliquant une charge de poinçonnement conformément à la norme NF P 06-001 paragraphe 2.5 avec un minimum de 6 mm.

2.3 Règles relatives à la sécurité

2.31 Sécurité des usagers

2.311 Glissance

Bien qu'il n'existe actuellement pas d'exigence réglementaire en la matière, il paraît souhaitable que l'état de surface permette de limiter la glissance.

En intérieur, la pente maximale ne devra pas excéder 5 %.

En extérieur, la déformation des dalles de verre d'un plancher sous poids propre ne doit pas générer de rétention d'eau. La pente destinée à l'écoulement de l'eau devra être supérieure à 1 %, sans excéder 3 %.

Dans le cas des marches en verre, le nez de marche doit être traité pour limiter la glissance.

Dans le cas de dalles de verre intérieures situées à proximité des accès extérieurs, des dispositions doivent être prises pour limiter l'apport d'eau, d'élément abrasifs ou salissants et/ou favorisant la glissance (tapis de protection ou dispositions analogues périodiquement entretenus).

2.312 Chute des personnes

De par les règles de conception retenues, les dalles de plancher et marches d'escalier visées dans le présent document sont réputées assurer la sécurité aux chutes des personnes.

2.313 Chute d'objets

Il convient de considérer les chocs de corps durs de conservation des performances d'une part et de sécurité d'autre part.

Vis-à-vis de la conservation des performances, l'élément doit résister, sans dégradation autre que celle d'une altération locale de l'aspect de surface, au choc d'une bille d'acier de 1 kg tombant d'une hauteur produisant une énergie de 10 Joules.

Vis-à-vis de la résistance aux chocs, l'élément ne doit être ni traversé ni emporté et sans chute de débris ou d'élément dangereux sous l'effet du choc d'une bille d'acier de 4,11 kg tombant d'une hauteur produisant une énergie de 360 Joules et appliquée au centre de la dalle.

Nota

Au regard des chocs de corps durs, il peut être retenu les éléments suivants :

- un composant de protection de 6 mm d'épaisseur est réputé satisfaire aux exigences de résistance de conservation des performances (absence de dégradation sous 10 Joules),
- les dalles de composition courantes supérieures à 688/4 (avec intercalaires PVB) sont réputées satisfaire aux exigences de choc d'énergie 360 Joules.

2.314 Contrôle visuel des composants verriers

La rupture accidentelle de l'un des composants verriers porteur doit pouvoir être perçue :

- soit au travers des composants supérieurs des dalles en vision depuis la zone de circulation,
- soit par accès en sous face par des voies de circulation courante.

Les dispositions à prendre en cas de rupture accidentelle de l'un des composants verriers sont précisées au 2^e alinéa du § 4.2 Entretien-Réparation.

2.32 Sécurité en cas d'incendie

Dans le cas où une exigence de résistance au feu est applicable à l'ouvrage, une étude spécifique est à mener au cas par cas avec justifications expérimentales.

2.33 Sécurité des intervenants

La mise en œuvre fait appel à des dispositions spécifiques précisées dans le PPSPS (plan particulier de prévention de sécurité et de protection de la santé).

2.4 Règles relatives à la faisabilité

2.41 Aptitude à l'emploi

a) Exigences thermiques

En fonction de la situation du plancher dans l'ouvrage, il y a lieu de tenir compte lors de la conception des exigences thermiques : risques de condensations, isolation thermique, échauffement (cf. § 2.522).

L'attention est attirée sur la difficulté de satisfaire aux deux premières exigences à partir d'une conception courante (vitrage simple, feuillure métallique) dans le cas où le plancher fait partie de l'enveloppe du bâtiment.

b) Étanchéité

Dans le cas d'une utilisation en verrière, l'ensemble des règles de l'art doivent être respectées et en particulier l'utilisation de profilés auto-drainants.

2.42 Conditions d'appui

Compte tenu de la diversité des supports envisageables, il y a lieu de tenir compte lors de la conception de l'ensemble des défauts de planéité prévisibles tant pour les supports proprement dits que pour les vitrages.

La liste ci-dessous a pour objectif de définir les conditions d'appuis réelles des dalles de verre intégrant les aléas liés à chaque composant.

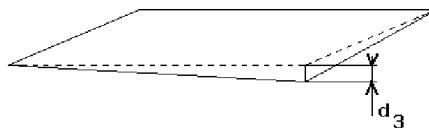
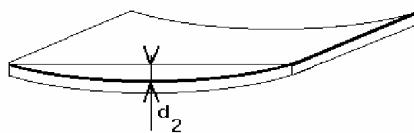
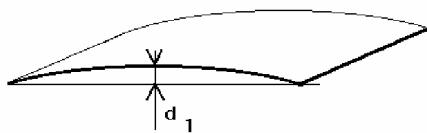
a) Ossature support

L'ossature support doit être calculée avec une flèche maximale (d_1) sous charge d'exploitation correspondant à 1/500 L.

- désafleurement entre deux éléments d'ossature assemblés (angle) $\leq 1 \text{ mm}$
- écart de planéité de l'ossature (pour 30 cm) $\leq 0,5 \text{ mm}$
- écart de planéité sur la longueur des éléments verriers 2 mm
- rugosités localisées (état de surface) $\leq 1 \text{ mm}$.

b) Le vitrage

- flèche à l'état initial $\leq 1/500 \text{ L}$
- défaut de planéité $\leq 2 \text{ mm/m}$
- linéarité des bords $\leq 0,5 \text{ mm} / 30 \text{ cm}$
- gauche (d_2) $\leq 2 \text{ mm}$



c) Les garnitures d'appui

Les garnitures sont généralement continues. Elles sont constituées :

- d'un matériau préformé de dureté comprise entre 30 et 45 D1DC,
- d'un cordon de mastic.

La largeur d'appui effective est égale à $l = 1,5 \times e$ où e est l'épaisseur de la dalle de verre avec un minimum de 30 mm et un maximum de 50 mm.

L'épaisseur de la garniture est de 4 mm minimum et inférieure ou égale à $l/2$.

d) Joint périphérique

La largeur du joint entre la rive du vitrage et le bâti ou le vitrage adjacent est de 5 mm minimum, tolérances du vitrage et du bâti comprises. Ceci vaut également au voisinage de tout élément inséré dans le joint entre dalles.

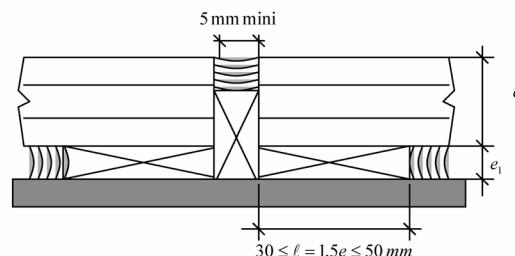
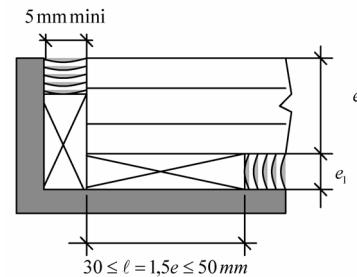
La variation de largeur moyenne de ce joint doit être inférieure ou égale à 20 % sur la longueur du bord de vitrage considéré.

e) Calage latéral

Les cales ponctuelles ou filantes ont pour but d'éviter :

- tout contact entre dalles de verre entre elles et/ou éléments environnants (cadre métallique d'ossature...),
- le cas échéant, une reptation partielle et/ou d'ensemble des dalles de verre du plancher.

La mise en œuvre de ces cales doit se faire sans bridage (et ceci compte tenu des variations dimensionnelles).



$$e_1 \geq 4 \text{ mm}$$

$$e_1 \leq l/2$$

Commentaire 5 : Si par conception la largeur des joints périphériques est telle qu'elle risque d'entraîner une dégradation de la garniture par poinçonnement, il conviendra :

- soit de mettre en place un couvre-joint protecteur,
- soit de choisir un matériau de calfeutrement résistant à ce type de sollicitation.

2.43 Remplacement

Les dalles de plancher et les marches d'escalier doivent pouvoir être remplacées isolément.

Selon la conception de la mise en œuvre et en particulier, le choix du matériau constituant garniture d'appui, la conservation de l'accessibilité de la sous face de l'ouvrage pourra s'avérer indispensable.

Dans tous les cas, compte tenu de la nécessité d'intervention urgente en cas de dégradation, il est recommandé de prévoir des éléments de remplacement.

2.5 Durabilité

2.51 Durabilité du support

- La protection contre la corrosion des éléments métalliques support doit être conforme aux prescriptions de la norme NF P 24-351.
- Dans le cas des profilés tubulaires en acier les dispositifs de fixation ou d'assemblage ne doivent pas être source d'infiltration d'eau dans les tubulures.

2.52 Durabilité des produits verriers

2.521 Durabilité du composant de protection supérieure

La surface des dalles de verre sera inévitablement altérée par des rayures et chocs dus à la circulation des usagers, entraînant une modification de l'aspect.

Le risque de rupture de ces composants supérieurs, bien que limité, ne peut pas être exclu, la stabilité de la dalle n'étant cependant pas mise en cause dans cette configuration.

2.522 Effets de la température

- La température dans les composants verriers feuillets ne doit pas excéder la limite admissible par les intercalaires d'assemblage. Cette limite est de 60°C dans le cas des intercalaires PVB. Elle est précisée dans les Avis Techniques pour les autres types d'intercalaires.
- Pour les ouvrages soumis au rayonnement solaire ou associés à des dispositifs d'éclairage et dans le cas d'utilisation de verres recuits, il convient de s'assurer de l'absence de risque de casse par choc thermique (norme NF P 78-201-1/A1 référence DTU 39).

2.523 Effets de l'humidité

Pour les ouvrages extérieurs toutes les feuillures doivent être drainées et les dispositifs d'appui ne doivent pas entraver l'efficacité de ce drainage.

Les dallages extérieurs doivent être régulièrement entretenus pour éviter l'enrassement et le développement d'organismes végétaux (mousses, lichen, ...) pouvant augmenter la glissance.

2.524 Contact verre-métal

Il doit être strictement proscrit et toutes dispositions nécessaires doivent être prises pour ne pas avoir de contact métal verre de façon durable.

2.525 Autres agents de dégradation (ouvrages extérieurs)

Les sels de déneigement ou de dé verglaçage sont susceptibles de dégrader :

- les garnitures d'étanchéité,
- les produits verriers,
- les intercalaires des vitrages feuillets,
- les éléments d'ossature.

En conséquence il apparaît nécessaire de proscrire l'utilisation de tels produits de traitement.

2.53 Durabilité de la liaison entre élément de protection et éléments porteurs

Dans les cas où l'intercalaire situé entre l'élément de protection et les composants sous-jacents n'est ni un film PVB ni un intercalaire bénéficiant d'un Avis Technique, il devra être justifié de la durabilité de la liaison au regard de :

- l'humidité,
- la température,
- la compatibilité avec les éléments adjacents,
- la durabilité des performances mécaniques (module de compressibilité),
- le rayonnement UV s'il y a lieu selon les dispositions suivants : conditionnement 4000 heures dans un dégradeur UV (type ATLAS CI 35A) et vérification des critères :
 - variation d'indice de jaune entre vitrage vieilli et vitrage témoin inférieur ou égale à 1,
 - variation de la résistance en traction perpendiculaire inférieure ou égale à 25 %.

2.54 Durabilité des garnitures d'étanchéité

Pour les garnitures de type mastic elles doivent être en élastomère 1^{ère} catégorie (25E) selon critères du Label SNJF.

Les conditions de mise en œuvre des mastics (section, mise en œuvre sur fond de joint, ...) doivent être conformes aux règles SNJF.

En fonction de la nature du support il y a lieu de s'assurer de l'adhérence du mastic (essai d'adhésivité cohésion selon la norme NF P 78-201-1 référence DTU 39).

La nature des garnitures d'étanchéité et leur mise en œuvre sur l'ouvrage, doit être adaptée à l'occurrence de risque de poinçonnage résultant notamment de la largeur des joints.

3. Règles de fabrication

3.1 Tolérances de fabrication des produits verriers feuillets de forme rectangulaire

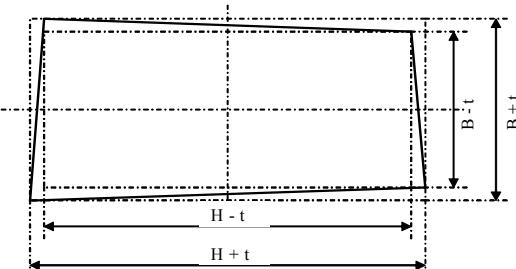
3.11 Tolérances sur les épaisseurs

La tolérance sur l'épaisseur des produits verriers assemblés est la somme des écarts admissibles pour chacun des composants :

- pour les composants verriers, les tolérances sont données par les normes de la série NF EN 572.
- pour les intercalaires, les tolérances sont fixées à :
 - ± 0,2 mm par intercalaire dans le cas de produits verriers recuits,
 - ± 0,4 mm par intercalaire dans le cas de produits verriers durcis ou trempés.L'épaisseur d'un intercalaire est l'épaisseur totale des composants disposés entre deux feuilles de verre.

Commentaire 6 : Le cumul des tolérances d'épaisseurs sur les composants verriers, telles que définies par les normes produits, peuvent conduire à des écarts importants, qu'il sera toutefois possible de réduire par un contrôle des produits verriers avant assemblage. Cette disposition doit faire l'objet d'un accord entre client et fournisseur notamment pour limiter le désaflement entre dalles.

3.12 Écarts limites sur la largeur B et la longueur H du produit fini



Écarts limites sur les dimensions des produits verriers de forme rectangulaire.

Les écarts limites sur la largeur B et la longueur H sont de ± 2 mm, quelle que soit la nature des composants verriers.

Tout décalage doit être compris dans ces écarts limites.

3.13 Planéité

La valeur maximale admissible de la flèche globale du produit verrier feuilleté est de 2 mm/m, quelle que soit la nature des composants verriers (voir § 2.42).

3.2 Façonnage des bords

Les bords du produit verrier feuilleté doivent au moins faire l'objet d'un façonnage de type « bord rodé satin » ou encore « joint plat industriel ».

3.3 Traitement heat soak

Les composants verriers trempés doivent faire l'objet d'un traitement Heat Soak conformément à la norme XP P 78-280.

4. Règles de mise en œuvre

4.1 Dispositions générales

4.11 Transport - Stockage

En règle générale, il convient d'éviter toute opération susceptible de provoquer un écaillage du bord des vitrages.

- **Transport**

Les vitrages doivent être protégés pendant leur transport. Ils doivent être calés, avec un matériau tendre (liège, feutre, polystyrène expansé...).

- **Stockage**

Les volumes doivent être stockés dans un local aéré à l'abri des intempéries et des rayons directs du soleil.

Le stockage sera effectué, sur sol plan, et résistant, sur des tasseaux perpendiculaires au plan du vitrage légèrement inclinés, avec des retours à angle droit permettant l'appui du vitrage sur toute sa hauteur ; l'assise du chant des vitrages est réalisée par l'intermédiaire d'un matériau tendre.

4.12 Moyens de manutention

Les dispositifs de levage et de manutention doivent être adaptés aux poids, état de surface et difficultés de positionnement sur les supports ou dans les cadres.

L'utilisation d'outils métalliques pour le soulèvement, le positionnement etc... des dalles de verre est totalement proscrit.

Les moyens et dispositions de manutention doivent être tels que les éventuelles charges afférentes amenées au niveau des dalles de verre ne soient pas supérieures à celles pour lesquelles le plancher est conçu.

4.13 Réception du support

Il appartient à l'entreprise de mise en œuvre de s'assurer de la conformité du support aux exigences définies au cahier des charges :

- tolérances dimensionnelles,
- tolérances de planéité,
- absence de rugosité excessive,
- désafleurement entre éléments.

Il lui appartient également de s'assurer de l'état du support : propreté, absence d'humidité.

4.14 Réception des produits verriers

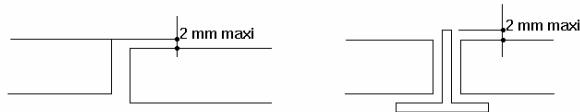
Il appartient à l'entreprise de mise en œuvre de vérifier la conformité des produits aux normes les concernant pour ce qui concerne les dimensions et les défauts d'aspects.

4.15 Positionnement des dalles de verre et des accessoires

Les garnitures d'appuis doivent être positionnées de façon telles que la largeur des appuis sur l'ossature et le produit verrier soit respectée.

Ces garnitures d'appui et les calages latéraux ne doivent pas entraver le drainage éventuel des feillures.

Le désafleurement entre 2 dalles ou entre une dalle et son bâti (si celui-ci est saillant) est limité à 2 mm.



4.16 Garnissage des joints

La mise en œuvre des garnitures d'étanchéité en mastic ou le collage de profilés élastomères doit se faire sur des supports dont la siccité est convenable et la surface propre.

La mise en œuvre doit être entreprise lorsque le support est à une température comprise entre 5 °C et 40 °C.

4.2 Entretien – réparation

- Un entretien régulier des traitements spécifiques mis en œuvre en surface des dalles est nécessaire pour éviter une dégradation de la résistance à la glissance par encrassement, dépôt de matière organique, ... Cet entretien doit être adapté au type de traitement retenu et à la nature des locaux considérés.
- Dans tous les cas, dès qu'une rupture d'un élément structurel est détectée, la circulation doit être exclue sur cette zone. Des mesures conservatoires adaptées sont à mettre en œuvre. Le remplacement doit être effectué dans les meilleurs délais.
- En cas de remplacement de dalle, les dispositions spécifiques sont à mettre en œuvre pour que les différentes charges amenées pendant les opérations afférentes ne soient pas supérieures à celles pour lesquelles le plancher est conçu. Dans le cas contraire des dispositions spécifiques doivent être nécessairement mise en œuvre pour ramener les charges au niveau des appuis support des dalles (platelage...).

Annexe 1

Méthodes de calcul

Le modèle d'analyse pris en compte est conforme aux indications données ci-après. Il est précisé que le format de vérification décrit dans le paragraphe 2.2 n'est valable que dans les limites dimensionnelles figurant dans ce qui suit. Les interpolations linéaires (simples ou doubles) sont possibles.

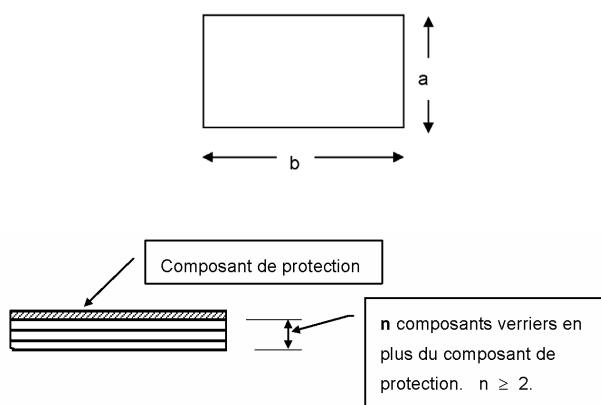
Nota 1 :

Le calcul des dalles de verres en appui continu périphérique de forme quelconque sera réalisé en considérant :

- soit une dalle rectangulaire de même composition, de dimensions circonscrites à la dalle de forme quelconque,
- soit un modèle de calcul spécifique reconnu.

Nota 2 :

Il pourra être utilisé d'autres méthodes de calculs (éléments finis) à la condition que le code afférent soit reconnu.



Notations utilisées dans les calculs

A1 Dalles de verre rectangulaires simplement appuyées sur 4 côtés

A1.1 Calcul des flèches – Cas d'une charge uniformément répartie « p »

La dalle de verre est de dimensions en plan $a \times b$ ($b \geq a$). Elle comporte n composants verriers, en plus du composant de protection supérieur. Ces n composants ont des épaisseurs $e_1 = e_2 = e_3 = \dots = e_n = e$ (épaisseur générique e).

En notant E le module d'Young du verre (pris habituellement égal à 70 000 MPa), les flèches au centre de la dalle sont données par les relations suivantes :

$$f = \frac{\alpha \cdot p \cdot a^4}{n \cdot E \cdot e^3}$$

où p est exprimé en Pa (déterminé tableau 2 § 2.231).

- a en m
- E en MPa
- e en mm (épaisseur nominale)
- f en mm

α est donné par le tableau suivant en fonction du rapport b/a des dimensions de la dalle :

Tableau A1

b/a	α
1.0	44 300
1.1	53 000
1.2	61 600
1.3	69 700
1.4	77 000
1.5	84 300
1.6	90 600
1.7	96 400
1.8	101 700
1.9	106 400
2.0	110 600
3.0	133 600
4.0	140 000
5.0	141 600
∞	142 200

A1.2 Calcul des contraintes

Pour une dalle simplement appuyée sur ses quatre côtés, la contrainte normale maximale qui se développe est donnée par :

$$\sigma_1 = \frac{\beta p a^2}{n e^2} [\text{MPa}]$$

dans le cas de charges uniformément réparties (p) uniquement (voir tableau 3 § 2.232).

$$\sigma_2 = \frac{\beta g a^2 + \beta_1 F}{n e^2} [\text{MPa}]$$

dans le cas de charges uniformément réparties (g) associées à une charge concentrée (F) (voir tableau 4 § 2.233).

Les coefficients β et β_1 sont donnés par les tableaux qui suivent en fonction du rapport b/a des dimensions de la dalle. Les valeurs de β et β_1 qui sont proposées font que la formule qui précède n'est pas homogène, et exigent l'utilisation des unités qui suivent :

- p : charge uniformément répartie en Pa
- F : charge concentrée en N
- g : poids propre par unité de surface en Pa
- a : petit côté en m
- e : épaisseur nominale en mm

La contrainte σ est alors obtenue en MPa.

A1.21 Valeurs de β (pour une charge uniformément répartie)

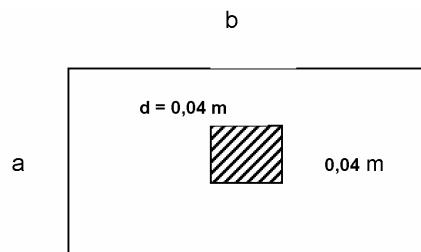
Tableau A2

b/a	β
1.0	0.2668
1.1	0.3138
1.2	0.3583
1.3	0.3999
1.4	0.4382
1.5	0.4732
1.6	0.5048
1.7	0.5332
1.8	0.5587
1.9	0.5815
2.0	0.6017
2,5	0.6728
3.0	0.7105
4	0.7400
5	0.7476
∞	0,75

A1.22 Valeurs de β_1 (pour une charge concentrée)

Tableau A3

b/a	β_1			
	$a \geq 1,6$	$a = 0,8$	$a = 0,4$	$a \leq 0,2$
1.0	2.44	1.97	1.58	1,17
1.1	2.55	2.03	1.63	1,24
1.2	2.59	2.08	1.68	1,28
1.3	2.61	2.11	1.72	1,32
1.4	2.62	2.15	1.75	1,35
1.5	2.64	2.18	1.78	1,38
1.6	2.64	2.18	1.78	1,39
1.8	2.65	2.18	1.78	1,42
2.0	2.66	2.22	1.82	1,43
≥ 5.0	2.71	2.26	1.86	1,46



A2 Dalles de verre rectangulaires simplement appuyées sur 2 côtés

Le calcul est réalisé selon la méthode définie à l'annexe A1 en prenant pour les coefficients α , β et β_1 , ceux définis avec un rapport longueur/largeur b/a infini. La charge ponctuelle est appliquée au centre géométrique de la dalle.

Annexe 2

Glissance

Le tableau ci-après a pour objet de présenter des exemples de résultats expérimentaux sur verre lisse et sur vitrages traités en surface.

Les différentes modalités d'essais sont définies dans le cahier du CSTB n° 3234 « Glissance des revêtements de sol ».

Les valeurs données ci-après :

- résultent d'essais réalisés sur un échantillonnage réduit de vitrages (4 types de surface différents). Ceux-ci sont neufs et n'ont subi aucun encrassement,
- ne peuvent être considérées qu'à titre d'information et ne peuvent constituer en aucun cas justification pour un ouvrage donné.

Éprouvette	Angle d'inclinaison	Coefficient de frottement		
		SRT (P18-578)	FSC 2000 (eau+berol +SBR)	GMG 100 (eau+berol +SGR)
Verre lisse	11°	—	0,10	0,13
Verre traité	12 à 18°	0,21 à 0,25	0,12 à 0,21	0,12 à 0,18

Les vitrages testés correspondent soit à des verres imprimés, soit à des verres ayant subi un traitement de surface (dépoli localisé, sérigraphie spécifique). L'échantillonnage testé n'est pas représentatif de l'ensemble des produits existant sur le marché.

Lorsqu'une exigence spécifique relative à la glissance est formulée pour un ouvrage donné, il convient de réaliser des essais au cas par cas.

Annexe 3

Références normatives et autres

NF P 06-001 Bases de calcul des constructions – Charges d'exploitation des bâtiments.

NF P 78-302 Vitrerie, miroiterie – Glace pour vitrage de bâtiment.

XP P 78-280 Vitrage T.H.S.

NF EN 572EN572 Verre dans la construction – Produit de base – Verre silico-sodo-calcique.

NF EN 12150 Verre dans la construction, verre trempé thermiquement de sécurité.

NF EN ISO 12-5543-2 Verre dans la construction verre feuilleté et verre feuilleté de sécurité - Partie 2 – Verre feuilleté de sécurité.

NF EN 18-63 Verre dans la construction – Verre de silicate sodo-calcique durci thermiquement - Partie 1 : définition et description.

NF P 24-351 Menuiserie métallique – Fenêtres, façades rideaux, semi-rideaux, panneaux à ossature métallique – Protection contre la corrosion et préservation des états de surface.

NF P 85-301 Profilés pour joints dans les façades légères – Matériaux à base de caoutchouc.

NF P 85-302 Caoutchouc vulcanisé et caoutchouc plastiqué – Profilés d'étanchéité utilisés dans le bâtiment – Classification – Spécification des matériaux et profilés – Méthodes d'essais sur profilés.

NF P 78-201 DTU 39
Travaux de miroiterie-Vitrerie.

DTU P 06-002 Règles NV 65.

DTU P06-006 Règles N84.

Règles PS92
(NF P 06-013) Règles de construction parasismique : Règles PS applicables aux bâtiments dites Règles PS 92.

Règles PS-MI89
(NF P 06-014) Règles de construction parasismique. Construction parasismique de maisons individuelles et des bâtiments assimilés.

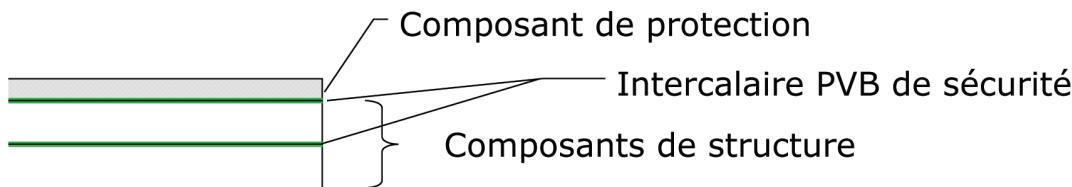
Cahier du CSTB
n° 3234 Glissance des revêtements de sols
Étude expérimentale.



PARIS - MARNE-LA-VALLÉE - GRENOBLE - NANTES - SOPHIA ANTIPOLIS
CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BATIMENT

Comment poser des dalles de plancher et des marches d'escalier en verre ?

Conception



Choix des composants verriers

La dalle est composée de :

- 2 composants de structure **minimum** ;
- 1 composant de protection.

L'ensemble des produits verriers composant la dalle sont assemblés en verre feuilleté.

La dalle en verre feuilleté doit être :

- Conforme à la NF EN ISO 12543-2.
- Classé 1B1 suivant la NF EN 12600 (choc double pneus, voir « fiche NF EN 12600 »).
- Classé P4A minimum, suivant la NF EN 356 (chute d'un corps dur).

Note : Une dalle de composition minimale 688.4 feuilleté PVB est réputée satisfaire à ces exigences minimales

Pour l'assemblage de la dalle, les composants verriers suivants peuvent être utilisés :

- Les verres recuits conformes aux normes NF EN 572-1 et NF EN 572-2 ;
- Les verres trempés et traités Heat Soak conformes à la EN 14179 ;
- Les verres durcis conformes à la NF EN 1863.

Ces produits verriers peuvent être :

- Clairs ou colorés ;
- Emaillés à chaud totalement ou partiellement en face supérieure du composant de protection ;
- Dépolis (en face supérieure du composant de protection) ;
- Imprimés (en face supérieure du composant de protection) ;
- Revêtus d'un revêtement limitant la glissance.

Note : les surfaces de circulation totalement transparents peuvent générer un sentiment d'insécurité chez les usagers. D'autre part, certains lieux nécessitent un minimum de discréetion et d'intimité pour lesquels les dalles de plancher en verre ne sont pas adaptées.

Durabilité des produits verriers

■ Durabilité du composant de protection

La surface des dalles de verre sera inévitablement altérée par des rayures et chocs dus à la circulation des usagers, entraînant une modification de l'aspect.

Le risque de rupture de ces composants supérieurs, bien que limité, ne peut pas être exclu.

En cas de rupture du composant de protection, la stabilité de la dalle n'est pas remise en cause.

Comment poser des dalles de plancher et des marches d'escalier en verre ?

■ Effets de la température

La température dans les composants verriers feuilletés ne doit pas excéder la limite admissible par les intercalaires d'assemblage. Cette limite est de 60°C dans le cas des intercalaires PVB. Pour les autres types d'intercalaires, voir les spécifications des fabricants.

Pour les ouvrages soumis au rayonnement solaire ou associés) des dispositifs d'éclairage, et dans le cas d'utilisation de verres recuits, il convient de s'assurer de l'absence de risque de casse par choc thermique, conformément au DTU 39 – Mémento casse thermique.

Garnitures et cales

Les garnitures et cales ont une dureté comprise entre 30 et 45 Shore A et être conformes aux normes NF P 85-301 et NF P 85-302, pour les classes P1 – X – R1 en intérieur, et P1 – X – R2 en extérieur.

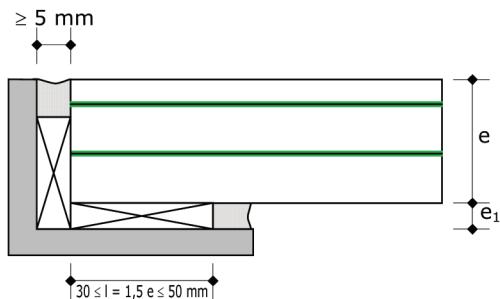
Les garnitures de type mastic doivent être en élastomère de première catégorie (25 E).

Le label SNJF permet de s'assurer de la conformité des mastics. Les mastics doivent être compatibles avec les autres matériaux composant les garnitures et autres matériaux attenants (intercalaires des vitrages feuilletés, etc.).

■ Effets de l'humidité

Pour les ouvrages extérieurs, toutes les feuillures doivent être drainées et les dispositifs d'appui ne doivent pas entraver l'efficacité de ce drainage.

Les dallages extérieurs doivent être régulièrement entretenus pour éviter l'encrassement et le développement d'organismes végétaux (mousses, lichens...), pouvant augmenter la glissance.



Si par conception la largeur des joints périphériques est telle qu'elle risque d'entraîner une dégradation de la garniture par poinçonnement, il conviendra :

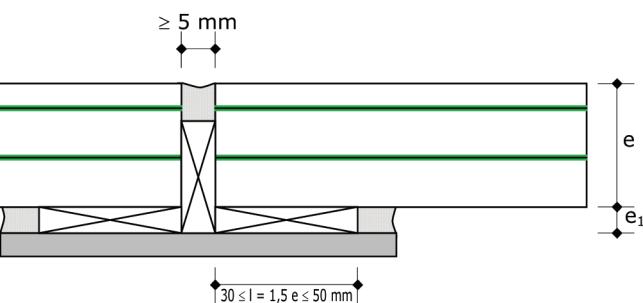
Les cales périphériques doivent être en caoutchouc ou matériau de synthèse, conformes au DTU 39 – CGM (Cahier Général de Choix des Matériaux).

Il y a lieu de s'assurer de l'adhérence du mastic, conformément au DTU 39 – CGM.

Les garnitures et cales ont pour but d'éviter :

- Tout contact entre dalles de verre entre elles et/ou éléments environnants (cadre métallique d'ossature...);
- Le cas échéant, une reptation partielle et/ou d'ensemble des dalles de verre.

La mise en œuvre de ces cales doit se faire sans bridage (et ceci compte tenu des variations dimensionnelles).



- Soit de mettre en place un couvre-joint protecteur ;
- Soit de choisir un matériau de calfeutrement résistant à ce type de sollicitation.

Ossature support

L'ossature doit être calculée avec une flèche sous charge d'exploitation correspondant L/500 (L = longueur entre appuis en mètres).

La protection contre la corrosion des éléments métalliques du support doit être conforme aux prescriptions de la NF P 24-351.

Dans le cas de profilés tubulaires en acier, les dispositifs de fixation ou d'assemblage nedoivent pas être source d'infiltration d'eau dans les tubulures.

Comment poser des dalles de plancher et des marches d'escalier en verre ?

Mise en œuvre

Transport, stockage et manutention

Les prescriptions de stockage et de manutention du DTU 39 devront être respectées.

Manutention

Les dispositifs de levage et de manutention doivent être adaptés aux poids, état de surface et difficultés de positionnement sur les supports ou dans les cadres.

Les moyens de manutention doivent être tels qu'ils ne doivent pas engendrer de charge supérieure pour laquelle le plancher est prévu.

Réception de support

Il appartient à l'entreprise de pose de s'assurer de la conformité du support aux exigences définies au cahier des charges :

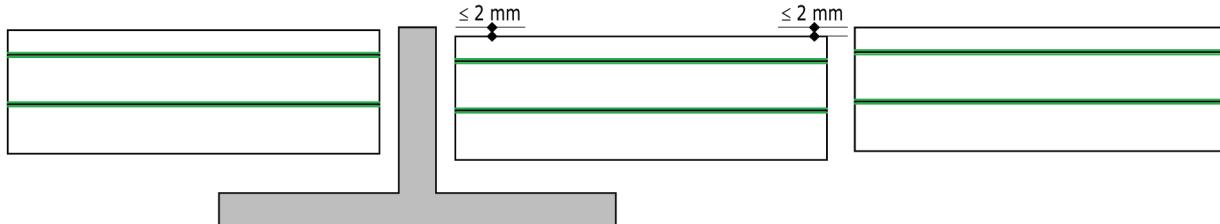
- Tolérances dimensionnelles ;
- Tolérances de planéité ;
- Absence de rugosité excessive ;
- Désaffleurement entre éléments.

Il lui appartient également de s'assurer de l'état du support : propreté, absence d'humidité.

Réception des produits verriers

Il appartient à l'entreprise de mise en œuvre de vérifier la conformité des produits aux normes les concernant pour ce qui concerne les dimensions et les défauts d'aspects.

Positionnement des dalles de verre et des accessoires



Les garnitures d'appuis doivent être positionnées de façon telles que la largeur des appuis sur l'ossature et le produit verrier soit respectée.

Ces garnitures d'appui et les calages latéraux ne doivent pas entraver le drainage éventuel des feuilures.

Le désaffleurement entre 2 dalles ou entre une dalle et son bâti (si celui-ci est saillant) est limité à 2 mm.

Garnissage des joints

La mise en œuvre des garnitures d'étanchéité en mastic ou le collage de profilés élastomères doit se faire sur des supports propres et secs.

La mise en œuvre des garnitures doit être entreprise lorsque le support est à une température comprise entre +5°C et +40°C.

Dimensionnement

Le dimensionnement peut être effectué au moyen du logiciel de dimensionnement de dalles de plancher en verre de la FFPV.

Le détail de la méthode de calculs peut être consulté dans le cahier du CSTB n°3448.