— V —
Annexes techniques et règlementation

1 Marquage CE et Normes

2 Mise en œuvre

3 Nettoyage du verre

4 Les vitrages et la sécurité

5 Dimensionnement des vitrages

6 Validation technique des vitrages

7 Règlementation en France

1
MARQUAGE CE ET NORMES

1.1 – Marquage CE

1.1.1 QU'EST-CE QUE LE MARQUAGE CE ?

Le Règlement n° 305/2011 pour les Produits de la Construction fixe les exigences fondamentales applicables aux ouvrages.

> Résistance et stabilité mécaniques.

> Sécurité incendie.

> Hygiène, santé et environnement.

> Sécurité d'utilisation et accessibilité.

> Protection contre le bruit.

> Économie d'énergie et isolation thermique.

> Utilisation durable des ressources naturelles.

Les produits fabriqués en vue d'être incorporés dans ces ouvrages sont évalués conformément aux spécifications européennes (normes EN et ETE) et marqués CE. Certaines caractéristiques des produits, tels que l'aspect et la couleur, ne sont pas prises en compte par le marquage CE.

Il existe d'autres Directives pouvant conduire au marquage CE de produits verriers pour d'autres usages, par exemple l'ameublement ou les appareils sanitaires.

Veuillez consulter le site de Glass for Europe http://www.glassforeurope.com/en/issues/ce-marking.php pour plus d'informations sur le marquage CE.

1.1.2 OBJECTIF

Le marquage CE contribue à la mise en place du marché unique européen en facilitant la circulation des produits sans entrave au sein de l'Union. L'évaluation obligatoire préalable au marquage est faite conformément aux procédures et normes européennes EN et aux ETE. Aucun pays ne peut imposer des exigences supplémentaires couvrant les mêmes aspects que le marquage CE, soit de facto, soit au moyen de l'adoption d'une législation nationale.

Le marquage CE est obligatoire pour commercialiser sur le marché européen un produit relevant d'une norme harmonisée EN. Tous les produits sont évalués selon la même procédure dans chaque pays de l'Union. Les normes EN prévalent sur les normes nationales.

Le marquage CE constitue la preuve que les produits sont conformes aux spécifications harmonisées EN. Chaque pays est libre d'adopter une réglementation spécifique relativement à l'utilisation ou l'installation du produit.

1.1.3 ENTRÉE EN VIGUEUR

La date de début de marquage CE est indiquée par la norme harmonisée relative au produit. Avant cette date, il est illégal d'apposer le marquage sur ces produits.

Aujourd'hui la quasi-totalité des produits verriers sont couverts par le marquage CE, à l'exception de certains produits décoratifs.

1.2 – AGC et le Marquage CE

1.2.1 DÉCLARATION DE PERFORMANCES

Chaque produit remplissant les conditions du marquage doit porter le logo CE et/ou être accompagné d'un document qui le comporte. Une déclaration de performances (DOP) est établie avec les caractéristiques essentielles pertinentes pour l'usage déclaré du produit. Les performances sont exprimées en niveau, en classe ou au moyen d'une description.

▼ Contenu de la DOP

> La référence du produit, avec un code d'identification unique, et sa description.

> L'usage prévu.

> Le ou les systèmes d'évaluation et de vérification de la constance de performances.

> La référence de la norme européenne applicable et sa date.

> La liste des caractéristiques essentielles.

> Les performances d'au moins une des caractéristiques (selon usage prévu).

> Le nom et l'adresse du fabricant.

> Les numéros des organismes notifiés qui sont intervenus (le cas échéant).

▼ La DOP se rapporte au produit fini

La Déclaration de Performances (ou DOP) se rapporte au produit fini (par exemple un verre feuilleté à couche) et non aux composants intermédiaires nécessaires à sa fabrication.

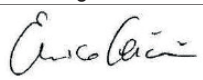
▼ Exemple de DOP

AGC	DÉCLARATION DES PERFORMANCES	CE

Stratobel 44.6 (4 mm Planibel Clearlite + 2.28 mm clear PVB + 4 mm iplus Top 1.1 on Clearlite pos.2) - 16 mm Argon 90% - 16 Pyrobel EI 30 / EW 60 (External glass must be laminated)		
Vitrage isolant préfabriqué scellé destiné à être utilisé dans des bâtiments et des ouvrages de construction		
AGC Glass Europe - Avenue Jean Monnet 4 - 1348 Louvain-la-Neuve - Belgique		
EN 1279-5:2005 + A2:2010		
NB 0074 0336 0402 0432 0474 0497 0589 0620 0672 0679 0749 0757 0761 0833 1080 1121 1136<br / >1154 1173 1174 1234 1314 1322 1343 1390 1391 1394 1396 1488 1643 1694 1717 1750 1812 2531		
Caractéristiques essentielles	**AVCP systems**	**Performances**
Sécurité en cas d'incendie		
Résistance au feu	1	EI 30 / EW 60
Réaction au feu	3, 4	NPD
Performances de comportement vis-à-vis d´un feu extérieur	3, 4	NPD
Sécurité d'utilisation		
Résistance aux balles	1	NPD
Résistance aux explosions	1	NPD
Résistance aux effractions	3	P5A
Résistance à l´impact d´un pendule	3	1B1 / 2B2
Résistance aux variations brutales de température et aux températures différentielles	4	NPD / NPD
Résistance aux charges dues au vent et à la neige, aux charges permanentes et imposées	4	NPD
Protection contre le bruit		
Isolation au bruit aérien direct	3	NPD
Propriétés thermiques		
Declared emissivity	3	0.03/NPD
Propriétés thermiques (EN 673): Coeff. Ug (W/(m².K))	3	1.1
Propriétés de rayonnement		
Transmission lumineuse	3	75
Réflexion lumineuse	3	12
Propriétés énergétiques		
Transmission du rayonnement solaire	3	41
Réflexion du rayonnement solaire	3	19
Facteur solaire	3	53
Durabilité		
	3	PASS

NPD = No Performance Determined (Performance non déterminée)

Les performances du produit identifié sont conformes aux performances déclarées indiquées. La présente déclaration des performances est établie sous la seule responsabilité du fabricant identifié. Signé pour le fabricant et en son nom par:

Nom et fonction	Date et lieu de délivrance	Signature
E. Ceriani Primary Sales & Strategic Marketing Director Building	Louvain-la-Neuve 18/11/2015	

NPD : performance non déclarée.

1.2.2 WWW.AGC-YOURGLASS.COM

Plusieurs dispositions pratiques existent et sont accessibles *via le site www.agc-yourglass.com*.

▼ Fichier pdf

Un bouton nommé «Marquage» permet de télécharger un fichier PDF contenant les DOP applicables à un très grand nombre de produits avec plusieurs épaisseurs par tableau. Il est fréquemment mis à jour.

▼ Glass Configurator

A partir de la Toolbox, Glass Configurator permet à l'utilisateur de rechercher spécifiquement un vitrage simple ou feuilleté ou de construire virtuellement un vitrage isolant Thermobel particulier. La DOP peut être téléchargée ou imprimée.

▼ Glass Identity

Chaque produit transformé par AGC possède un numéro qui se trouve sur les documents commerciaux et les étiquettes apposées sur les produits. Cet identifiant permet d'accéder à une fiche descriptive, puis en option, à la DOP relative au produit.

Pour les vitrages isolants Thermobel, il est inscrit sur l'espaceur.

1.3 – Normes européennes pour le verre

Les normes sont préparées par le CEN TC 129 «Verre dans la construction» et par d'autres comités techniques tels que le TC 33 (portes, fenêtres, façades rideaux), le TC 127 (sécurité incendie dans le bâtiment), le TC 163 (appareils sanitaires), le TC 349 (mastics), le TC 284 (serres), le TC 250 (eurocodes structuraux), le TC 207 (meubles), le TC 89 (performance thermique des bâtiments et des composants du bâtiment).

Les normes publiées sont indiquées EN ; les projets sont indiqués prEN. Ces normes sont publiées dans les différents pays de l'Union et sont disponibles auprès des organismes de normalisation (NBN en Belgique, AFNOR en France, NEN aux Pays-Bas, DIN en Allemagne…).

Plusieurs tableaux reprennent les normes harmonisées selon la classification suivante :

- normes harmonisées pour le marquage CE,
- produits verriers de base,
- produits verriers transformés,
- méthodes d'essais et de calculs.

Les normes européennes font l'objet de mises à jour tous les 10 ans environ.

1.3.1 NORMES HARMONISÉES POUR LE VERRE DANS LA CONSTRUCTION

EN 572-9 : 2005	Produits de base : verre de silicate sodo-calcique Norme de produit
EN 1036-2 : 2008	Miroirs en glace argentée pour l'intérieur Norme de produit
EN 1051-2 : 2007	Briques en verre et pavés en verre Norme de produit
EN 1096-4 : 2004	Verre à couche Norme de produit
EN 1748-1-2 : 2004	Produits de base spéciaux Verres borosilicates – Norme de produit
EN 1748-2-2 : 2005	Produits de base spéciaux Vitrocéramiques – Norme de produit
EN 1279-5 : 2010	Vitrage isolant Norme de produit

(Suite)

EN 1863-2 : 2004	Verre de silicate sodo-calcique durci thermiquement Norme de produit
EN 12150-2 : 2005	Verre de silicate sodo-calcique de sécurité trempé thermiquement Norme de produit
EN 12337-2 : 2005	Verre de silicate sodo-calcique renforcé chimiquement Norme de produit
EN 15683-2 : 2014	Verre de silicate sodo-calcique profilé trempé thermiquement Norme de produit
EN 13024-2005	Verre borosilicate de sécurité trempé thermiquement Norme de produit
EN 14178-2 : 2005	Verre dans la construction – Verre de silicate alcalino-terreux de base Norme de produit
EN 14179-2 : 2018	Verre de silicate sodo-calcique de sécurité trempé et traité Heat-Soak Norme de produit
EN 14321-2 : 2015	Verre de silicate alcalino-terreux de sécurité trempé thermiquement
EN 14449 : 2005	Verre feuilleté et verre feuilleté de sécurité Norme de produit
pr EN 16477-2 : 2016	Verre laqué destiné à un usage intérieur Norme de produit

Des révisions sont en instance de parution pour toutes ces normes.

1.3.2 PRODUITS VERRIERS DE BASE

Référence	Titre
EN 572-1 + A1 : 2016	Verre de silicate sodo-calcique Définitions, propriétés physiques et mécaniques générales
EN 572-2 : 2012	Verre de silicate sodo-calcique – Glace
EN 572-3 : 2012	Verre de silicate sodo-calcique – Verre armé poli
EN 572-4 : 2012	Verre de silicate sodo-calcique – Verre étiré
EN 572-5 : 2012	Verre de silicate sodo-calcique – Verre imprimé
EN 572-6 : 2012	Verre de silicate sodo-calcique – Verre imprimé armé
EN 572-7 : 2012	Verre de silicate sodo-calcique – Verre profilé armé ou non armé
EN 572-8 + A1 : 2016	Verre de silicate sodo-calcique – Mesures livrées et découpées finales
EN 1748-1-1 : 2004 (révision à paraître en 2018)	Produits de base spéciaux – Glace borosilicatée
EN 1748-2-1 : 2001	Produits de base spéciaux – Vitrocéramiques

1.3.3 PRODUITS VERRIERS TRANSFORMÉS

Référence	Titre
EN 1036-1 : 2007	Miroirs en glace argentée pour l'intérieur
EN 1051–1 : 2003	Briques en verre et pavés en verre Définitions, exigences, méthode d'essai et contrôles
EN 1096–1 : 2012	Verre à couche – Définition et classification
EN 1096–2 : 2012	Verre à couche – Exigences et méthodes d'essais pour les couches de classes A, B et S
EN 1096–3 : 2012	Verre à couche – Exigences et méthodes d'essais pour les couches de classes C et D
EN 1096-5 : 2016	Méthode d'essai et classification des performances auto-nettoyantes des surfaces des verres à couche
EN 1279–1 : (révision à paraître en 2018)	Vitrage isolant – Généralités, description du système, règles de substitution, tolérances et qualité visuelle
EN 1279–2 : (révision à paraître en 2018)	Vitrage isolant – Méthode d'essai de longue durée et exigences en matière de pénétration d'humidité
EN 1279–3 : (révision à paraître en 2018)	Vitrage isolant – Méthode d'essai à long terme et prescriptions pour le débit de fuite de gaz et pour les tolérances de concentration du gaz
EN 1279–4 : (révision à paraître en 2018)	Vitrage isolant – Méthodes d'essai des propriétés physiques des composants et inserts de joints périphériques
EN 1279–6 : (révision à paraître en 2018)	Vitrage isolant – Contrôle de production en usine et essais périodiques
EN 1863–1 : 2012	Verre de silicate sodo–calcique durci thermiquement Définition et description
EN 12150–1 : 2015	Verre de silicate sodo–calcique de sécurité trempé thermiquement Définition et description
EN 12337–1 : 2000	Verre de silicate sodo–calcique renforcé chimiquement Définition et description
EN ISO 12543–1 : 2011	Verre feuilleté et verre feuilleté de sécurité Définitions et description des composants
EN ISO 12543–2 : 2011	Verre feuilleté et verre feuilleté de sécurité
EN ISO 12543–3 : 2011	Verre feuilleté et verre feuilleté de sécurité
EN ISO 12543–4 : 2011	Verre feuilleté et verre feuilleté de sécurité – Méthodes d'essai concernant la durabilité
EN ISO 12543–5 : 2011	Verre feuilleté et verre feuilleté de sécurité – Dimensions et façonnage des bords

(Suite)

EN ISO 12543–6 : 2011	Verre feuilleté et verre feuilleté de sécurité – Aspect
EN 13022–1 : 2014	Vitrage extérieur collé – Produits verriers pour les systèmes de vitrage extérieur collé – Vitrages monolithiques et vitrages isolants supportés et non supportés
EN 13022-2 : 2014	Vitrage extérieur collé – Produits verriers pour les systèmes de vitrage extérieur collé
EN 13024–1 : 2012	Verre borosilicate de sécurité trempé thermiquement Définition et description
EN 14179–1 : 2016	Verre de silicate sodo-calcique de sécurité trempé et traité Heat Soak – Définition et description
EN 14321–1 : 2005	Verre de silicate alcalino-terreux de base de sécurité trempé thermiquement
ISO 11485-1 : 2014	Verre bombé – Terminologie et définitions
ISO 11485-2 : 2014	Verre bombé – Exigences de qualité
ISO 11485-3 : 2014	Verre bombé – Exigences pour le verre de sécurité bombé trempé et bombé feuilleté
prEN 16477-1 : 2012	Verre laqué destiné à un usage en intérieur – Essais et exigences
EN 15683-1 : 2013	Verre de silicate sodo-calcique profilé trempé thermiquement Définition et description
EN 15755-1 : 2014	Verre avec film polymère adhésif Partie 1 : définitions et exigences
EN 15752-1 : 2014	Film polymère adhésif Définitions et exigences

1.3.4 MÉTHODES D'ESSAIS ET DE CALCUL POUR LES PRODUITS VERRIERS

Référence	Titre
EN 356 : 1999 (révision à paraître en 2019)	Vitrage de sécurité – Mise à essai et classification de la résistance à l'attaque manuelle
EN 410 : 2011	Détermination des caractéristiques lumineuses et solaires des vitrages
EN 673 : 2011	Détermination du coefficient de transmission thermique U Méthode de calcul
EN 674 : 2011	Détermination du coefficient de transmission thermique U Méthode de l'anneau de garde
EN 675 : 2011	Détermination du coefficient de transmission thermique U Méthode du fluxmètre

(Suite)

EN 1063 : 1999 (révision à paraître en 2019)	Vitrage de sécurité : mise à essai et classification de la résistance à l'attaque par balle
EN 1288-1 : 2000	Détermination de la résistance du verre à la flexion Principes fondamentaux des essais sur le verre
EN 1288-3 : 2000 (révision à paraître en 2019)	Détermination de la résistance du verre à la flexion Essai avec éprouvettes supportées en 2 points (flexion 4 points)
EN 1288-4 : (révision à paraître en 2019)	Détermination de la résistance du verre à la flexion Essai sur verre profilé
EN 1288–5 : 2000	Détermination de la résistance du verre à la flexion – Essais avec doubles anneaux concentriques sur éprouvettes planes, avec de petites surfaces de sollicitation
EN 12600 : 2003	Essai au pendule – Méthode d'essai d'impact et classification du verre plat
EN 12603 : 2003	Procédures de validité de l'ajustement et intervalles de confiance des données de résistance du verre au moyen de la loi de Weibull
EN 12758 : 2011	Vitrages et isolement acoustique Description des produits et détermination des propriétés
EN 12898 : 2001	Détermination de l'émissivité
EN 13541 : 2000	Mise à essai et classification de la résistance à la pression d'explosion
prEN 16612 : (à paraître en 2018)	Détermination de l'épaisseur des vitrages par calcul
prEN 16613 : (à paraître en 2018)	Verre feuilleté et verre feuilleté de sécurité Détermination des propriétés mécaniques d'un intercalaire

1.4 – Normes françaises et autres textes

1.4.1 ACOUSTIQUE

> **EN ISO 717-1 : 2013** – Evaluation de l'isolement acoustique des immeubles et des éléments de construction. - Partie 1 : isolement aux bruits aériens.

> **EN ISO 10140-2 : 2013** – Mesurage en laboratoire de l'isolation acoustique des éléments de construction - Partie 2 : mesurage de l'isolation au bruit aérien.

> **EN ISO 16283-1 : 2014** – Mesurage in situ de l'isolation acoustique des bâtiments et des éléments de construction - Partie 1 : isolation des bruits aériens.

> **EN ISO 16283-3 : 2016** – Mesurage in situ de l'isolation acoustique des bâtiments et des éléments de construction - Partie 3 : isolation des bruits de façades.

1.4.2 THERMIQUE DES BÂTIMENTS, DES BAIES ET DES VITRAGES

> **EN ISO 10077-1 : 2012** – Performances thermiques des fenêtres, portes et fermetures – Calcul du coefficient de transmission thermique - Partie 1 : Méthode simplifiée.

> **EN ISO 10077-2 : 2013** – Performances thermiques des fenêtres, portes et fermetures – Calcul du coefficient de transmission thermique - Partie 2 : Méthode numérique pour les profilés de menuiserie.

> **EN ISO 13788 : 2012** – Performances hygrothermiques des composants et parois de bâtiments – Température superficielle intérieure permettant d'éviter l'humidité superficielle critique et la condensation dans la masse - Méthodes de calcul.

> **EN ISO 12631 : 2012** – Performance thermique des façades-rideaux - Calcul du coefficient de transmission thermique.

> **NF P 78-470 : 2015** – Calcul des températures des composants et des efforts dans les joints de scellement des vitrages isolants sans protection solaire.

> **Règles Th U : 2015** (pour les bâtiments neufs) – Règles Th U-Ex (pour les bâtiments existants) - Caractéristiques thermiques utiles des éléments de construction.

> **Cahier CSTB 3242 : 2000** - Conditions climatiques à considérer pour le calcul des températures maximales et minimales des vitrages. Critères pour les vitrages isolants et les vitrages feuilletés.

1.4.3 LUMIÈRE ET PROTECTION SOLAIRE

> **Code of practice** - Clarification of tolerances on declared values for radiation properties - Glass for Europe - January 2007.

> **EN ISO 52022-1 : 2017** – Propriétés thermiques, solaires et lumineuses des composants et éléments du bâtiment - Partie 1 : Méthode de calcul simplifiée des caractéristiques solaires et lumineuses pour les dispositifs de protection solaire combinés à des vitrages.

> **EN ISO / TR 52022-2 : 2017** – Propriétés thermiques, solaires et lumineuses des composants et éléments du bâtiment - Partie 2 : Explication et justification.

> **EN ISO / TR 52022-3 : 2017** – Propriétés thermiques, solaires et lumineuses des composants et éléments du bâtiment - Partie 3 : Méthode de calcul détaillée des caractéristiques solaires et en lumière du jour pour les dispositifs de protection solaire combinés à des vitrages.

> **FD DTU 34.4 : 2015** – Mise en œuvre des fermetures et stores - mémento de choix pour les maîtres d'œuvre.

> **EN 14500** – « Fermetures et stores : confort thermique et lumineux, méthode de calcul ».

> **Cahier CSTB 3677 v2 : 2013** – Prescriptions techniques de conception des stores vénitiens intégrés entre vitrages non scellés.

> **Règles Th L : 2013** – Caractérisation du facteur de transmission lumineuse des parois du bâtiment.

> **Règles Th S : 2013** – Caractérisation du facteur de transmission solaire des parois du bâtiment.

> **XP P 50-777 : 2011** – Parois vitrées associées ou non à des protections mobiles - Détermination du facteur de transmission solaire et lumineuse.

1.4.4 RÉSISTANCE AU FEU

- **EN 15998 : 2011** – Verre dans la construction - Sécurité en cas d'incendie, résistance au feu - Méthodologie d'essai du verre à des fins de classification.
- **EN 13501-2 : 2016** – Classement au feu des produits et éléments de construction - Partie 1 : Classement à partir des données de résistance au feu.
- **EN 1363-1 : 2012** – Essais de résistance au feu - Partie 1 : Exigences générales.
- **EN 1363-2 : 1999** – Essais de résistance au feu - Partie 2 : Modes opératoires de substitution ou additionnels.
- **EN 1364-1 : 2015** – Essais de résistance au feu des éléments non porteurs - Partie 1 : murs.
- **EN 1364-2 : 1999** – Essais de résistance au feu des éléments non porteurs - Partie 2 : plafonds.
- **EN 1364-3 : 2014** – Essais de résistance au feu des éléments non–porteurs dans les bâtiments - Partie 3 : Murs rideaux – Configuration en grandeur réelle (assemblage complet).
- **EN 1364-4 : 2013** – Essais de résistance au feu des éléments non–porteurs dans les bâtiments - Partie 3 : Façades rideaux – Configuration partielle.
- **EN 15254-4 + A1 : 2012** – Application étendue des résultats d'essais de résistance au feu - Eléments non porteurs - Partie 4 : Constructions vitrées.
- **EN 15254-6 : 2013** – Application étendue des résultats d'essais de résistance au feu - Murs non porteurs - Partie 6 : Murs rideaux.
- **EN 15269-1 : 2012** – Application étendue des résultats d'essais - Exigences générales - Application élargie des résultats d'essais de résistance au feu des blocs-portes et blocs-fermetures.
- **EN 15269-20 : 2013** – Application étendue des résultats d'essais - Etanchéité à la fumée des blocs-portes battants et pivotants en acier, en bois et vitrés à ossature métallique.
- **EN 15269-5 : 2014** – Application étendue des résultats d'essais - Résistance au feu des blocs-portes vitrés battants et pivotants, à ossature métallique, et des fenêtres vitrées à ossature métallique.

1.4.5 RÉACTION AU FEU

> **EN 13501-1 + A1 : 2012** – Classement au feu des produits et éléments de construction - Partie 1 : Classement à partir des données d'essais de réaction.

> **EN ISO 1716 : 2012** – Essais de réaction au feu de produits - Détermination du pouvoir calorifique supérieur (valeur calorifique) - Essais de réaction au feu des produits de construction et de transport.

> **EN ISO 1182 : 2012** – Essais de réaction au feu de produits - Essai d'incombustibilité - Essais de réaction au feu des produits de construction et de transport.

> **EN 13823 + A1 : 2014** – Essais de réaction au feu des produits de construction - Produits de construction à l'exclusion des revêtements de sol exposés à une sollicitation thermique provoquée par un objet isolé en feu.

> **EN ISO 11925-2 : 2012** – Essais de réaction au feu - Allumabilité des produits soumis à l'incidence directe de la flamme - Partie 2 : essai à l'aide d'une source à flamme unique.

> **Classification of reaction to fire of glass products**. Glass for Europe - April 2015.

> **J.O.C.E, 96/603/CE et 2000/605/CE :** liste des produits classés A1 en réaction au feu sans essais.

1.4.6 ASPECT DES VITRAGES

> **Code of Practice_In-situ measurement and evaluation of the color of coated glass used in facades.** Glass for Europe - January 2005.

> **Critères d'aspect des vitrages isolants (2006) FFPV.**

1.4.7 RÈGLES GÉNÉRALES DE MISE EN ŒUVRE

> **EN 12488 : 2016** – Recommandations pour la mise en oeuvre - Principes de pose pour vitrage vertical et incliné.

> **DTU 39** – Travaux de Vitrerie-Miroiterie. P1-1 Cahier des clauses techniques (2006) - P1-2 Critères généraux de choix des matériaux (2006) - P2 Cahier des clauses spéciales (2006) - P3 Mémento Calcul des contraintes thermiques (2006) - P4 Mémento Calcul pour le dimensionnement des vitrages (2012) - P5 (FD) Choix des vitrages en fonction de l'exposition aux risques de blessures - Mémento pour les maîtres d'œuvre (2017).

> **Règles de conception et de mise en œuvre des Installations en Verre Trempé.** Règles professionnelles FFPV, novembre 2004.

> **ISO/DIS 14439 : 2008** – Verre dans la construction – Règles de pose – Calage des vitrages.

1.4.8 PORTES ET FENÊTRES, VÉRANDAS

> **EN 14351-1/A1+A2 : 2016** – Fenêtres et blocs-portes pour piétons – Fenêtres et blocs-portes extérieurs pour piétons sans caractéristiques de résistance au feu, de dégagement de fumée et de feu extérieur.

> **prEN 14351-2 : 2018** – Blocs-portes intérieurs pour piétons sans caractéristiques de résistance au feu, de dégagement de fumée et de feu extérieur.

> **NF DTU 36-2 : 2016** – Menuiseries intérieures en bois (parties P1-2, P2-2 et P3).

> **NF DTU 37.1** – Menuiseries métalliques.

> **NF DTU 36-5 : 2010** – Mise en œuvre des portes et fenêtres extérieures (parties P1-2, P2-2, P2 et P3).

> **XP P 20-650-1 et -2 : 2009** – Pose de vitrage minéral en atelier. 1 - Spécifications communes à tous les matériaux. 2 - Exigences et méthodes spécifiques au bois.

> **NF P 20-302 : 2008** – Caractéristiques des fenêtres.

> **NF P 20-305 : 2014** – Menuiseries extérieures en bois - Spécifications techniques.

> **NF P 23-308 : 2001** – Menuiseries extérieures - Ouvrages mixtes avec éléments en bois - Spécifications techniques pour la liaison mixte.

> **Cahier CSTB 3298 : 2000** – Feuillure à verre des menuiseries extérieures - Méthode de détermination de la hauteur utile.

> **Règles professionnelles : 2011** – Vérandas à structure aluminium - SNFA.

1.4.9 FAÇADES RIDEAUX, VERRIÈRES, OUVRAGES VEA

> **NF DTU 33-1 : 2008** – Travaux de bâtiment - Façades rideaux (parties P1-2, P2-2 et P3).

> **EN 12488 : 2016** – Recommandations pour la mise en oeuvre - Principes de pose pour vitrage vertical et incliné.

> **EN 13116 : 2001** – Façades rideaux - Résistance au vent - Prescription de performance.

> **EN 12155 : 2000** – Façades rideaux - Détermination de l'étanchéité à l'eau - Essai de laboratoire sous pression statique.

> **EN 12154 : 2000** – Façades rideaux - Perméabilité à l'eau - Performance et classification.

> **EN 12365 : 2003** – Quincaillerie pour le bâtiment - Profilés d'étanchéité de vitrages et entre-ouvrant et dormant pour portes, fenêtres, fermetures et façades rideaux.

> **EN 13830 : 2003** – Façades rideaux - Norme de produit.

> **EN 14019 : 2016** – Façades rideaux - Résistance aux chocs - Prescriptions de performances.

> **Vitrages extérieurs attachés faisant l'objet d'un avis technique** – Conditions générales de conception, fabrication et mise en œuvre. Cahiers du CSTB, n° 3574 v2.

> **NF P 24-351** – Protection contre la corrosion.

> **Recommandations professionnelles RAGE** – Verrières (Sept. 2013) - Neuf et rénovation.

> **Recommandations professionnelles RAGE (2014)** – Façade multiple - Double peau ventilée naturellement sur l'extérieur.

- **Cahier CSTB 3579 : 2015** – Prescriptions techniques de conception des fenêtres et façades légères respirantes.
- **Code of Practice In-situ measurement and evaluation of the color of coated glass used in facades.** Glass for Europe - January 2005.

1.4.10 VEC

- **ETAG 002 : 2013** – Systèmes de vitrages extérieurs collés (VEC) - Partie 1 : Systèmes calés et non calés (Supported and Unsupported Systems). (Amendements 1, 2, 3 : 2002).
- **ETAG 002 : 2002** – Systèmes de vitrages extérieurs collés (VEC) - Partie 2 : Support de laquage en aluminium thermolaqué (Coated Aluminium Systems).
- **ETAG 002 : 2002** – Systèmes de vitrages extérieurs collés (VEC) - Partie 3 : Utilisation de profilés à rupture de pont thermique. (Systems incorporating profiles with thermal barrier).
- **prEN 16759 : 2016** – Vitrages extérieurs collés (VEC) pour portes, fenêtres et façades rideaux - Vérification des propriétés mécaniques de collage.
- **EN 15434-1 + A1 : 2010** – Produits de collage et de scellement structurel et/ou résistants aux rayonnements ultraviolets (utilisé pour les vitrages extérieurs collés et/ou pour les vitrages isolants à bords exposés).
- **Cahiers du CSTB, n° 3488 v2** – Vitrages extérieurs collés faisant l'objet d'un avis technique - Conditions générales de conception, fabrication et mise en œuvre.

1.4.11 COLLAGE

> **Collage UV (2003)** – Règles professionnelles FFPV.

> **Stabilisateurs en verre collés (2009)** – Règles professionnelles FFPV.

1.4.12 CLOISONS

> **ETAG 003 : 2013** – Kits de cloisons intérieures utilisés en parois non porteuses - Internal Partition Kits.

> **NF DTU 35-1 : 2015** – Cloisons démontables - (parties P1-1, P1-2 et P2).

> **Cloisons mobiles** – Règles professionnelles SNFA - Juillet 2007.

> **Recommandations concernant l'emploi des vitrages en cloisons amovibles, démontables et mobiles** – Fiche technique SNFA-COPREC n°42 - Juin 2011.

1.4.13 HAUTE SÉCURITÉ

> **EN 13124-2 : 2004** – Fenêtres, portes et fermetures - Résistance à l'explosion - Méthode d'essai - Partie 2 : Essai en plein air.

> **EN 1522 : 1999** – Fenêtres, portes et fermetures - Résistance aux balles - Exigences et classification.

> **EN 1523 : 1988** – Fenêtres, portes et fermetures - Résistance aux balles - Méthode d'essai.

> **EN 1627 : 2011** – Produits de construction résistants à l'effraction - Prescriptions et classification.

> **EN 1628 : 2011** – Produits de construction résistants à l'effraction - Méthode d'essai pour la détermination de la résistance à la charge statique.

> **EN 1629 : 2011** – Produits de construction résistants à l'effraction - Méthode d'essai pour la détermination de la résistance à la charge dynamique.

> **EN 1630 : 2011** – Produits de construction résistants à l'effraction - Méthode d'essai pour la détermination de la résistance aux tentatives manuelles d'effraction.

> **EN 13123-1 : 2001** – Fenêtres, portes et fermetures - Résistance à l'explosion - Prescriptions et classification - Partie 1 : Tube à effet de souffle (Shock Tube).

- **EN 13123-2 : 2004** – Fenêtres, portes et fermetures - Résistance à l'explosion - Exigences et classification - Partie 2 : Essai en plein air.
- **13124-1 : 2001** – Fenêtres, portes et fermetures - Résistance à l'explosion - Méthode d'essai - Partie 1 : Tube à effet de souffle (Shock Tube).
- **NF ISO 16932 : 2017** – Verre dans la construction - Vitrages de sécurité résistant aux tempêtes destructrices - Essai et classification.

1.4.14 OUVRAGES EXPOSÉS AU RISQUE SISMIQUE

- **NF P 06-013/A1 : 2001** – DTU Règles PS 92 - Règles de construction parasismique - Règles PS applicables aux bâtiments, dites Règles PS 92.
- **Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti : 2014** – Justifications parasismiques pour le bâtiment «à risque normal». *(www.planseisme.fr ou www.centre.developpement-durable.gouv.fr)*.

1.4.15 EUROCODES ET ANNEXES NATIONALES

- **EN 1990 / A1 : 2006 + AN 2006** – Eurocodes structuraux Eurocodes : Bases de calcul des structures + Annexe nationale.
- **EN 1991-1-1 : 2002** – Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-1 : Actions générales - Poids volumiques, poids propres, charges d'exploitation bâtiments.
- **EN 1991-1-3/A1 : 2015 + AN 2011** – Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-3 : Actions générales - Charges de neige + Annexe nationale.
- **EN 1991-1-4/A1/A2 : 2012 + AN 2012** – Eurocode 1 - Actions sur les structures - Partie 1-4 : Actions générales - Actions du vent + Annexe nationale.
- **EN 1998-1/A1 : 2013 + AN 2013** – Calcul des structures pour leur résistance aux séismes - Partie 1 : règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments + Annexe nationale.

1.4.16 GARDE-CORPS, MÉTHODES D'ESSAIS D'IMPACT, DALLES EN VERRE, PISCINES

> **NF P 01-012** – Dimensions des garde-corps - Règles de sécurité relatives aux dimensions de garde-corps et rampes d'escaliers.

> **NF P 01-013** – Essais des garde-corps - Méthodes et critères.

> **NF P 08-301** – Essais de chocs sur les parois verticales des constructions - Définitions des corps de chocs - Modalités des essais de chocs.

> **P 08-302** – Murs extérieurs de bâtiments - Résistance aux chocs - Méthodes d'essais et critères.

> **Cahier du CSTB n°3034** – Garde-corps non traditionnels en verre encastrés en pied (1998) - Révision à paraître en 2018.

> **Méthode d'essai de choc sur verrière** – Cahier du CSTB n° 3228.

> **EN 13049 : 2003** – Fenêtres - Choc de corps mou ou lourd - Méthode d'essai, prescriptions de sécurité et classification.

> **Dalles de plancher et marches d'escalier en verre** – Conditions générales de conception, fabrication et mise en œuvre - Cahiers du CSTB, n° 3448 - Mars 2003.

> **XP P 05-011 : 2005** – Revêtements de sol - Classement des locaux en fonction de leur résistance à la glissance.

> **NF P 90-306 : 2007** – Eléments de protection pour piscines enterrées non closes privatives à usage individuel ou collectif - Barrières de protection et moyens d'accès au bassin - Exigences de sécurité et méthodes d'essais.

> **NF P 90-309/A1 : 2009** – Eléments de protection pour piscines enterrées non closes privatives à usage individuel ou collectif - Abris (structures légères et/ou vérandas) de piscines - Exigences de sécurité et méthodes d'essais.

1.4.17 PHOTOVOLTAÏQUE

> **NF P 78-116 : 2013** – Modules photovoltaïques en verre incorporés au bâti - Dimensionnement en toiture sous charges climatiques.

> **Guide RAGE : 2013** – Systèmes photovoltaïques par modules rigides en toiture inclinée - Guide de conception, de mise en œuvre et de maintenance - Neuf, Rénovation.

1.4.18 PROTECTION ENVIRONNEMENTALE

> **EN 15804 + A1 : 2014** – Contribution des ouvrages de construction au développement durable - Déclarations environnementales sur les produits - Règles régissant les catégories de produits de construction.

1.4.19 DOUCHES, ASCENSEURS, AMEUBLEMENT ET SERRES

> **EN 14428 : 2015** – Parois de douches - Prescriptions fonctionnelles et méthodes d'essai.

> **EN 15200 : 2008** – Appareils sanitaires - Cabines de douche multifonction.

> **EN 81-1 : 2000** – Règles de sécurité pour la construction et l'installation des ascenseurs - Partie 1 : Ascenseurs électriques.

> **EN 14072 : 2004** – Verre en ameublement - Méthodes d'essai.

> **EN 13031-1 : 2002** – Serres - Calcul et construction - Partie 1 : Serres de production.

> **Assemblages en verre collés aux ultra-violets** – Règles professionnelles FFPV - Octobre 2003.

> **NF EN 15185 : 2011** – Ameublement - Évaluation de la résistance de la surface à l'abrasion.

> **NF EN 15186 : 2012** – Ameublement - Évaluation de la résistance de la surface à la rayure.

> **NF EN 1730 : 2012** – Ameublement - Tables - Méthodes d'essai pour la détermination de la stabilité, de la résistance et de la durabilité.

> **NF EN 15372 : 2016** – Ameublement - Résistance, durabilité et sécurité - Exigences applicables aux tables à usage non domestique.

> **NF EN 14749 : 2016** – Ameublement - Meubles de rangement domestiques et de cuisine et plans de travail de cuisine - Exigences de sécurité et méthodes d'essai - Meubles.

> **XP D62-042 : 2010** – Mobilier de bureau - Tables et bureaux - Durabilité et performances - Essais et exigences.

> **pr NF ISO 7171 : 2016** – Ameublement - Meubles de rangement - Méthodes d'essai pour la détermination de la stabilité.

> **pr NF ISO 7170 : 2016** – Ameublement - Meubles de rangement - Méthodes d'essai pour la détermination de la résistance et de la durabilité.

1.4.20 MATÉRIEL ROULANT, CONSTRUCTION NAVALE

> **EN ISO 12216 : 2002** – Petits navires - Fenêtres, hublots, panneaux, tapes et portes - Exigences de résistance et d'étanchéité.

> **ISO 614 : 2012** – Construction navale et structures maritimes - Verres de sécurité trempés pour hublots et fenêtres rectangulaires de navires - Méthode du poinçon pour les essais non destructifs de résistance.

1.4.21 TRAVAIL DU VERRE

> **EN 13035 - 1 à 9** – Exigences de sécurité - Installations pour la production, le façonnage et la transformation de verre plat.

— 2 —
MISE EN ŒUVRE

Ghelamco Arena - Gand, Belgique - Architecte : Bontick - Lacobel Black Classic

2.1 – Façades, toitures, applications du bâtiment

2.1.1 VITRAGES EN FEUILLURE

Ils sont associés à tous types de menuiseries (bois, métal, matériaux de synthèse, ou mixte) et à la plupart des façades légères.

▼ Conception et mise en œuvre

> Principes généraux

La mise en œuvre doit assurer la durabilité de l'ouvrage et la conservation des performances du produit. Les vitrages présentant des amorces de rupture doivent être éliminés. Les tolérances sur les dimensions dans le plan de vitrage et les épaisseurs doivent être considérées. Ni les vitrages isolants, ni les verres trempés ne doivent faire l'objet de retouches.

Les châssis présentent une rigidité minimale et sont protégés contre tout risque de corrosion ou dégradation. Ils doivent répondre aux exigences d'étanchéité à l'eau et à l'air, et être munis d'un système efficace de drainage. Les déformations des châssis doivent être limitées afin de ne pas dépasser les contraintes mécaniques admissibles dans le verre et dans le joint des vitrages isolants.

Les vitrages ne sont jamais en contact direct avec le châssis ou tout autre objet dur. Des cales adaptées sont toujours interposées. Elles assurent :

- l'absence de contact,
- le positionnement correct dans les différents plans et le respect des jeux en feuillure,
- la transmission au châssis des efforts de poids ou charges climatiques,
- la limitation des déformations des vantaux lors de leur manipulation.

Les dimensions de la feuillure et des parcloses ou serreurs sont compatibles avec les jeux et le calage ainsi que la mise en place d'un système d'étanchéité qui garantit l'absence de stagnation d'eau, laquelle pourrait détériorer les produits de scellement ou l'intercalaire de verre feuilleté.

Dans le cas de vitrages isolants, l'étanchéité peut être apportée par un profilé extrudé fixé par divers moyens au

vitrage, complétée ou non par un cordon de mastic et cohérente avec l'exposition à la pluie et au vent ou à la pente des toitures ou de l'ossature. Les produits employés (mastics, profilés) doivent être compatibles entre eux et avec les composants du vitrage isolant (film PVB ou EVA, mastic de scellement...).

Lors des déformations prévisibles du vitrage, la garniture doit conserver son efficacité.

La conception doit permettre l'équilibrage des pressions de vapeur d'eau entre l'air en contact avec la barrière de scellement du vitrage isolant et l'air extérieur.

Le drainage doit permettre d'évacuer l'eau rentrée accidentellement dans la feuillure suite à infiltration ou condensation. Chaque niveau (traverses basse et intermédiaire) doit être drainé indépendamment. Le traitement des angles et des verrières à faible pente nécessite une attention particulière.

Les bandes vitrées verticales nécessitent des dispositions spécifiques relatives au calage, au drainage et à la ventilation des feuillures.

> Sur chantier

Les produits et la mise en œuvre en feuillure sur 2, 3 ou 4 côtés doivent être conformes au *DTU 39 P1-1* et *P1-2*.

Les vitrages collés bord à bord verticalement sont considérés comme non maintenus sur leurs hauteurs.

Un contreventement collé par simple mastic n'assure pas la fonction de support et les vitrages sont considérés comme non maintenus en dépression. Seul un contreventement présent des deux côtés du vitrage peut être assimilé à un support.

> En atelier

NF P20-650-1 est le référentiel en vigueur pour tous les types de menuiseries posées verticalement, les vitrages étant en feuillure sur 4 côtés et mis en œuvre en atelier.

> Façades légères

Les exigences propres aux systèmes de façade (rideaux, panneaux, ventilées, etc) sont définies par le *NF DTU 33.1 (2008)*.

> **Les cloisons en verre**

Elles sont mises en œuvre selon les ATE qui les concernent, et le cas échéant suivant le *DTU 35.1* et les *Règles professionnelles «Cloisons mobiles» du SNFA*.

> **Les vitrages résistants à l'incendie**

Ils sont montés en respectant scrupuleusement les procès-verbaux de classement.

▼ Produits verriers

Les performances thermiques et solaires doivent être conformes à la réglementation pour le neuf ou la rénovation. Les épaisseurs sont généralement déterminées suivant la norme *NF DTU 39 P4*.

Les vitrages isolants Thermobel peuvent bénéficier de la certification Cekal. Les vérifications portent si nécessaire sur la température des produits feuilletés et de scellement, l'effort dans le joint de scellement, ainsi que les risques de casse thermique éventuels. Ceux-ci peuvent être aggravés par des facteurs liés à l'environnement du vitrage (voir p. 555).

Les joints de scellement de vitrage isolant Thermobel doivent être protégés de l'insolation sur toute la périphérie (sauf si le vitrage isolant est à scellement silicone).

Une attention particulière, liée aux variations de pression, doit être portée aux vitrages isolants fabriqués à une altitude très différente de celle du lieu de fabrication (écart ≥ 300 m, notamment triples vitrages, vitrages coulissants).

Les vitrages retardateurs d'effraction, vitrages anti-balles, anti-explosion peuvent présenter un sens de pose à respecter. En vitrage isolant, le composant de protection doit être placé côté intérieur, sauf spécificités de la gamme Thermobel Security. Les risques de casse thermique et d'élévation des températures doivent être appréciés au cas par cas.

> **Bords décalés**

En verre recuit le décalage doit être inférieur à 5 fois l'épaisseur du verre.

> **Vitrages isolants avec croisillons en aluminium**

Les vitrages isolants avec croisillons dont la largeur est inférieure à 30 mm peuvent bénéficier de la certification Cekal. Au delà de 30 mm, les croisillons sont clairs (soit une absorption ≤ 0,40) si les vitrages sont recuits.

L'écart d'épaisseur entre le profilé et la lame d'air est toujours supérieur à 2 mm. Des dispositions permettent la dilatation (1 mm/m). Des précautions éventuelles au regard des chocs thermiques doivent être prises avec des croisillons foncés.

▼ Sécurité

Le *Mémento P5 FD du DTU 39-2017* préconise pour les maîtres d'oeuvre l'usage de vitrages trempés ou feuilletés dans les applications devant répondre à des exigences de sécurité. Les dispositions sont liées à l'exposition aux risques et peuvent être renforcées à la demande du maître d'ouvrage.

La prévention des risques sismiques est à étudier au cas par cas.

2.1.2 VEA

▼ Conception et mise en œuvre

Les règles de Conception, Fabrication et Mise en œuvre des VEA *(cahier du CSTB n° 3574 v2)* s'appliquent en France à l'intégralité des constituants (vitrages, fixations, attaches).

Les systèmes Structura Vision R et Duo sont décrits p. 270. Ils comportent des fixations rotulées et des attaches en forme de croix ou d'étoile, chacune intéressant 4 vitrages ou moins. D'autres géométries sont possibles (barrettes intéressant deux vitrages, par exemple, ou étude à la demande).

Les attaches comportent un percement caractéristique afin de respecter les jeux fonctionnels. Deux trous, l'un circulaire dit «point fixe» et l'autre oblong ou «point dilatant», sont destinés au passage des fixations reprenant le poids. Deux «points libres» sont d'un diamètre supérieur afin d'absorber les tolérances de fabrication et de pose, et de permettre les mouvements et dilatations différentiels entre constituants et ossature.

L'ossature peut-être intérieure ou extérieure, l'ouvrage vertical ou incliné.

Les systèmes VEA Structura sont parfaitement compatibles avec les contreventements et poutres en verre Structura Support, (voir p. 270).

En toiture, pour préserver la bonne tenue et la transparence des vitrages en évitant le dépôt de salissures, et conserver l'étanchéité dans le temps, AGC recommande une pente résiduelle minimale sous charges normales de poids et de neige (1,5° = 2,6 %). Une pente nominale de 5° convient dans la plupart des cas.

Les vitrages de grandes dimensions et posés quasi horizontalement peuvent de plus présenter, du fait de leur poids propre, une déformation gênante sur le plan esthétique.

Les points singuliers (liaison aux angles, présence d'ouvrants, auvents, vitrages non rectangulaires) doivent faire l'objet d'attentions particulières dès la conception.

L'étanchéité entre vitrages peut dans certains cas n'être constituée que d'un simple cordon de mastic silicone. La compatibilité chimique entre le mastic d'étanchéité et l'intercalaire de verre feuilleté, et/ou le joint de scellement du vitrage isolant doit être prouvée.

Un entretien des garnitures d'étanchéité est à prévoir.

▼ Produits verriers

Les produits verriers font l'objet d'une fabrication dédiée Structaflex (verre trempé traité Heat Soak *EN 14179* avec ou sans sérigraphie, assemblée ou non en feuilleté Stratobel PVB et EVA) et soumise à des contrôles particuliers (voir p. 272).

Ils comportent des trous fraisés en angle.

Les vitrages Structura Duo sont isolants et répondent à la réglementation thermique (coefficient Ug et facteur solaire suivant le type de vitrage à couche Stopray T, iplus ou EnergyNT, Sunergy).

Les épaisseurs sont déterminées suivant les règles du *Cahier CSTB 3574 v2* (voir p. 538).

Les Avis Techniques Structura valident les vitrages, les pièces de fixation et un choix d'attaches standard ou à la demande.

▼ Sécurité

Les systèmes Structura peuvent assurer la fonction garde-corps et feront alors l'objet d'un ou plusieurs essais d'énergie 700 à 900 J, conformément à la norme *NF P 01-012* et notamment au voisinage d'un point de fixation. En verrière, les vitrages pourront faire l'objet d'un essai de choc d'énergie 1200 J.

Pour prévenir les chutes de verre trempé en cas de bris accidentel, des dispositifs doivent être prévus de part et d'autre de pans de verre VEA qui comportent des ouvertures pour le passage des usagers ou dont l'aplomb est situé au-dessus des zones de circulation.

Un auvent doit retenir le vitrage accidenté dans son entièreté, ou bien, un caillebotis (de maille 40 mm^2 maximum) doit favoriser la fragmentation. Les dimensions maximales sont $1/10^e$ de la hauteur du pan de verre, minimum 0,50 m, avec un maximum possible égal à 1,50 m. Une alternative consiste à utiliser du verre trempé-feuilleté au-dessus des ouvertures. Dans ce cas le vitrage sera de même épaisseur sur toute la façade afin d'obtenir une teinte homogène en réflexion.

2.1.3 VEC

Le collage du vitrage sur un cadre support (en acier ou aluminium) permet de transmettre aux éléments d'ossature les charges climatiques et éventuellement le poids des vitrages vers l'ossature par l'intermédiaire d'un mastic de collage.

▼ Conception et mise en œuvre

Les différentes parties du guide *ETAG n° 002* harmonisent les justifications propres au VEC pour l'obtention d'un ATE (Agrément Technique Européen) et le marquage CE.

Les vitrages sont verticaux ou inclinés jusqu'à 7° au-dessus de l'horizontale. Les plages de collage sont du verre non revêtu ou à couche inorganique, et de l'aluminium anodisé ou de l'acier inoxydable. Tous les matériaux pouvant être en contact (joints, mastics,..) doivent être durablement compatibles entre eux.

La hauteur h_{mc} du cordon de mastic de collage et son épaisseur e_{mc} sont déterminées selon le *Guide ETAG n° 002* (hauteur entre 6 et 20 mm, avec $e_{mc} \leq hc \leq 3e_{mc}$).

▼ Produits verriers

Simples ou isolants, ils doivent comporter une face lisse pour permettre le collage structurel. Une large gamme de produits convient. L'emploi de verre coulé, imprimé ou dépoli (côté collage) est déconseillé. Le traitement Heat Soak est recommandé pour un verre trempé.

Les vitrages isolants Thermobel répondent à la réglementation thermique et sont à scellement silicone. Ils sont vérifiés selon les règles en usage pour les VEC *(cf. Cahier CSTB n°3488 v2)*. Le façadier doit fournir au fabricant des vitrages les paramètres permettant le calcul des efforts sur le joint de scellement, qui sont limités à 0.95 N/mm à ce jour. Le dimensionnement des vitrages est réalisé par l'entreprise ou par nos soins à sa demande expresse. Les charges climatiques suivant Eurocodes Vent et Neige sont déterminées suivant leur annexe nationale.

Le composant extérieur d'un VEC décalé doit être trempé ou durci si le décalage est supérieur à 5 fois son épaisseur.

Dans le cas d'un vitrage isolant à bord(s) décalé(s), et s'agissant d'une couche low-e de type Stopray, ipasol, Energy ou iplus, l'enlèvement de la couche sur toute la largeur du décalage peut se traduire par une différence visuelle (le bord du vitrage est sombre vu de l'extérieur).

Les performances d'adhérence du mastic de collage sur le verre et le cadre doivent être vérifiées. Les plages de collage doivent notamment être uniformes, ce qui impose des essais de convenance pour certains types de verre (émaillé Colorbel ou sérigraphie Artlite, verre à couche si celle-ci n'est pas émargée).

Le collage des vitrages sur cadre est effectué en atelier, à l'abri des poussières et sources polluantes et à température et hygrométrie contrôlées, par nos filiales AGC qui disposent du Pass VEC (surveillance continue par le CSTB).

▼ Sécurité

> Risque de chute des personnes

En présence d'un garde-corps *NF P 01-012* et *01-013* : pas d'exigence.

En présence d'une protection résiduelle *NF P 01-012* (voir p. 480) : essais de choc selon *P 08-302*. En l'absence de protection résiduelle : essais *P 08-302* à l'état neuf et vitrage décollé disposé sur les dispositifs de sécurité (vitrage en verre feuilleté de sécurité). Dans le cas d'un VI : les dispositifs de sécurité doivent maintenir le feuilleté.

En toiture et en l'absence de dispositions permanentes et collectives pour les travailleurs, les parois VEC doivent résister au choc M50 de 1200 J.

> **Autres risques**

Le cahier *CSTB 3488 v2* préconise des pattes de retenue pour réduire le danger en cas de défaillance du collage. Des dispositifs propres à provoquer la fragmentation peuvent être nécessaires avec le verre trempé. Les vitrages adjacents à un passage ou accessibles pendant toute opération de maintenance ou entretien ne doivent présenter aucune arête vive.

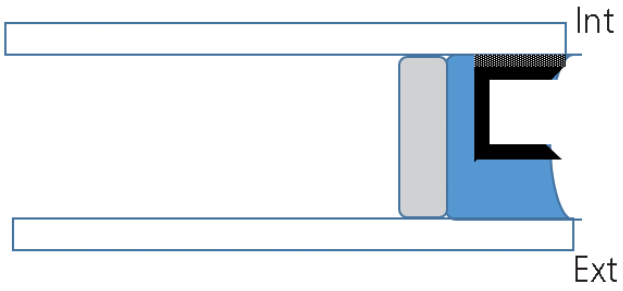
2.1.4 VITRAGES À CLAMER

▼ Conception et mise en œuvre

Les vitrages isolants sont munis au stade de la fabrication de profilés en forme de U ou V disposés dans le joint de scellement en silicone. Des clames métalliques se glissent dans ces profilés lors de la pose pour maintien du vitrage sur l'ossature aluminium. Les dimensions maximales et minimales sont à vérifier au cas par cas.

Le poids des vitrages est repris par des cales adaptées.

Le dimensionnement est identique à celui d'un vitrage VEC.



Cette technique est soumise aux règles professionnelles ou DTA de système. En variante dans certains systèmes, le vitrage isolant comporte une simple réservation dans le silicone de scellement, sans profilé.

▼ Produits verriers

Tous les vitrages de la gamme AGC conviennent. L'espace entre deux verres doit être suffisamment large pour permettre la fabrication (18 à 20 mm selon les systèmes). Le mastic de scellement silicone peut être spécifique afin de répondre aux sollicitations ponctuelles. Des essais préalables sont nécessaires pour attester la bonne tenue du vitrage.

Les vitrages sont fabriqués à la demande avec les éléments et matériels fournis par le client ou le concepteur.

▼ Sécurité

A l'instar de la technique VEC, des pièces sont préconisées pour retenir le verre extérieur en cas de défaillance du collage. Des dispositifs propres à provoquer la fragmentation peuvent être nécessaires avec le verre trempé. Les vitrages adjacents à un passage ou accessibles pendant toute opération de maintenance ou entretien ne doivent présenter aucune arête vive.

Des essais de choc sur ouvrage conformément au *NF DTU 39 P5* peuvent être requis.

2.1.5 CONTREVENTEMENT ET POUTRE

▼ Conception et mise en œuvre

Les éléments de structure en verre, contreventements, poutres ou poteaux, ne relèvent pas du domaine traditionnel ou codifié. Les liaisons des éléments avec le gros-œuvre, les dispositions de dilatation et celles relatives à la sécurité, les dimensions et épaisseurs, font l'objet d'études particulières et d'essais au cas par cas, afin de préciser les coefficients de sécurité. Le cas échéant, ces techniques peuvent faire l'objet d'un Atex.

Le système Structura Support d'AGC (contreventement, poutre, console), peut faciliter les démarches, car le verre, les pièces de liaison au gros œuvre, les dimensions, câbles et éclisses éventuels ont été validés.

Structura Support est compatible avec les systèmes courants de façade et VEA.

▼ Produits verriers

Les éléments sont en verre trempé ou en verre feuilleté Structaflex, PVB, Strong, EVA ou SentryGlas. Ils sont issus d'une fabrication spéciale avec traitement des bords, contrôle de trempe par mesure de contrainte et traitement Heat Soak. Les poutres sont en verre feuilleté (recuit, durci ou trempé THS) de sécurité.

▼ Sécurité

Les contreventements et poutres sont des éléments de structure et résistent aux chocs. Dans certains cas il pourra être recommandé de protéger la partie basse d'un contreventement des coups et chocs.

Les poutres Structura Support résistent au choc d'énergie 1200 J.

Les éléments structurels en verre ne sont pas conseillés en zone sismique.

2.1.6 INSTALLATIONS EN VERRE TREMPÉ

▼ Conception et mise en œuvre

Cette technique traditionnelle est à réserver aux ouvrages verticaux de faible hauteur, et ne permet pas de répondre aux exigences de la réglementation thermique.

Le vitrage est maintenu par serrage avec pièces ponctuelles dédiées et par l'intermédiaire d'un matériau adapté (liège butyl ou autre). La mise en œuvre des parties fixes, des contreventements et des portes doit être conforme aux *Règles Professionnelles de la FFPV (Novembre 2004)* : principes de fixation, dimensions et respect des jeux, nécessité de contreventer.

Dans une installation mixte, comportant des parties en verre recuit (par exemple attenantes aux portes), leur mise en œuvre sera conforme au *DTU 39*.

▼ Produits verriers

Les vitrages clairs utilisés seront toujours trempés ou trempés Heat Soak et d'épaisseur au moins égale à 8 mm. Ils comportent des trous ou encoches de dimensions généralement standard.

▼ Sécurité

Les dispositions du *Mémento P5 FD du DTU 39* s'appliquent. Le verre trempé est par nature un vitrage de sécurité, mais ne suffit pas à remplir la fonction de garde-corps.

2.1.7 PLANCHERS ET MARCHES D'ESCALIER

▼ Conception

Ces éléments font l'objet du *Cahier CSTB n° 3448*, lorsqu'ils sont en appui continu sur 2 ou 4 côtés. Les éléments verriers concernés sont destinés à la seule circulation piétonne, dans les bâtiments courants ou sur les voies publiques.

Les conditions d'utilisation des planchers doivent être précisées par le maître d'ouvrage dans le DIUO (Document d'Intervention Ultérieure sur Ouvrage), par la maîtrise d'œuvre dans le CCTP et les entreprises dans leur notice de maintenance.

En intérieur, la pente est limitée à 5 % = 2.85°. En extérieur, la pente destinée à l'écoulement de l'eau devra être comprise entre 1 et 3 % (0.55° et 1.7°). Des traitements anti-glissance limitant les risques de chute sont nécessaires pour les marches d'escalier des ERP et sont recommandés pour certains usages en extérieur.

Le gestionnaire des locaux devra pouvoir visualiser sans ambiguïté la rupture accidentelle d'un constituant, soit depuis la surface, soit par une voie de circulation usuelle sous le plancher en verre. Une dalle doit pouvoir être remplaçable isolément en cas de casse ou changement d'aspect.

Si le plancher fait partie de l'enveloppe extérieure du bâtiment, la réglementation thermique devra être appliquée et un vitrage isolant devra être prévu.

Afin de limiter les risques de choc thermique ou d'éviter un échauffement important du vitrage feuilleté (voir p. 558), l'existence d'éléments tels que projecteurs ou corps de chauffe doit être signalée.

Un entretien régulier des joints et garnitures doit être prévu par le maître d'ouvrage, les produits de nettoyage devant être compatibles avec les constituants de produits verriers.

Conditions d'appui

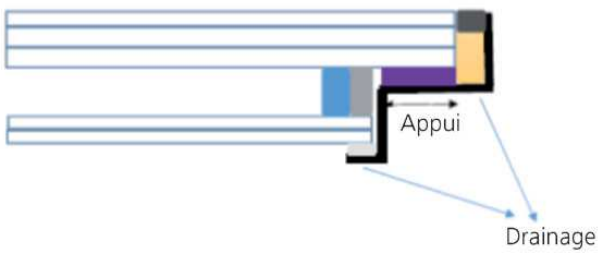
Ossature	Vitrage	Cales et joints
Flèche sous charge ≤ L/500 Désaffleurement entre deux éléments assemblés (angle) ≤ 1 mm Ecart de planéité ≤ 0,5 mm par 30 cm Ecart de planéité sur la longueur du produit verrier ≤ 2 mm Rugosités localisées ≤ 1 mm Dispositifs de drainage à l'extérieur	Flèche initiale ≤ L/500 Défaut de planéité ≤ 2 mm/m Linéarité des bords ≤ 0,5 mm par 30 cm Gauche ≤ 2 mm En appui sur toute la périphérie ou sur deux grands côtés avec bord libre inférieur à 50 cm	Appuis continus : dureté 30 à 45 DIDC (Shore A) Largeur 1.5 x épaisseur de la dalle 30 mm ≤ 1,5 x e ≤ 50 mm Epaisseur ≥ 4 mm Latéralement : éviter la reptation ou le contact des produits verriers entre eux ou avec le métal Compatibilité des matériaux avec les constituants des produits verriers Joint : mastic silicone. Ne doit pas être dégradé par poinçonnement

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

Lorsque la mise en œuvre se veut différente des règles précédentes (appui sur 3 côtés, pièces ponctuelles), il conviendra après étude du projet avec nos services de valider par calcul les dispositions choisies par l'entreprise et/ou le maître d'ouvrage.

> Isolation thermique

Lorsque le vitrage au sol est extérieur, qu'il assure la protection solaire et doit répondre à une exigence d'isolation thermique, il est possible d'utiliser deux vitrages feuilletés décalés et assemblés en vitrage isolant suivant le principe ci-dessous. Chaque face du vitrage isolant repose sur son propre appui périphérique. Les feuillures sont drainées. Les principes exposés auparavant restent valables. Le dimensionnement et les conséquences de l'ensoleillement doivent faire l'objet d'une étude au cas par cas.



> Produits verriers

Une dalle est au minimum constituée de 3 feuilles de verre. La partie porteuse est constituée d'un verre feuilleté Stratobel PVB, EVA ou Strong ou Sentry Glas, dont les composants en verre recuit, durci ou trempé THS mesurent au moins 8 mm. Les épaisseurs sont déterminées avec les charges d'exploitation conventionnelles pour le local ou communiquées par le maître d'ouvrage dans les DPM (voir p. 514).

Le vitrage supérieur ou composant de protection est le plus souvent constitué de verre trempé afin de mieux résister aux rayures et petits chocs. Il ne participe pas à la stabilité de la dalle. Il est rendu solidaire du feuilleté porteur par un intercalaire plastique qui peut être décoratif.

Ce vitrage (6 mm au moins) peut comporter sur tout ou partie de la surface un dispositif permettant de limiter les risques de chute de personnes par glissade (recommandé pour les marches d'escalier, les dalles en extérieur) tel qu'un verre imprimé ou avec une sérigraphie spéciale.

Exemples de traitements anti-dérapant	Angle maximum Plan incliné	Pendule SRT (P 78-578)	FSC 2000
Planibel non traité	9°	0.04	0.18
Planibel grenaillé	> 30°	0.67	0.77
Sérigraphie VDR-G totale	> 30°	0.64	0.72
Sérigraphie VDR-G partielle	11°	0.13	0.54

Certains produits permettent aussi de satisfaire à l'exigence de discrétion et d'intimité.

Le sablage doit être effectué avant la trempe.

▼ Sécurité

Les compositions sont de forte épaisseur et assurent la protection contre les chutes des personnes et la bonne tenue lors de chutes éventuelles. Aucun essai n'est nécessaire dans les cas de mis en oeuvre courante.

Ces éléments sont composés d'au moins un bi-feuilleté porteur, classé 1B1, protégé en permanence de l'usure par rayure ou petits chocs grâce à un composant verrier supplémentaire qui assure l'interface avec l'usager. Un intercalaire de type Strong ou SentryGlas apporte une tenue post-rupture améliorée.

Le composant de protection est trempé pour une meilleure résistance et peut être traité pour réduire la glissance. En cas de rupture de ce verre, la sécurité de l'élément n'est pas affectée, mais le maître d'ouvrage ou l'occupant des lieux doit intervenir pour la remise en état.

2.1.8 BRISE-SOLEIL

▼ Conception et mise en œuvre

Les lames de verre sont horizontales ou inclinées ou verticales. Elles participent à l'animation d'une façade et à la régulation du facteur solaire. Leur conception va dépendre du lieu, de l'exposition et de la hauteur du soleil. Les lames peuvent être fixes ou orientables. Elles sont fixées par des profilés, et/ou des pièces métalliques.

En complément des règles habituelles de dimensionnement propres à la technique de maintien, les lames de brise-soleil sont régies par la *Fiche Technique COPREC/SNFA n°43 (2012)* qui limite les déformations et/ou oblige à l'appréciation d'éventuels phénomènes vibratoires. Ceux-ci dépendent de l'épaisseur du verre et de sa mise en œuvre.

▼ Produits verriers

Les éléments sont en verre recuit ou trempé ou en verre feuilleté Structaflex, suivant les exigences propres à chaque chantier.

Les Stratobel Strong et Stratobel SentryGlas peuvent concourir à une optimisation de l'épaisseur des brise-soleil compte tenu de leur rigidité augmentée par rapport à un PVB ou EVA courant.

▼ Sécurité

La sécurité des usagers est guidée par l'application du *Mémento P5 FD du DTU 39 (2017)*.

2.2 – Décoration, intérieur, ameublement

2.2.1 REVÊTEMENT MURAL, MIROIRS, PLACARDS

▼ Conception et mise en œuvre

Les vitrages sont fixés par collage (sauf plafonds) et par maintien mécanique.

Le Guide d'installation AGC pour les installations intérieures doit être consulté et mis en application dans la dernière version disponible (*à télécharger sur www.agc-yourglass.com, rubrique du produit à poser*) afin de bénéficier des meilleures garanties.

Une épaisseur de 6 mm au moins est recommandée et il ne doit pas être utilisé plusieurs épaisseurs sur la même paroi.

Les découpes ou percements nécessaires sont à réaliser avec soin (et avant la trempe de Lacobel T ou Matelac T). Les vitrages ne doivent pas être mouillés pendant la pose ni immergés par la suite.

> **Essais préalables**

AGC recommande aux installateurs un protocole d'essais de collage. Nous consulter pour tout projet en ERP.

> **Préparation du support**

Les supports et leur état de surface doivent être conformes aux matériaux préalablement testés par AGC avec le silicone FIX-IN (disponible sur AGC Store).

Ils doivent être suffisamment résistants vis-à-vis du poids des vitrages, être lissés pour limiter les effets visuels voire le bombage du verre et éventuellement apprêtés avec un primaire Fix-In PR sur toute surface poreuse.

Référence	Fix In PR	Fix-In silicone + AT	Commentaire
MDF, Panneau de fibres de bois (EN 316)	non	oui	
OSB, Panneau de lamelles minces, longues et orientées (EN 300)	non	oui	
Panneau de particules (EN 312) non ignifugé	non	oui	
Panneau de particules (EN 312) ignifugé poreux	oui	oui	
MFPB Panneau de particules mélaminé (EN 312 + EN 14322) ignifugé non poreux	non	oui	
Plaques de plâtre (EN 520)	oui	oui	
Contreplaqué non ignifugé (EN 636+A1)	non	oui	
Produit manufacturé en silicate de calcium CS (EN 14306)	oui	oui	
Panneau ciment renforcé par des fibres (ISO 390)	oui	oui	
Ciment ou enduit	Oui	Oui	Après séchage > 3 mois
Plâtre	oui	oui	
Béton	oui	oui	Après séchage > 3 mois
Briques	oui	oui	
Carrelage existant	non	Oui	Nettoyer avec eau + ammoniaque, voir Guide

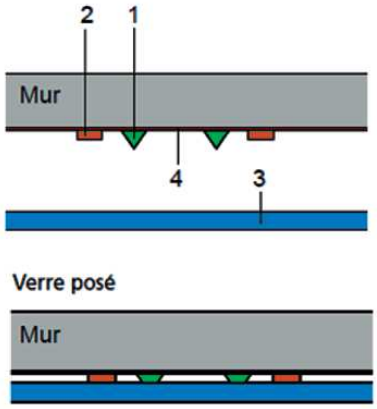
Utiliser une règle de grande dimension pour mesurer les reliefs existants (à limiter à 3 mm par mètre ou 8 mm par 4 m). Dans tous les cas, nettoyer, dépoussiérer par brossage et sécher avant d'encoller.

Une peinture préalable du support, avec la même teinte que les vitrages, peut être réalisée, si l'on craint que le joint silicone translucide de finition entre vitrages ne fasse apparaître la couleur initiale du mur.

Ceci est impératif pour les teintes blanches de Lacobel, Lacobel T, Matelac ou Matelac T. En ce cas la peinture peut faire office de primaire *(voir Guide d'installation précité et Fix-In Pocket Guide pour la rénovation)*. Avec les versions Safe+, l'activateur Fix-In SA doit être appliqué sur la surface filmée du verre sans autre primaire nécessaire.

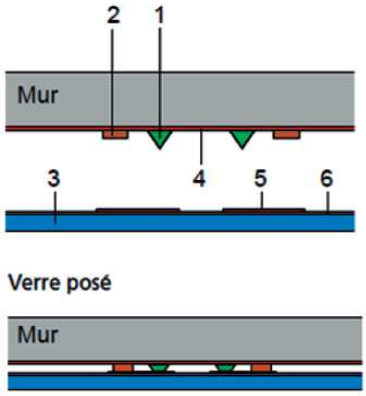
> Encollage

Appliquer verticalement le ruban (Fix-In AT) qui va calibrer l'épaisseur du joint de colle. Puis déposer le silicone Fix-In, en bandes verticales. Respecter les distances entre bandes données en mm/m par l'épaisseur du verre pour Fix-In et Fix AT. Siliconer éventuellement autour des découpes.



Verre
1. Silicone FIX-IN SL
2. Ruban adhésif FIX-IN AT (utilisé comme espaceur et pour le calage initial)
3. Verre
4. Primaire FIX-IN PR (facultatif)

Verre sans film de sécurité appliqué au dos du verre



Verre
1. Silicone FIX-IN SL
2. Ruban adhésif FIX-IN AT (utilisé comme espaceur et pour le calage initial)
3. Verre
4. Primaire FIX-IN PR (facultatif)
5. Activateur de surface FIX-IN SA
6. Film de sécurité

Verre avec film de sécurité appliqué au dos du verre

Commencer la paroi par un bord extérieur. Positionner et ajuster en faisant reposer le verre sur des cales à bonne hauteur. Appuyer fermement sur le vitrage jusqu'à adhésion sur le tape. Le collage est immédiat. Laisser sécher 48 h.

> Points singuliers et joints

Dans les zones humides, fermer les joints au silicone. Pour cela, protéger le verre avec un ruban de masquage, à enlever dès que le silicone a été appliqué.

Les angles sortants peuvent être source de défauts visuels : ils peuvent être munis de profilés métalliques ou être conçus pour masquer les bords du verre qui ne sont pas laqués.

Le Guide d'installation AGC pour les installations intérieures fournit des exemples de solutions d'angle ou de joints pour des situations variées.

Les joints de calfeutrement entre vitrages peuvent être réalisés après 48 h avec Fix-In SL. Le développement complet de la résistance de l'ensemble est effectif au bout d'une semaine.

> **Les éléments de grande dimension**

Ils reposent sur des cales prévues à cet effet pendant toute la vie de l'ouvrage et comportent des profilés ou dispositifs métalliques de retenue permanents.

> **Cas des miroirs**

La surface support doit être propre, sèche et parfaitement plane, afin de ne pas créer de distorsion de l'image.

Des espaceurs non métalliques doivent être prévus pour faciliter une circulation d'air derrière les miroirs, surtout en atmosphère humide.

Les fixations mécaniques (encadrement, pièces métalliques) sont possibles avec les mêmes précautions que pour les verres laqués.

Mirox n'est pas recommandé dans les saunas ou piscines. Dans les salles d'eau et cuisines, en environnement humide, les joints entre vitrages doivent être scellés avec un produit adapté et protégés de toute infiltration d'eau à l'arrière.

> **Fixation mécanique**

Les vitrages sont posés en feuillure ou avec fixations traversantes ou pattes métalliques. Tout contact verre/matériau dur doit être évité par interposition d'une rondelle ou pièce en matériau synthétique entre la fixation et le verre.

L'usage de vis traversante est déconseillé pour les versions en verre recuit car toute pression excessive peut conduire à une rupture au voisinage des percements.

Le tape Fix-In AT peut être utilisé, à raison de 3 rubans par m, comme ruban entretoise afin de maintenir un espace régulier (3.2 mm) entre le support et le plan du verre et afin d'assurer la ventilation si nécessaire.

> **Retouches**

Fix-In TU Touch Up permet des retouches si la peinture Lacobel ou Matelac a été abîmée localement au cours du découpage. Les retouches sur produits trempés sont fait juste après la trempe.

> **Locaux humides**

Lacobel, Mirox et Matelac sont déconseillés dans les saunas ou piscines. Dans les salles d'eau et cuisines, en environnement humide, les joints entre vitrages doivent être scellés avec un produit adapté et protégés de toute infiltration d'eau à l'arrière.

▼ Produits verriers (Lacobel, Lacobel Safe+ et Lacobel T, Matelac, Matelac Safe+ et Matelac T, Mirox)

Ces verres laqués ou les miroirs sont utilisés en grands panneaux ou en dimensions plus réduites comme un carrelage. Ils sont destinés à habiller des parois sans éclairage arrière et dans des conditions telles que le dos ne soit pas visible

Il y a lieu de prendre des précautions quant au sens de pose pour les Lacobel Grey Metal, Taupe Metal, Black Starlight, Rich Aluminium, Copper Metal, Bright Star et pour les Matelac Grey Metal, Taupe Metal. Ces teintes contiennent des pigments "orientés".

▼ Sécurité

La sécurité aux heurts est assurée par tout produit filmé Safe+ industriellement par AGC et classé 2B2 (4 mm au moins) ou trempé classé 1C3 suivant *EN 12600*.

Le maître d'oeuvre doit analyser la situation au cas par cas selon les principes du *DTU 39-P5* (voir p. 479).

Les vitrages de plafond sont de préférence maintenus en feuillure, ou par fixations ponctuelles.

Les risques de défaillance par collage ne pouvant être totalement exclus, nous recommandons les versions Safe+ et l'usage combiné de pattes de sécurité ou profilés de maintien sur les bords horizontaux dans certains locaux (scolaires, sport et loisirs), pour de grandes dimensions et chaque fois que jugé nécessaire par le maître d'oeuvre, pour toute application.

Dans les ERP (IGH), la réglementation incendie peut limiter l'usage de produits combustibles, tels que films et colles de mise en oeuvre (voir p. 585).

2.2.2 PAROIS TRANSPARENTES : CLOISONS ET PORTES, AGENCEMENT INTÉRIEUR

▼ Conception et mise en œuvre

Pour la mise en œuvre des vitrages prévus en transparence, se reporter aux règles en vigueur *(DTU 39 P1-1)* pour la fixation mécanique. Les techniques par serrage, collage au silicone, pièces ponctuelles et/ou vis traversantes (IVT, VEA, ou autre) sont possibles avec les précautions usuelles (isolement du verre avec le métal) : elles peuvent requérir l'usage de verre trempé.

Les parois et cabines de douche sont l'objet de normes *EN 14428* concomitantes à l'obligation de marquage CE.

▼ Produits verriers

Tous les produits de la gamme AGC peuvent convenir : Imagin, Planibel, clair ou coloré, recuit ou émaillé par sérigraphie Artlite, Matelux, ou tous les verres feuilletés Stratobel, Glassiled, Matelux, Stopsol.

▼ Sécurité

Les risques dus aux heurts et/ou chute de morceaux doivent être appréciés, y compris dans les parties privées.

La sécurité aux heurts est assurée par tout produit feuilleté ou filmé classé 2B2 au moins ou trempé classé 1C3 suivant *EN 12600*. Presque tous les produits feuilletés conviennent à ces usages. Les vitrages de plafond sont maintenus en feuillure, ou par fixations ponctuelles. Les bords apparents ou accessibles doivent être façonnés.

Les portes en verre non encadrées (lorsque les charnières sont fixées par serrage à travers des trous ou encoches) sont en verre trempé ou feuilleté.

2.2.3 AMEUBLEMENT

▼ Conception et mise en œuvre

Les exigences générales et les méthodes d'essais sont précisées dans chaque norme relative à une application (tables *EN 1730*, cuisines *EN 1153*, mobilier domestique de rangement *EN 14749*, ...).

Elles visent à éviter toute blessure sérieuse lors d'une utilisation normale ainsi que lors d'une utilisation anormale raisonnablement prévisible. Selon le type de meuble et sa position par rapport au sol, plusieurs types d'essais sous charge sont prévus (chocs, chargement localisé, fatigue...).

EN 14072 concerne les essais de choc applicables aux meubles en verre plat ou bombé, sur des éléments représentatifs de la production.

- **Verre vertical :** choc pendulaire d'une masse de 6,5 kg à la surface de frappe (Ø = 76 mm) arrondie et protégée.
- **Verre horizontal :** l'impacteur est un corps circulaire Ø = 200 mm, de masse 17 kg. L'objet de l'essai est protégé par une épaisseur de mousse de polyuréthanne de 100 mm. La hauteur de chute des impacteurs dépend des exigences applicables par ailleurs.

Les charges types et critères de dimensionnement ou d'essais dépendent de la destination du mobilier (domestique, bureau, technique, scolaire etc...) et du type de meuble (rangement, table, tiroir, étagère, etc...). Les référentiels de certification NF reprennent les exigences normatives et précisent les épaisseurs minimales à utiliser dans certaines configurations et dimensions. Pour des raisons esthétiques ou fonctionnelles, les flèches sont limitées.

Les étagères en verre doivent résister à une charge répartie de 1.75 kg/dm² (soit 1750 Pa) et les tablettes à 0.75 kg/m² (soit 750 Pa), avec une flèche inférieure à 3.6%.

Il est recommandé que les plateaux de table résistent à une charge de 100 kg répartie, ou localisée sur un diamètre de 200 mm.

La pose ne doit pas occasionner de bridage et doit éviter tout contact direct du verre avec des parties métalliques ou dures.

Lors des montages par vissage ou serrage, tout contact direct avec des parties métalliques ou dures doit être évité par l'interposition d'une pièce en matériau synthétique d'une dureté adaptée.

Les produits verriers ne doivent pas quitter leur emplacement, avec risque de chute, lors d'une utilisation normale.

Les tablettes peuvent être fixées ponctuellement aux angles ou en continu sur leurs largeurs. Les portes des vitrines sont souvent coulissantes ou pivotantes avec pièces métalliques.

Les collages de toute nature doivent être réalisés sur des surfaces propres et sèches avec des produits compatibles et testés avec les surfaces supports.

Le collage durcissant sous rayons UV est encadré par les *Règles professionnelles (FFPV, 2003)*.

Le collage silicone est recommandé avec les produits de la gamme Fix-In suivant le Guide d'installation AGC.

▼ Produits verriers

Tous les produits de la gamme AGC peuvent convenir : Imagin, Planibel, clair ou coloré, recuit ou émaillé par sérigraphie Artlite, Matelux, ou tous les verres feuilletés Stratobel, Glassiled, Matelux, Stopsol, Lacobel, Matelac ou Mirox. Pour certains éléments de cuisine ou soumis à échauffement, le verre devra être trempé pour résister à d'éventuels chocs thermiques.

▼ Sécurité

De façon générale, l'usage de verre trempé ou feuilleté est recommandé lorsqu'il y a un risque prévisible consécutif à un choc ou une charge, pour le mobilier pour enfants, pour les dessus de tables ne reposant pas de façon continue sur ses bords ou à quelques centimètres du bord, et dans les salles d'eau.

Les bords apparents doivent être façonnés.

2.3 – Voie publique, aquariums, serres

2.3.1 OUVRAGES URBAINS ET VOIE PUBLIQUE

Les parois d'escalier mécanique, les parois de séparation, le mobilier urbain ainsi que les œuvres d'art, luminaires, panneaux de signalisation, enclos de parc animalier, etc... feront l'objet d'un conseil spécifique qui prendra en compte les dimensions, la localisation, la mise en œuvre, les charges climatiques et liées à l'exploitation, la durabilité attendue et la perspective d'une rupture du verre.

Ces ouvrages étant accessibles au public, le verre trempé 1C3 et le verre feuilleté 3B3 (quel que soit sa nature) répondent aux exigences de base. Les ouvrages destinés à protéger contre la chute des personnes doivent répondre aux exigences en application pour cet usage. Les produits verriers et éventuelles techniques décoratives associées doivent résister au rayonnement UV. Toutes les méthodes de fixation du verre (maintien en feuillure, serrage, VEA, collage, etc...) peuvent être envisagées.

En extérieur, il est recommandé de protéger les bords horizontaux des vitrages feuilletés contre la stagnation d'eau et toute intrusion de produits qui pourraient affecter la durabilité du produit ou générer un défaut esthétique.

Les parois d'escalator ou de trottoir roulant sont en verre feuilleté ou trempé (norme *EN 115*).

2.3.2 AQUARIUMS ET BASSINS

> Vitrages

L'usage de verre recuit non feuilleté doit être réservé à des aquariums de petites dimensions pour lesquels une casse éventuelle est sans danger pour les personnes de son environnement (usage domestique, volume d'eau inférieur à 500 litres).

Chaque fois qu'il y aura un risque important pour la vie humaine, il est recommandé d'utiliser un vitrage feuilleté (recuit, durci ou trempé).

Les vitrages feuilletés de sécurité à intercalaire PVB, EVA, Strong ou SentryGlas sont utilisables. Le verre trempé non feuilleté est déconseillé.

Les hublots et vitrages destinés à l'éclairage subaquatique doivent être en verre feuilleté trempé.

Pour éviter les amorces de rupture sur les bords, les vitrages présentent un façonnage type JPI. Cependant, pour les petits aquariums collés, les vitrages sont bruts de coupe afin de présenter une surface de collage plus grande. Calculs des épaisseurs de vitrage : voir p. 517.

> Collage

Le collage silicone réalisé sur tous les chants doit être réservé aux aquariums de faibles dimensions et d'une durée d'utilisation limitée. Ils sont nettoyés, dégraissés, puis collés avec un silicone apte à garantir durablement les performances mécaniques et l'étanchéité et compatible avec l'intercalaire du verre feuilleté. Dans certains cas, des renforts latéraux sont nécessaires.

> Prise en feuillure sur 3 ou 4 côtés

Les glaces utilisées en hublots seront de préférence montées en appui sur toute la périphérie. La déformation maximale du bâti sous charge doit être limitée à 1/500 de la portée.

Les bords intérieurs des feuillures doivent être aussi rectilignes que possible. Une parfaite planéité des surfaces de contact (écarts ≤ 2 mm) est requise afin d'éviter les tensions ponctuelles excessives qui pourraient entraîner la rupture.

Les feuillures peuvent être prévues directement dans le béton à condition d'être parfaitement rectifiées. Si le châssis et les parcloses sont métalliques, ils doivent être en acier inoxydable ou bien être protégés de façon efficace et durable contre la corrosion.

Les volumes sont montés côté intérieur du bassin. Ils ne doivent en aucun cas être bridés dans leurs feuillures, de quelque manière que ce soit, la pression de l'eau étant suffisante pour les appliquer parfaitement contre le bord extérieur. Les largeurs d'appui sont au moins égales à une fois et demie l'épaisseur de la glace.

La pose de cales imputrescibles est indispensable. Des dispositifs de drainage doivent être prévus. Le contremastic doit être de faible épaisseur pour éviter que son écrasement irrégulier dû à la poussée hydrostatique n'engendre des contraintes de flexion parasites dans les glaces.

Les produits de calage et de calfeutrement doivent être compatibles entre eux et avec l'intercalaire du verre feuilleté.

La mise en eau dans tous les cas ne peut être faite qu'après durcissement complet.

Pour un montage avec un bord libre, des dispositions visant à empêcher les chocs accidentels sur ce bord libre doivent être prévues. Il y a lieu de prévenir tout risque de dégradation du verre feuilleté qui serait liée à l'exposition du bord libre à l'eau.

Des précautions doivent être prises pour la manipulation de vitrages d'un poids très important.

2.3.3 PISCINES

Les vitrages isolants Thermobel de façade ou d'abris sont à scellement silicone. Les constituants de la menuiserie et produits de calfeutrement doivent être adaptés aux vapeurs et eaux de condensation potentiellement présentes. La condensation d'eau sur la face intérieure des vitrages est diminuée avec des vitrages isolants performants, mais les feuillures doivent être correctement ventilées et drainées.

Des dispositions réglementaires s'appliquent aux piscines privées (voir p. 587). Les garde-corps en verre contribuent à la prévention des risques de noyade.

2.3.4 SERRES

Les serres professionnelles sont l'objet de la norme *EN 13031-1*. N'étant pas destinées à recevoir du public, elles ne sont généralement pas construites avec des vitrages de sécurité. La norme *U 57-002* précise les conditions d'entretien, montage et maintenance destinées à sécuriser toutes les interventions. Tout autre type de serre à usage non strictement professionnel doit être construite avec des vitrages de sécurité.

Les serres recevant du public doivent faire l'objet d'une étude circonstanciée des risques associés.

3
NETTOYAGE DU VERRE

Par nature, le verre est un matériau durable, résistant et simple à maintenir propre. Cependant, la conception d'un ouvrage en verre doit assurer d'une part l'écoulement de l'eau éventuellement polluée sur le verre et d'autre part un accès aux surfaces à entretenir.

Consultez nos différents guides dans leur dernière version.

3.1 VITRAGES EN EXTÉRIEUR

En phase de construction il convient de prévenir toute projection de plâtre, béton, poussières excessives ou résidus métalliques, peintures ou produits de traitement de façades.

Guide de Nettoyage et d'Entretien des Façades en Verre,

https://www.agc-yourglass.com/sites/default/files/technical_documents/original/maintenance10503.pdf.

▼ Entretien

Les vitrages dont une couche est tournée vers l'intérieur d'un vitrage isolant ne demande aucun entretien. Tous les produits contenant de l'acide fluorhydrique ou des dérivés fluorés sont prohibés. Les produits fortement acides et alcalins et les produits ou matières abrasifs doivent être évités également.

Il est souhaitable de ne pas procéder au nettoyage en cas de températures trop froides ou trop élevées, ni lorsque le verre est directement exposé aux rayons du soleil.

La qualité du résultat dépend du bon état des chiffons, raclettes et autres outils utilisés. Nettoyer abondamment le verre à l'eau claire. De temps à autre, quelques gouttes de détergent neutre ou d'un produit de nettoyage approprié du commerce peuvent être ajoutées à l'eau. Rincer à l'eau claire et éliminez l'eau à l'aide d'une raclette.

Profiter du nettoyage pour inspecter les joints, le bon drainage de l'eau et le châssis. Les vitrages dépolis Matelux doivent être nettoyés à l'eau et rincés abondamment.

La fréquence de nettoyage du verre dépend des conditions environnantes et des niveaux de pollution, elle peut être indiquée par un document contractuel : les *DTU 39 et 33* recommandent deux entretiens par an au moins.

▼ Fin de chantier ou nettoyage spécifique

Les produits projetés doivent être nettoyés immédiatement après la contamination. Éliminer tout dépôt résiduel tel que du mastic d'étanchéité, du ciment, etc..., avec une extrême précaution, avec un grattoir spécial ou une lame de rasoir, sans griffer le verre. Les verres à couche, les vitrages dépolis à l'acide ou sablés sont particulièrement sensibles.

Les films protecteurs, les étiquettes et les éléments de séparation, pastilles, etc..., doivent être retirés dès que possible. En cas de difficultés ou pour toute trace d'huile ou de pollution organique, utiliser des solvants tels que l'isopropanol ou l'acétone avec un chiffon doux.

Avant de commencer le processus de nettoyage spécial, procéder toujours à un essai sur une surface de quelques centimètres. Un tel nettoyage peut être rendu nécessaire par la conséquence de laitances de béton, colle d'étiquettes, matériaux de séparation ou d'autres facteurs locaux. L'identification de la nature de la salissure va guider le choix de la méthode et des produits adaptés en fonction du type de verre.

Les traces de doigts ainsi que les taches de graisse ou de mastic sont nettoyées à l'aide de solvants tels que l'acétone ou le méthyléthylcétone (MEC) qui n'attaquent pas les joints et pénètrent dans la feuillure.

D'autres résidus peuvent être nettoyés en polissant légèrement à l'aide d'une suspension d'oxyde de cérium diluée dans de l'eau (entre 100 et 200 grammes par litre), avant rinçage soigneux puis lavage courant.

Les méthodes à haute pression ou nettoyages à vapeur sont possibles seulement après examen de la situation et tests.

Les dommages issus de travaux de soudure ou de meulage sont irrémédiables.

▼ Verre facile à nettoyer

Une couche pyrolytique spécifique est déposée en face 1 : le revêtement aide à répartir les gouttes d'eau chargées de matières diverses sur le verre. La couche réagit sous l'effet du rayonnement UV pour dégrader les matières organiques des salissures en une semaine environ.

Comment la couche fonctionne-t-elle ?

La pluie ou une aspersion régulière permettent l'élimination des résidus, sous réserve qu'une pente suffisante ait été prévue pour l'ouvrage.

Le vitrage Planibel Easy est conforme à *EN 1096-5*. Il est esthétiquement neutre et transformable par trempe, feuilletage, bombage et assemblage en vitrage isolant. Pour l'entretien plus poussé, l'eau claire et la raclette suffiront. Comme pour les vitrages courants.

3.2 VITRAGES DÉCORATIFS EN INTÉRIEUR

En phase de construction il convient de prévenir toute projection de plâtre, béton, poussières excessives ou résidus métalliques, peintures ou produits de traitement, par tout moyen adapté.

Guide pour les Verres Décoratifs pour Applications en Intérieur

https://www.agc-yourglass.com/sites/default/files/technical_documents/original/cleaning10485.pdf.

▼ Entretien courant

Nettoyer abondamment le verre avec de l'eau et non à sec. De temps à autre, quelques gouttes de détergent neutre ou d'un produit de nettoyage approprié du commerce peuvent être ajoutées à l'eau. Rincer à l'eau claire et éliminer complètement l'eau à l'aide d'une raclette ou d'un chiffon doux.

Ne jamais utiliser de produits de nettoyage fluorés, chlorés ou ammoniaqués, fortement acides ou fortement alcalins, ni d'outillage agressif tels que des lames de rasoir, la laine d'acier, ou autre matériau abrasif, etc... pour nettoyer du verre.

L'ammoniac ne doit pas être utilisé avec des vitrages Lacobel ou Matelac. Les solvants ne doivent jamais atteindre la face arrière, peinte ou argentée, des verres décoratifs. Les vitrages dépolis Matelux doivent être nettoyés à l'eau sur toute la surface à chaque fois et rincés abondamment.

Les bords de tous les vitrages et particulièrement Mirox, Matelac, Lacobel, Stratobel, doivent être séchés rapidement.

▼ Fin de chantier ou nettoyage spécifique

Les films protecteurs, les étiquettes et les matériaux de séparation doivent être enlevés rapidement. En cas de difficultés, utiliser des solvants tels que l'isopropanol ou l'acétone. Pour les traces de doigts ainsi que les taches de graisse ou de mastic, utiliser des solvants tels que l'acétone ou le méthyléthylcétone (MEC).

Les produits adhésifs à base de silicone, les peintures et vernis, etc..., doivent être éliminés immédiatement, dès l'installation des vitrages. Utiliser un produit professionnel. L'éponge en mélamine enlève la salissure de façon plus nette qu'avec un chiffon.

Procéder ensuite à un nettoyage courant, rincer et sécher.

▼ Verre dépoli dans l'habitat

Les gammes Matelux, Matelac et Matelac T peuvent être nettoyées avec une grande quantité d'eau claire et une éponge douce, ou un nettoyant pour vitre à base d'alcool.

Un kit de nettoyage Fix-In pour les particuliers est disponible sur www.agc-store.com. Il comprend un nettoyant et une éponge en mélamine non abrasive, à appliquer sans pression excessive. L'intégralité de la surface doit être nettoyée afin d'éviter des traces résiduelles. Il convient de bien rincer et essuyer.

Le tableau ci-dessous est applicable aux taches alimentaires ou courantes.

Méthode de nettoyage conseillée

Nettoyage de verre maté à l'acide (Matelux, Matelac, Matelac T).

Origine de la tache	Après 6 h.		Après 24 h.		Meilleure pratique
	Eau	1 / Nettoyant pour vitres FIX-IN 2 / Eau	Eau	1/ Nettoyant pour vitres FIX-IN 2 / Eau	
Bière	😊	😊	😊	😊	Eau
Thé noir	😊	😊	😊	😊	Eau
Café	😊	😊	😊	😊	Eau
Soda	😊	😊	😊	😊	Eau
Jus	😊	😊	😊	😊	Eau
Lait	😊	😊	😑	😑	1/ Nettoyant pour vitres FIX-IN - 2 / Eau
Moutarde	😊	😊	😑	😑	1/ Nettoyant pour vitres FIX-IN - 2 / Eau
Huile	😑	😑	😑	😑	1/ Nettoyant pour vitres FIX-IN - 2 / Eau
Vin rouge	😊	😊	😊	😊	Eau
Résidus de silicone et de colle	☹	☹	☹	☹	Dégraisseur anti-silicone du Kit de nettoyage FIX-IN pour installateurs
Savon	😊	😊	😊	😊	1/ Nettoyant pour vitres FIX-IN - 2 / Eau
Dentifrice	😊	😊	😊	😊	1/ Nettoyant pour vitres FIX-IN - 2 / Eau

😊 : très facile (plus facile qu'une surface vitrée float),
😑 : facile (similaire à une surface vitrée standard),
☹ : difficile.

▼ Verre à couche Stopsol Supersilver

Procéder comme pour l'entretien courant des vitrages intérieurs. L'utilisation de matériel abrasif ou objet métallique provoquerait des griffes qui ne pourraient être éliminées. De plus il convient d'éviter les frottements excessifs et tout produit chimique.

4
LES VITRAGES ET LA SÉCURITÉ

Test de résistance

Les vitrages de sécurité sont définis par leur classement suivant la norme *EN 12600*, qui traduit une aptitude à résister à un certain impact et/ou à ne pas produire des éclats blessants.

Le verre feuilleté et le verre trempé sont recommandés. La glace armée n'est utilisable que dans des cas très limités. Le verre recuit, le verre durci ou le verre trempé chimiquement et non feuilleté ne sont pas admis.

Les classements *EN 12600* et les autres performances nécessaires à la sélection des produits figurent dans les documents de marquage CE de AGC Glass Europe.

En France le *Mémento P5 (FD) du DTU 39* est applicable aux travaux neufs et aux travaux de remplacement du bâtiment. Il s'adresse aux maîtres d'œuvre et précise comment choisir les vitrages en fonction de l'exposition aux risques de blessures accidentelles (chute dans le vide, heurts, ou chutes de verre) en fonction de l'exploitation des locaux, définie par le maître d'ouvrage. Le *DTU 39 P5 (2017)* ne traite pas des vitrages de protection des biens lors d'actions délibérées de vandalisme et violence et il renvoie à la réglementation pour la prévention des risques liés aux incendies ou aux séismes.

Il est d'autres usages du verre pour lesquels le donneur d'ordre ou concepteur devra utiliser des vitrages apportant la sécurité requise : ameublement, mobilier urbain, décoration, revêtements de sols et murs, abords de piscines…

4.1 PRÉVENTION DES RISQUES CONSÉCUTIFS AUX CHUTES DE PERSONNES

▼ Ouvrages concernés (NF DTU 39)

> **Les garde-corps de balcons, terrasses, galeries, loggias et autres ouvrages relevant de la norme *NF P 01-012*.**

> **Les ensembles vitrés contigus à un vide :**

- lorsque la hauteur de chute comptée à partir de la zone de stationnement normal ou de la zone de stationnement précaire, au sens de la norme *NF P 01-012*, dépasse 1 mètre ;

- qui ne se trouvent pas associés à un garde-corps répondant aux normes *NF P 01-012* et *NF P 01-013* lorsque l'ouvrage entre dans le domaine d'application de ces normes ;

- lorsque la partie basse des vitrages se trouve à une hauteur inférieure à la hauteur de protection prévue par la norme *NF P 01-012* ou la *P 08-302* ou par un autre texte pouvant éventuellement concerner l'ouvrage.

> **Certaines parois inclinées (verrières) :** pour lesquelles selon le DIUO (Document d'Intervention Ultérieure sur l'Ouvrage), soit en raison de leur constitution, soit de par la constitution de l'ouvrage, il n'est ni prévu ni envisageable de mettre en place des éléments de protection permettant de supprimer les risques de chute d'un intervenant lors des opérations d'exploitations ultérieures (nettoyage, entretien, réparation).

> **Les cages d'ascenseurs et portes palières :** qui ne se trouvent pas associées à un garde-corps répondant aux normes *NF P 01-012* et *NF P 01-013*. La hauteur à protéger est généralement 1 m.

▼ Solutions vitrages

> **Vitrages feuilletés Stratobel PVB, Strong et Stratophone :** classés 1B1, dont les composants sont recuits ou trempés (33.2, 44.2, 55.2, 66.2, ...).

> **Vitrages feuilletés EVA ou SentryGlas :** classés 1B1 suivant *EN 12600* et P1A suivant *EN 356*.

Vitrages Stratobel 1B1 P1A				
	Recuit	Trempé	Intercalaire	
Stratobel PVB ou Strong ou SG Stratophone	33.2 et toutes épaisseurs supérieures		PVB ≥ 0.76 mm SG > 0.89 mm	Clair ou coloré Clair
Stratobel EVA	88.2 minimum	55.2 minimum	EVA ≥ 0.8 mm	Clair

Les vitrages trempés classés 1C1 ne peuvent être admis que dans des cas très limités (existence d'une protection résiduelle intrinsèquement résistante).

▼ Solutions réputées satisfaisantes (NF DTU 39)

Ces cas ne nécessitent pas d'essai sur l'ouvrage. Dans les autres situations (produit et/ou mise en œuvre différents), des tests de chocs sur l'ouvrage réel sont nécessaires (prise en feuillure sur 2 ou 3 côtés, et/ou pièces métalliques par exemple) et à prévoir par l'entreprise.

> Vitrages simples

Les vitrages Stratobel PVB, Strong et Stratophone, dont la prise en feuillure **pf** est supérieure ou égale à 15 mm sur toute la périphérie et dont le châssis est pourvu de garnitures d'étanchéité (obturateur sur fond de joint ou profil EPDM), sont admis sans essai dans les limites données dans le tableau ci-dessous.

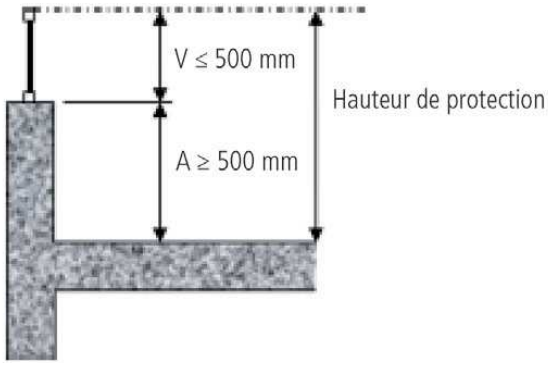
Stratobel recuit	33.2	44.2	55.2	66.2
Surface maximale	0.5 m²	2 m²	4.5 m²	6 m²

Par extension un composant plus épais, ou/et un plus grand nombre d'intercalaires ou/et des composants durcis ou trempés, sont admis avec des limites de surface identiques.

Bon à savoir : un vitrage 64.2 doit être assimilé à un vitrage 44.2 et non à 55.2.

> Garde-corps mixtes

Un vitrage Stratobel PVB ou Strong ou Stratophone d'épaisseur 33.2 au moins convient sans essai si :



- le vitrage (V) est situé entièrement au-dessus de 500 mm par rapport au sol fini du local (allège A) ;

- la hauteur du clair de vitrage est inférieure ou égale à 500 mm ;

- la main courante ou la traverse, répond aux exigences qui la concernent (choc M50/900J) ;

- le vitrage est au moins pris en feuillures haute et basse sur 15 mm minimum lorsque le clair de vitrage est compris entre 180 et 500 mm.

> Vitrages isolants doubles : les situations a, b, c et d sont détaillées ci-dessous

Vitrage côté vide	Vitrage côté choc	Situation a
 Stratobel PVB ou Strong ou Stratophone (1B1) ou Stratobel EVA ou autre feuilleté (1B1 et P1A)	 Recuit ou durci ou trempé Feuilleté Stratobel ou Stratophone ou feuilleté de toute nature	Admise : - sans essai si Stratobel PVB est réputé satisfaisant compte tenu de la surface - avec essais de choc dans le cas contraire
Vitrage côté vide	**Vitrage côté choc**	**Situation b**
 Recuit ou durci ou trempé HST et e > 10 mm, ou non classé EN 12600	 Stratobel PVB ou Strong 1B1 ou autre Stratobel 1B1 et P1A	Admise si justification par essai de choc de la non-casse du vitrage positionné côté vide
 Trempé HST et e ≤ 10 mm et 1C1, 1C2 ou 1C3 Stratobel toute nature	 Stratobel PVB ou Strong 1B1 ou autre Stratobel 1B1 et P1A	Sans essai si le vitrage Stratobel côté choc satisfait les conditions "sans essais" Avec essai dans le cas contraire
Vitrage côté vide	**Vitrage côté choc**	**Situation c**
 Trempé HST 1C1	 Recuit ou durci ou trempé sans classement EN 12600 ou trempé 1C1, 1C2, ou 1C3 Stratobel toute nature	Admis avec protection résiduelle suivant NF P 01-012 et justification par essai de choc de la non-casse du vitrage trempé côté vide

> Triples vitrages

Dans le cas d'un triple vitrage, les tableaux relatifs aux situations a, b, c et d s'appliquent, avec en complément :

- si le vitrage côté opposé au choc est feuilleté Stratobel : pas de prescription pour le composant intermédiaire ;

- si le vitrage côté opposé au choc est trempé HST : composant intermédiaire trempé 1C3 ou 1C2 ou 1C1 ;

- si le vitrage côté opposé au choc est recuit ou durci : justifier de la non-rupture du composant côté vide selon *§ 4.2.2.2.2 du DTU 39*.

▼ Essais sur ouvrages

Il appartient à l'entreprise de prévoir l'organisation d'essais lorsque les conditions diffèrent de celles qui sont admises sans essai par le *DTU 39*. Soit du fait de la mise en œuvre (2 ou 3 côtés en feuillure, pièces métalliques) ou de la hauteur de prise en feuillure, soit du fait des produits utilisés. Les essais sont réalisés sur un prototype non réutilisé pour l'ouvrage.

Les annexes A et B du *FD DTU 39 (2017)* homogénéisent les différents référentiels applicables aux garde-corps vitrés et ensembles contigus à un vide (*NF P 01-013*, *NF P 08-301*, *P08-302*, *cahiers du CSTB 3034, 3488, 3574*, etc...). Elles décrivent précisément les essais de choc de corps dur (D1/10J) et mou (M50/600J, M50/700J ou M50/900J) qui sont applicables dans un très grand nombre de situations de mise en œuvre, produits et dimensions des ouvrages, ainsi que les procédures éventuellement complémentaires aux justificatifs (Atex ou Avis Techniques).

Les critères de résistance sont satisfaits si :

- le vitrage n'est ni traversé, ni emporté ;

- le choc ne produit pas de débris ou d'élément pouvant causer des blessures corporelles aux personnes se trouvant à l'extérieur ;

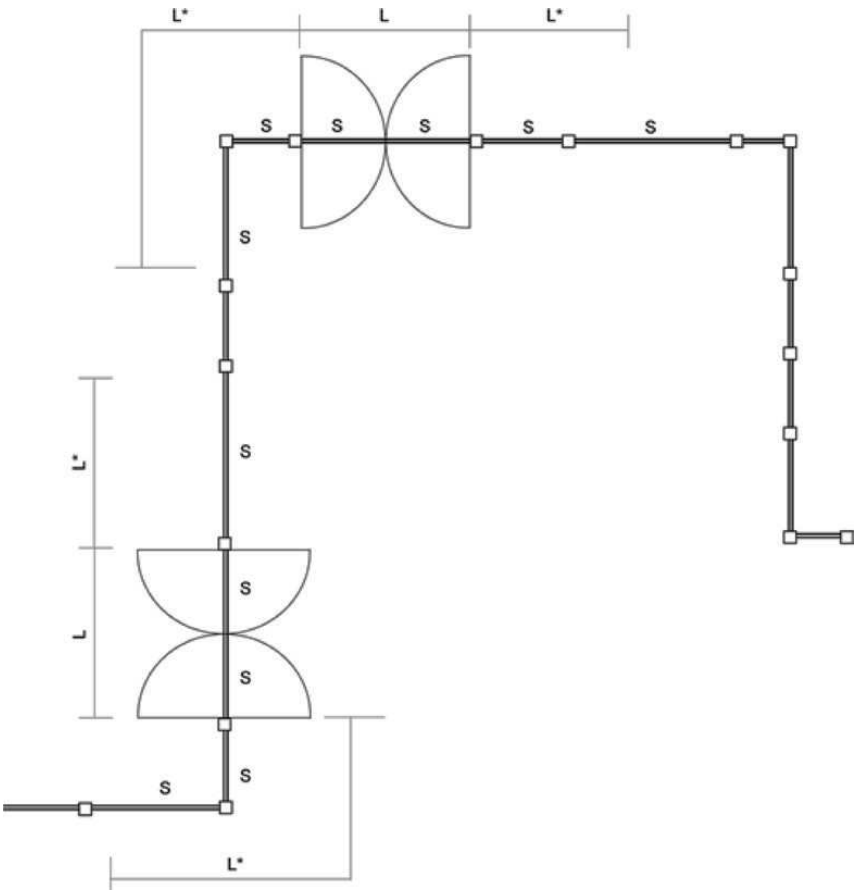
- le gabarit hexagonal de la *NF P 01-013 § 2.3.3* ne passe pas au niveau des bords libres.

4.2 PRÉVENTION DES RISQUES CONSÉCUTIFS AUX HEURTS ENTRE USAGERS ET PAROIS VITRÉES

▼ Les parois concernées

Le *FD DTU 39 P5 (2017)* stipule que dans les parties communes des bâtiments d'habitation, les locaux soumis aux dispositions du code du Travail et les ERP, (i) les portes, portes-fenêtres et le voisinage des portes des circulations, (ii) les portes, portes-fenêtres et parties attenantes des locaux ERP dont l'effectif est supérieur à 19 personnes et donnant sur une circulation ou un autre local ou une terrasse ou balcon de surface > 5 m², doivent être munis de vitrages de sécurité, sur chaque face exposée à un choc potentiel.

Le classement de l'établissement public et l'effectif du local sont donnés par le maître d'ouvrage (voir p. 584).



L = Largeur de passage libre
L* = Largeur attenante, égale à L, limitée à 1.50 m
S = Vitrage de sécurité

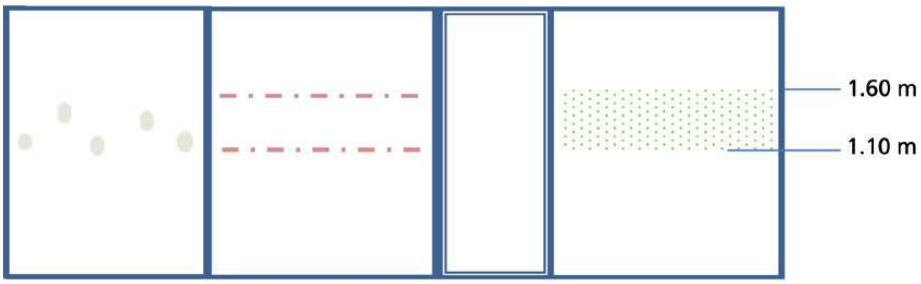
Sont concernés également :

- les vitrages de circulation en ERP dont la partie basse est à moins de 1 m du sol fini si exposés à des chocs (chariots par exemple) ;

- les vitrages des parties communes de bâtiments d'habitation, dont la partie basse est située à moins de 1,25 m du sol fini intérieur, qui ne seraient pas protégés sur leurs faces accessibles aux enfants, par un dispositif adéquat ;

- les impostes sans traverse basse situées au-dessus des passages.

La visualisation des parois transparentes est obligatoire dans ces mêmes situations, lorsque le vitrage est présent à la fois sous 0.60 m et au-dessus de 1.50 m (soit quasiment sur toute la hauteur).



▼ Solutions vitrages

> Verre feuilleté 2B2

Respecter les épaisseurs minimales suivantes :

Vitrages 2B2			
	Recuit	Trempé	Intercalaire
Stratobel PVB ou Strong ou SG ou Stratophone	33.2 et toutes épaisseurs supérieures		PVB ≥ 0.76 mm SG > 0,89 mm
	33.1, 44.1 et épaisseurs supérieures	33.2 et toutes épaisseurs supérieures	PVB ≥ 0.38 mm SG > 0,89 mm
Stratobel EVA	44.2 et épaisseurs supérieures		EVA ≥ 0.8 mm
Pyrobelite	7EG, 12 EG		Intumescent + PVB
	16 et épaisseurs supérieures		Intumescent
Pyrobel	16 EG et épaisseurs supérieures		Intumescent + PVB

> Verre trempé thermiquement 1C3

Respecter les épaisseurs minimales suivantes :

Vitrages 1C3				
	Planibel Trempé	Colorbel	Artlite	Imagin trempé
Epaisseur minimale	4 mm	6 mm	6 mm	4 mm

> Verre armé limité à 0,50 m²

Le verre poli armé de sécurité (Polished wired Safety Glass), 7 mm, conforme à la *NF EN 572-3*, est classé 3B3.

> Protection des chants et visualisation

Protection des bords par un façonnage de type JPI, JPP, JAI, JAP, pour les vitrages feuilletés ou trempés, ou par un stabilisateur en verre collé sur la hauteur ou un profilé continu.

La visualisation peut être obtenue de façon durable avec un motif déposé par sérigraphie, ou lumineux, ou un feuilleté décoratif Stratobel.

4.3 PRÉVENTION DES CHUTES DE MORCEAUX DE VERRE

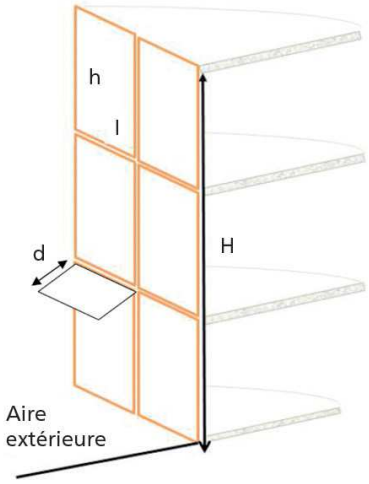
▼ Les ouvrages concernés

Ce sont les toitures, verrières, marquises, auvents et toute baie vitrée en position inclinée de façon permanente de plus de 5° par rapport à la verticale, située à l'aplomb d'une activité humaine.

▼ Réceptacles pour protection des passages traversants

Certains verres trempés épais (≥ 12 mm) en façade peuvent en cas de rupture tomber en amas qu'il convient de fragmenter ou de retenir. Un réceptacle peut être constitué de verre feuilleté Stratobel de performance P5A et résistant à une charge de 2000 Pa. Les dimensions de la protection dépendent de la hauteur de cette façade.

Cas général	Hauteur de façade H > 28 m
d = minimum 0.50 m et limité à 1.50 m	d = H/20 + 1.40 m



▼ Solutions vitrages

> **Verre trempé thermiquement et vitrage trempé THS classé 1C3 au moins**

Il n'est autorisé, comme vitrage simple ou comme vitrage intérieur d'un vitrage isolant, que :

- si l'épaisseur nominale est au maximum égale à 4 mm,

et

- si la hauteur de chute nominale (distance maximale mesurée verticalement entre le vitrage et le sol) est inférieure à 4 m,

et

- si la surface maximale du vitrage est 1,5 m^2.

Le verre trempé ou trempé THS peut être utilisé sans restriction si des éléments sont mis en œuvre pour s'opposer à la chute de fragments de verre de masse supérieure à 10 grammes.

> **Vitrages feuilletés de tous types classés 2B2**

Tableau page 486.

> **Vitrages armés classés 3B3**

En feuillure ou avec un bord libre au maximum égal à 0.60 m. Verre poli armé (Polished wired Glass), 7 mm.

> **Vitrages isolants doubles ou triples dont la sous-face est un feuilleté 2B2 ou un verre trempé 1C3**

Avec les mêmes limites pour le verre trempé qu'en vitrage simple.

> Vitrages feuilletés P5A

Stratobel PVB ou Strong ou SG 44.6.

4.4 PROTECTION DES PERSONNES ET DES BIENS LIÉE AU VANDALISME, À L'EFFRACTION OU AUX AGRESSIONS

Pour ces usages, les vitrages performants sont des Stratobel ou Thermobel Security PVB multiples, souvent asymétriques.

Lorsque le composant de protection classé est assemblé en vitrage isolant, il doit être placé du côté intérieur. Lorsque les deux composants du vitrage isolant participent à la protection, le sens de pose doit être respecté. Les vitrages seront maintenus sur toute la périphérie, avec un châssis adapté à cet usage.

Le choix d'une composition est dicté par la nature du local, ainsi que les biens ou personnes à protéger. Il appartient au maître d'ouvrage, ou à sa compagnie d'assurances, d'apprécier les risques.

La validation technique (risque par casse thermique, élévation des températures) doit être appréciée au cas par cas avec nos services. Le respect concomitant de la réglementation thermique doit être étudié, spécialement pour des vitrages très épais.

▼ Vandalisme et effraction

Les vitrages sont testés suivant la *NF EN 356*, et classés P1A à P8B. Pour assurer cette protection, les produits verriers ainsi classés doivent être installés dans un châssis qui présente une résistance appropriée aux attaques avec un jeu d'outils définis et non démontable côté effraction.

Classe de châssis et type de test EN 1630	Classe Stratobel Security EN 356
CR3	P5A
CR4 (hache, marteau, levier lourd)	P6B
CR5 (force physique et utilisation de petit appareil électrique)	P7B
CR6 (force physique et appareillage électrique et hydraulique)	P8B

▼ Tirs d'armes à feu

Les vitrages sont testés suivant la *NF EN 1063*, et classés BR1 à BR7 ou SG1 ou SG2 (voir p. 94). Pour assurer cette protection, les produits verriers classés doivent être installés dans un châssis qui doit également être classé par essai suivant *EN 1522* et comporte notamment des tirs de biais dans l'intercalaire de vitrage isolant.

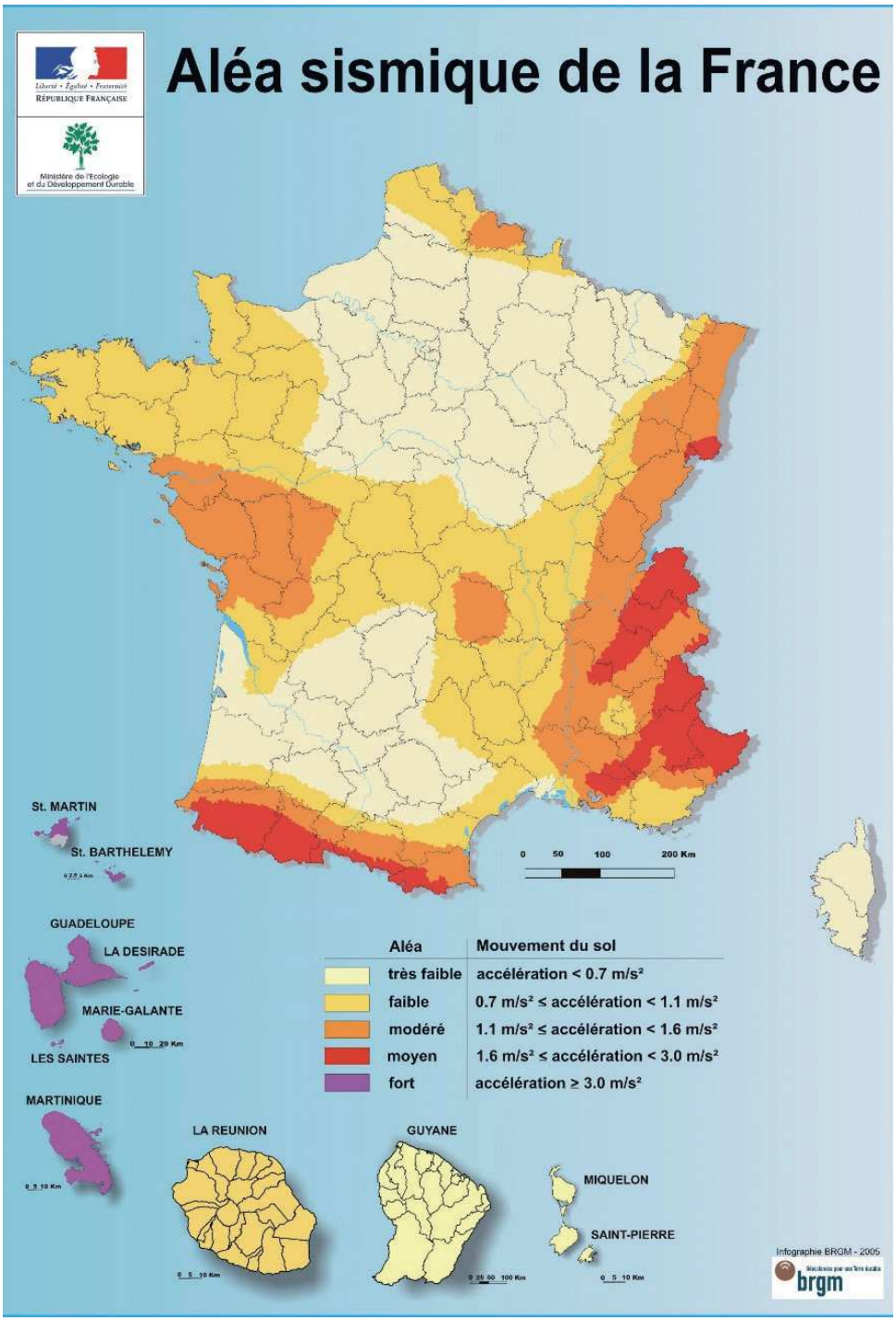
Classe de châssis et type de test EN 1522	Classe Stratobel ou Thermobel Security EN 1063
FB 4	BR4
FB 5	BR5
FB 6	BR6
FB 7	BR7
FSG	SG2

4.5 RISQUES LIÉS À UN SÉISME

Les bâtiments sont classés par l'arrêté ministériel du 22/10/2010 en catégories I, II, III ou IV.

Le découpage en zones d'aléa sismique est communal et il est défini par l'*Article D563-8-1 du Code de l'Environnement*.

Les zones 2 (risque faible), 3 (risque modéré) et 4 (risque moyen) en France métropolitaine couvrent une bonne partie du territoire (voir p. 576).



4.5.1 PRINCIPES DE PRÉVENTION

La prise en compte du risque sismique repose sur la détermination par calculs de l'action sismique, la justification d'une reprise des mouvements par des dispositions constructives, et les risques de blessure en cas de chutes de verre ou de bris.

Les parcloses doivent assurer le maintien du vitrage sur son support. La conception des bâtis (cadres, feuillure, calage, pièces métalliques en cas de VEA...) doit permettre d'absorber les déformations induites par le séisme.

Bon à savoir : l'utilisation de produits verriers constituant des éléments structurels n'est généralement pas autorisée.

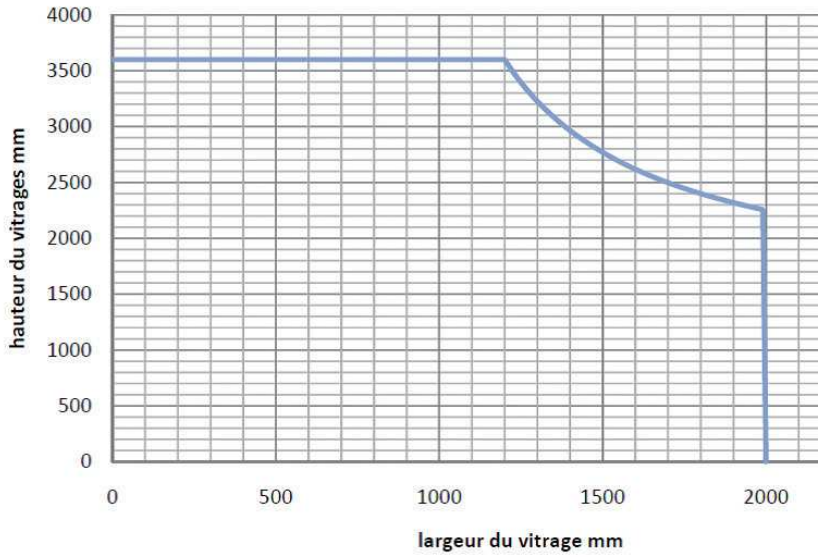
Il n'y a pas d'exigences autres que les dispositions habituelles, pour tous les bâtiments en zone 1 ou quand aucun aléa sismique n'est à considérer.

<table>
<tr><th>TOUS OUVRAGES</th><th colspan="4">Catégories de bâtiment</th></tr>
<tr><td></td><td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td></tr>
<tr><td>Zone 1</td><td colspan="4" rowspan="2">Aucun aléa sismique : règles usuelles DTU 39 FD P5</td></tr>
<tr><td>Zone 2</td></tr>
<tr><td>Zone 3</td><td colspan="3" rowspan="3">Aléa sismique :
le type de verre dépend de l'ouvrage ou des dimensions</td></tr>
<tr><td>Zone 4</td></tr>
<tr><td>Zone 5</td></tr>
</table>

Sont concernés par la réglementation les menuiseries extérieures, les cloisons, les façades légères, les éléments de couvertures (exemple : verrières) ou les garde-corps qui sont installés sur des bâtiments neufs ou existants s'ils sont soumis à l'aléa sismique.

Le choix des vitrages repose sur leur classement *EN 12600*. Il convient d'apprécier le risque de chute de morceaux des côtés intérieur et extérieur séparément.

4.5.2 SCHÉMA DE DIMENSIONS



Lorsqu'il existe un aléa sismique, ce schéma indique :

- les dimensions maximales utilisables en verre recuit et en façade,
- les dimensions maximales utilisables en verrière ou toiture quel que soit le type de verre.

4.5.3 OUVRAGES EN VERRE

▼ Fenêtres, portes-fenêtres, blocs baie, portes extérieures

Le texte de référence est la *Fiche n°50 SNFA / Coprec / CSTB* «*Dispositions applicables aux fenêtres en zone sismique*», voir également le site Fenêtres-NF.fr.

Les menuiseries extérieures en tunnel et en applique intérieure ou extérieure ne font pas l'objet de dispositions parasismiques lorsque les remplissages ont une surface inférieure à 4 m². Par conséquent l'utilisation de verre recuit est possible, si par ailleurs il n'existe aucune autre exigence de sécurité applicable (suivant *DTU 39 FD P5*).

Au-delà de 4 m², les dispositions sont identiques à celles applicables aux remplissages des façades légères en zone sismique (notamment le schéma dimensionnel).

Pour les fenêtres juxtaposées ou baies en bandes filantes horizontales ou verticales, les dispositions applicables sont celles des façades légères et en ce cas le texte de référence est la *Fiche Technique n° 50*.

▼ Cloisons

Le texte de référence est le *DTU 35.1 P1-1, Annexe D*.

Si la cloison présente une masse ≤ 25 kg/m² et sa hauteur de chute est ≤ 3.5 m, alors il n'y a pas lieu de prendre en compte l'action sismique dans la conception et le dimensionnement de la cloison. Dans le cas contraire, les cloisons doivent faire l'objet d'une prise en compte du risque sismique (détermination par calculs de l'action sismique et justification d'une reprise des mouvements par des dispositions constructives).

▼ Façades légères

Le texte de référence est la *fiche technique CSTB / CEBTP / COPREC / SNFA n°49*.

Il n'y a pas d'exigence, lorsque les vitrages sont en feuillure sur 4 côtés, ou collés VEC (façades rideaux conformes au *DTU 33* et ouvrages conformes au *DTU 39* ou relevant d'un DTA), lorsque au moins une des conditions ci-après est vérifiée :

- 1 : la présence humaine est occasionnelle, des morceaux pourraient tomber mais sans risque (zone non accessible ou uniquement pour entretien...) ;

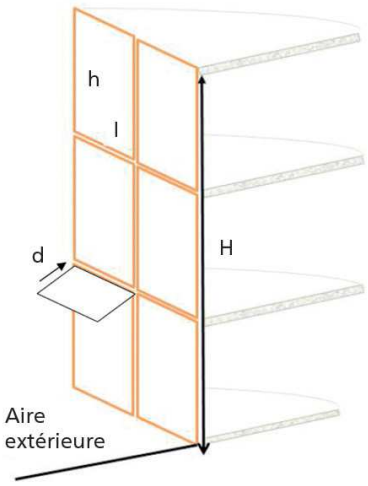
ou :

- 2 : la hauteur de chute du verre vers une aire d'activité extérieure ou intérieure, telle que mesurée entre le point haut du vitrage et le sol, est inférieure à 3.5 m ;

ou :

- 3 : il existe un réceptacle (loggia, auvent, balcon...) de dimensions suffisantes, apte à supporter 200 dN/m² (2000Pa). Cet élément est généralement côté extérieur.

Bon à savoir : lorsque la hauteur de chute vers l'intérieur (h) est inférieure à 3.5 m, le composant intérieur d'un vitrage isolant peut être en verre recuit, sauf autre exigence habituellement applicable.



Lorsque les vitrages sont en feuillure sur 4 côtés, ou collés VEC, et que leurs dimensions l et h les placent sous la courbe des dimensions en respectant le sens (largeur l et hauteur h), il est possible d'utiliser du verre recuit sur toutes les faces, en l'absence d'exigences de sécurité autres que sismiques et hors certains bâtiments de catégorie 4, suivant le tableau ci-dessous.

<table>
<tr><th>FAÇADE</th><th colspan="4">Catégories de bâtiment</th></tr>
<tr><td></td><td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td></tr>
<tr><td>Zone 1</td><td colspan="4" rowspan="2">Aucun aléa sismique : règles usuelles DTU 39 FD P5</td></tr>
<tr><td>Zone 2</td></tr>
<tr><td>Zone 3</td><td colspan="2" rowspan="3">Verre recuit si :
l et h sont sous la courbe du schéma dimensionnel</td><td rowspan="3">1C3 ou 2B2</td></tr>
<tr><td>Zone 4</td></tr>
<tr><td>Zone 5</td></tr>
</table>

Limites d'utilisation des **verres recuits** suivant catégories de bâtiments.

Si les dimensions l ou h sont au-dessus de la courbe des dimensions et, selon la zone, le bâtiment ou la situation en façade, les vitrages sont en verre feuilleté ou trempé.

<table>
<tr><th>FAÇADE</th><th colspan="4">Catégories de bâtiment</th></tr>
<tr><td></td><td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td></tr>
<tr><td>Zone 1</td><td colspan="4" rowspan="2">Aucun aléa sismique : règles usuelles DTU 39 FD P5</td></tr>
<tr><td>Zone 2</td></tr>
<tr><td>Zone 3</td><td rowspan="3"></td><td colspan="2" rowspan="3">1C3 ou 2B2</td><td rowspan="3">1C3 ou 2B2</td></tr>
<tr><td>Zone 4</td></tr>
<tr><td>Zone 5</td></tr>
</table>

Utilisation des **verres trempés ou feuilletés** suivant catégories de bâtiments.

▼ Verrières

Le texte de référence est «*Recommandations professionnelles RAGE 2012 Verrières. Neuf et Rénovation*».

Les DTA des systèmes de verrière décrivent les dispositions pour les remplissages en verre suivant le document *GS2/CSTB : «Dispositions applicables aux verrières en zone sismique»*.

La justification des ossatures et des fixations sont à la charge de l'entreprise. Elles portent sur les contraintes des attaches et des profilés qui doivent être inférieures aux limites d'élasticité des matériaux et sur les déformations qui doivent être compatibles avec le maintien des remplissages dans leur feuillure ou leur système de maintien.

Lorsque les vitrages sont en feuillure sur 4 côtés, ou collés VEC (verrières conformes au *DTU 39* et ouvrages relevant d'un DTA ou VEC), il n'y a pas d'autre exigence que celles du *DTU 39 FD P5 §6*, si au moins une des conditions ci-après est vérifiée :

- 1 : la présence humaine est occasionnelle là où le verre pourrait tomber ;

ou :

- 2 : la hauteur de chute du verre vers une aire d'activité extérieure ou intérieure, telle que mesurée entre le point haut du vitrage et le sol, est inférieure à 3.5 m.

Les limites courantes fixées par *DTU 39 FD P5* s'appliquent pour les vitrages trempés ou armés en vitrage simple. Les faces d'un vitrage isolant répondent aux exigences du *DTU 39 P5 § 6.1.2*.

Lorsqu'aucune des conditions (1) ou (2) n'est remplie, les dimensions du vitrage sont limitées suivant le schéma des dimensions (voir p. 493), en respectant le sens hauteur/largeur.

<table>
<tr><th>VERRIERE</th><th colspan="4">Catégories de bâtiment</th></tr>
<tr><td></td><td>I</td><td>II</td><td>III</td><td>IV</td></tr>
<tr><td>Zone 1</td><td colspan="4" rowspan="5">Aucun aléa sismique : règles usuelles DTU 39 FD P5
Feuilleté 2B2 en sous-face d'un VI</td></tr>
<tr><td>Zone 2</td></tr>
<tr><td>Zone 3</td></tr>
<tr><td>Zone 4</td></tr>
<tr><td>Zone 5</td></tr>
</table>

Choix de vitrage en toiture.

▼ Réceptacle

Stratobel PVB ou Strong 44.6 minimum peut constituer un réceptacle vitré avec un classement P5A. Il convient de vérifier la résistance de l'ouvrage sous charge de 200 daN/m².

Le débord d'un réceptacle sera :

- compris entre 1.50 m et H/10 si la façade a une hauteur H inférieur à 28 m,

- égal à (H/20 + 1.40 m) si la façade a une hauteur supérieure à 28 m.

Les balcons, loggias, auvents et ouvrages similaires peuvent, selon leurs dimensions, former réceptacle pour les débris.

4.6 ÉVÈNEMENTS NATURELS EXCEPTIONNELS (AVALANCHE, CYCLONE)

▼ Protection contre les avalanches

Peuvent être concernés les vitrages verticaux ou inclinés des ouvrages situés dans les zones à risques définies par les règlements types des plans de prévention, et précisées par le maître d'ouvrage dans les Documents Particuliers du Marché (DPM). Les différents plans de prévention, les zones à risques et les hauteurs d'application sont précisés par les collectivités locales.

Seuls des vitrages feuilletés classés 1B1, éventuellement trempés, conviennent pour satisfaire aux charges élevées d'avalanches. En vitrage isolant il est recommandé que les deux faces soient feuilletées. Les châssis doivent être adaptés.

▼ Protection contre les cyclones

Les ouvrages verticaux ou inclinés peuvent être concernés en l'absence de fermetures extérieures ou dispositifs adaptés. Ils sont précisés dans les DPM.

La protection des personnes en cas de bris du vitrage est apportée par :

- des vitrages feuilletés Stratobel classés au moins 2B2 suivant la *NF EN 12600*,
- des vitrages trempés classés au moins 1C3 suivant la *NF EN 12600*.

De plus, les parois vitrées devant empêcher la pénétration de débris doivent être en verre feuilleté classé au moins P2A suivant la *NF EN 356*, soit Stratobel PVB 44.2 minimum.

4.7 PROTECTION EN CAS D'INCENDIE OU D'EXPLOSION

▼ Explosions

Les règles à observer (zones et ouvrages concernés, installations, distances à protéger, etc.) sont précisées par arrêtés ministériels portant sur les installations pyrotechniques et par le Code du Travail.

Les vitrages sont testés suivant la *NF EN 13541*. Les vitrages sont classés ER 1 à ER 4, éventuellement complétés par l'indication du suffixe S ou NS traduisant la présence (S) ou non (NS) d'éclats vulnérants. Pour assurer la protection des personnes, les produits verriers ainsi classés doivent être installés dans un châssis qui présente une résistance appropriée aux attaques.

Les vitrages feuilletés Stratobel PVB peuvent convenir pour cet usage. Il conviendra de préciser les caractéristiques de la déflagration potentielle (puissance de l'explosif, distance, etc...), (voir p. 95).

▼ Vitrages de protection incendie

La réglementation porte principalement sur les ERP (voir p. 584).

- **Résistance au feu :** les vitrages de protection incendie doivent être mis en œuvre et utilisés conformément au Procès-Verbal d'essai de classement en résistance au feu (voir p. 366). Lorsque nécessaire, il y a lieu de répondre aux autres exigences de sécurité du *FD DTU 39 P5*.

Les vitrages Pyrobel classés 2B2 ou 1B1 selon leur composition et le sens du choc et les Pyropane 1C1 peuvent répondre à ces spécifications.

- **Réaction au feu :** dans les immeubles de grande hauteur, la masse totale combustible est limitée pour éviter la propagation d'un incendie.

Les vitrages sans matière organique (Planibel, Imagin, verres à couche low E ou de contrôle solaire) sont par nature incombustibles et ne contribuent pas à augmenter la masse combustible de l'IGH. Ils sont classés A1.

Les vitrages feuilletés, les vitrages isolants, les vitrages de décoration ont des classements (A1, A2, B ou C) très dépendants de leur épaisseur et de la proportion relative en matière organique.

Plus précisément, le PCS (Pouvoir Calorifique Supérieur d'un matériau) exprimé en MJ/kg permet de calculer la masse combustible totale des éléments de construction d'un local pour satisfaire à la limitation de potentiel calorifique du bâtiment. Cette valeur peut être déterminée pour la plupart de nos produits verriers.

4.8 LOCAUX SCOLAIRES ET PARA-SCOLAIRES

<table>
<tr><th>Situations</th><th>Établissements d'éveil, écoles maternelles, crèches, garderies, écoles élémentaires</th><th>Collèges et lycées</th><th>Produits et classement</th></tr>
<tr><td>Circulations intérieures</td><td>Vitrages à moins de 1,30 m du sol fini</td><td>Vitrages à moins de 1,80 m du sol fini</td><td rowspan="3">Stratobel ou Stratophone 2B2
Verre trempé 1C3
Verre armé poli 3B3 limité à 0,50 m²
Verre profilé trempé 1C3</td></tr>
<tr><td>Locaux accessibles aux enfants et/ou élèves</td><td colspan="2">Vitrages jusqu'à 1,00 m au moins du sol fini</td></tr>
<tr><td>Préau ou aire de jeux extérieure</td><td colspan="2">Vitrages jusqu'à 2,00 m au moins du sol fini</td></tr>
<tr><td>Vitrages sur toute la hauteur du bâtiment, à l'aplomb des passages traversants non protégés par un réceptacle (1)</td><td colspan="2">Au niveau du passage, les faces intérieure et extérieure du vitrage isolant sont concernées
Aux étages au-dessus du passage, seule la face extérieure du vitrage isolant est concernée</td><td>Stratobel ou Stratophone 2B2</td></tr>
<tr><td>Oculus éventuels des portes</td><td>La limite basse de l'oculus se situe à moins de 0,50 m du sol fini</td><td>A hauteur de vue selon règle CO 44, au sens du règlement incendie</td><td>Stratobel ou Stratophone 2B2
Verre trempé 1C3
Verre armé poli 3B3 limité à 0,50 m²</td></tr>
<tr><td>Visualisation</td><td>0.50 m en complément</td><td>Entre 1.10 m et 1.60 m</td><td>Tout moyen adapté</td></tr>
</table>

(1) Pour assurer cette fonction, le réceptacle présente un débord égal au 1/10e de la hauteur de la façade vitrée par rapport au plan de la façade, sans être inférieur à 0,50 m, et limité à 1,50 m. Lorsque la façade vitrée a une hauteur supérieure à 28 m, le réceptacle présente un débord égal à 1/20e de la hauteur de la façade + 1,40 m.

4.9 LOCAUX SPORTIFS ET SALLES POLYVALENTES

	Situations des vitrages	Produits et classement
Portes		- Vitrage trempé 1C3 - Stratobel ou Stratophone 2B2 Les portes en verre armé sont interdites
Salles d'activité physique et sportive sans jeux de balle ou de ballon	Partie basse est à moins de 2,00 m, non protégée par une protection complémentaire	- Vitrage trempé 1C3 - Stratobel 2B2 - Verre profilé armé ou trempé, épaisseur 7 mm avec présence de joints antichoc
	Partie basse est à plus de 2,00 m	Pas de prescription
Salles d'activité physique et sportive avec jeux de balle ou de ballon	Toutes parois verticales	- Vitrage trempé 1C3 - Stratobel ou Stratophone 2B2 - Verre profilé armé ou trempé, épaisseur 7 mm avec présence de joints antichoc
Vitrages non protégés des parties hautes des gradins mobiles ou non, dont la partie basse est à moins de 2,00 m	Vitrages non protégés des parties hautes des gradins mobiles ou non, dont la partie basse est à moins de 2,00 m Absence de risque de chute des personnes dans le vide	- Vitrage trempé 1C3 - Stratobel ou Stratophone 2B2 - Verre profilé armé ou trempé, épaisseur 7 mm avec présence de joints antichoc
	Risque de chute des personnes dans le vide	Jusqu'à 1,00 m par rapport au sol fini : voir dispositions en 4.2 du DTU 39 P5 Au dessus de 1,00 m - Vitrage trempé 1C3 - Stratobel ou Stratophone 2B2 - Verre profilé armé ou trempé, double paroi, épaisseur 7 mm avec présence de joints antichoc
Éclairage subaquatique des piscines		- Vitrage trempé et feuilleté - Stratobel ou Stratophone 2B2

Certains sports peuvent faire l'objet de documents spécifiques édités par les Fédérations.

4.10 PISCINES ET PRÉVENTION DE LA NOYADE DE JEUNES ENFANTS

Conformément à la réglementation en vigueur (voir p. 587), des dispositifs de sécurité sont obligatoires pour toutes les piscines privées à usage individuel ou collectif.

Le cas échéant, les barrières de protection et les abris légers peuvent être constitués de vitrages qui auront été testés suivant les modalités prévues. Les vitrages trempés clairs ou émaillés, classés 1C3 suivant *EN 12600*, et les feuilletés Stratobel ou Stratophone de toute nature classés 3B3 peuvent convenir. L'épaisseur sera fonction de la mise en œuvre et des dimensions.

4.11 AMEUBLEMENT ET AGENCEMENT INTÉRIEUR

▼ Ameublement

De façon générale, le verre trempé ou feuilleté est utilisé :

- lorsqu'il y a un risque prévisible consécutif à un choc ou une charge,
- pour le mobilier pour enfant,
- pour les portes non encadrées,
- lorsque les charnières sont fixées par serrage à travers des trous ou encoches,
- pour les dessus de tables ne reposant pas de façon continue sur ses bords ou à quelques centimètres du bord,
- dans les salles d'eau.

Les bords apparents doivent être façonnés. Les exigences de sécurité et les méthodes d'essais sont précisées dans les différentes normes pour les meubles de cuisine, plans de travail, meubles de rangement à usage domestique, tables, meubles destinés à recevoir une charge, etc...

EN 14072 concerne les essais de choc applicables aux meubles en verre plat ou bombé. Les éléments testés sont représentatifs de la production et présentent une résistance significative (4 semaines de séchage en cas de collage, pièces métalliques convenablement vissées...).

▼ Agencement intérieur

Le *Mémento FD P5 du DTU 39 (2017)* orientera utilement le concepteur. Les limitations applicables à la glace armée ou armée polie ou au verre trempé peuvent s'appliquer, en paroi verticale comme en plafond.

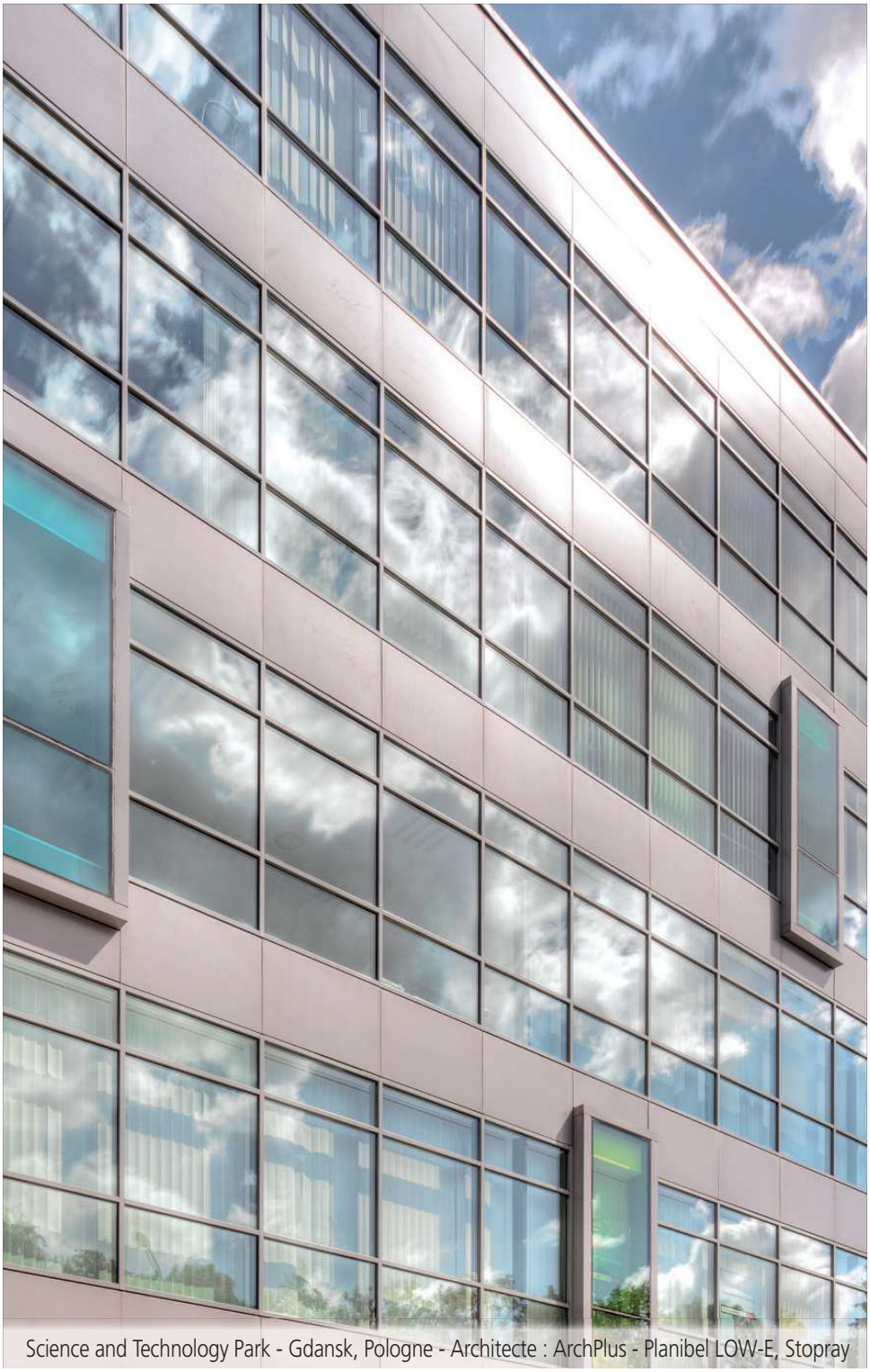
La sécurité aux heurts est assurée par un produit classé 2B2 au moins suivant *EN 12600*. Les produits sécurisés par un film polypropylène transparent, déposé au dos du vitrage en usine par AGC (film Safe+) et d'une épaisseur au moins égale à 4 mm (Mirox Safe+, Lacobel, Matelux Silver, Matelac), sont classés 2B2 et conviennent à ces usages. Leurs morceaux restent solidaires après un bris éventuel.

Dans certains locaux (scolaires, sports et loisirs, IGH), les miroirs et verres laqués sont posés avec un profilé U reprenant le poids du vitrage, ainsi que par collage du produit filmé Safe+.

Dans les ERP, d'éventuels vitrages réfléchissants ne doivent pas tromper sur le sens des issues.

L'arrêté du 21/11/2002, relatif à la réaction au feu fixe les euroclasses *EN 13501-1* ou les anciennes catégories M admissibles dans les règlements de sécurité incendie.

5
DIMENSIONNEMENT DES VITRAGES



Science and Technology Park - Gdansk, Pologne - Architecte : ArchPlus - Planibel LOW-E, Stopray

Les caractéristiques des vitrages (dimensions, composition, type de verre), les actions auxquelles ils sont soumis (effets du vent et de la neige, charges pondérales, charges d'exploitation ou d'origines diverses) et le mode de mise en œuvre de ces vitrages sont nécessaires au calcul de l'épaisseur minimale nécessaire.

Les règles de calcul diffèrent selon les produits, la réglementation, ou les recommandations professionnelles applicables.

En France, la norme *NF DTU 39* prévaut largement dans tous les cas de maintien du vitrage en feuillure sur 2, 3 ou 4 côtés.

D'autres règles s'appliquent selon la destination et/ou la mise en œuvre des vitrages, qu'il s'agisse de VEC, VEA, dalles de plancher en verre, vitrages d'aquarium...

5.1 – Charges à prendre en compte

Les charges sont désormais définies par les *Eurocodes* et les *Annexes Nationales* qui les complètent.

Le choix des situations et coefficients nécessite une connaissance suffisamment précise du contexte. C'est pourquoi les charges d'exploitation ou climatiques doivent être précisées par le maître d'ouvrage ou son délégué.

A défaut d'information et/ou en l'absence d'une validation des hypothèses de charges, une estimation sera faite par nos services, le dimensionnement étant fait alors sous toutes réserves.

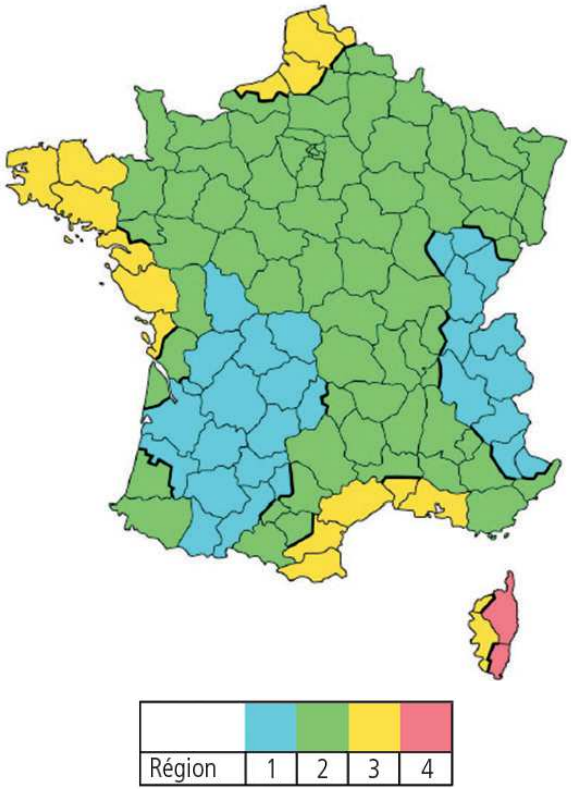
5.1.1 POIDS PROPRE - EN 1991

La charge (en Pa) est calculée avec l'épaisseur nominale du produit verrier, ou la somme des épaisseurs des composants verriers exprimées en mm. $G = (e_1 + e_2 ... + e_n) \times 25$.

5.1.2 VENT W - EN 1991-1-4

> **Régions de Vent et vitesses de base**

EN 1991-1-4 et son annexe nationale *EN 1991-1-4/NA* s'appliquent et fixent la vitesse de référence au sol selon la zone climatique.



France Métropolitaine					Guyane	Guadeloupe	Martinique	Réunion + Mayotte
Région	1	2	3	4				
V m/s	22	24	26	28	17	36	32	34

La charge W due au vent, en pression ou en dépression, est obtenue en affectant la vitesse de base du lieu de divers coefficients tenant compte du site : orographie, direction des vents, hauteur de l'élément, catégorie et rugosité du terrain, type de construction, etc..., et du coefficient C_{prob} fonction de la probabilité de dépassement de la vitesse du vent au cours d'une année.

Probabilité de dépassement	0.02	0.04	0.10	0.20
Période de retour (ans)	50	25	10	5
Cprob	1	0.97	0.92	0.88

W50 est généralement utilisé pour les ouvrages du bâtiment en France.

> Catégories de terrain

0 : mer ou zone côtière exposée aux vents de mer ; lacs et plans d'eau parcourus par le vent sur une distance de 5 km au moins.

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 ; bocage dense ; vergers.

IV : zones urbaines dont au moins 15 % de la surface sont recouverts de bâtiments dont la hauteur moyenne est supérieure à 15 m ; forêts.

Les catégories et paramètres de terrain et tous les coefficients afférents, doivent être définis par les documents du marché.

Cas des immeubles de très grande hauteur : de nombreuses surpressions ou dépressions locales obligent normalement à faire des essais en soufflerie.

> Pressions de vent de base

Les pressions de vent du tableau ci-dessous sont établies avec les hypothèses simplificatrices suivantes :

- W50 (période de retour : 50 ans) ;
- Coefficient d'orographie Co(z) = 1 (sans dénivellation ni obstacle) ;
- C_{season} = 1 (cas de méconnaissance de la période de réalisation) ;
- Coefficient de direction Cdir=1.

	Hauteur h du bâtiment	h ≤ 9 m	h ≤ 18 m	h ≤ 28 m	h ≤ 50 m	h ≤ 100 m
	Catégorie de terrain					
Région 1	IV	383	417	505	630	793
	IIIb	399	532	623	753	920
	IIIa	524	660	753	883	1050
	II	676	810	900	1026	1185
	0	842	964	1046	1158	1298
Région 2	IV	456	497	601	750	944
	IIIb	475	633	742	896	1095
	IIIa	624	786	897	1051	1250
	II	804	963	1071	1221	1410
	0	1002	1148	1245	1378	1545
Région 3	IV	535	583	705	880	1108
	IIIb	558	743	871	1051	1285
	IIIa	732	922	1052	1234	1467
	II	944	1131	1257	1433	1655
	0	1177	1347	1461	1617	1813
Région 4	IV	620	676	818	1020	1285
	IIIb	647	861	1010	1219	1491
	IIIa	849	1070	1220	1431	1701
	II	1095	1311	1458	1661	1919
	0	1364	1562	1694	1875	2102

	Hauteur h du bâtiment	h ≤ 9 m	h ≤ 18 m	h ≤ 28 m	h ≤ 50 m	h ≤ 100 m
	Catégorie de terrain					
Réunion + Mayotte	IV	915	997	1206	1504	1895
	IIIb	953	1270	1489	1798	2198
	IIIa	1252	1577	1800	2110	2509
	II	1614	1934	2150	2450	2830
	0	2012	2303	2498	2765	3100
Guadeloupe	IV	1025	1117	1352	1687	2125
	IIIb	1069	1424	1669	2015	2464
	IIIa	1404	1768	2018	2366	2812
	II	1809	2168	2411	2746	3173
	0	2256	2582	2800	3099	3475
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	1069	1333	1679
	IIIb	845	1125	1319	1592	1947
	IIIa	1109	1397	1594	1869	2222
	II	1430	1713	1905	2170	2507
	0	1782	2040	2213	2449	2746

> Pressions de vent de calcul

Il convient toujours de multiplier les valeurs de pression de base par les coefficients spécifiques à la construction (Cpe-Cpi) (aussi appelés Cpnet ou Cf) pour obtenir la pression nette. Les coefficients pour la pression intérieure ou extérieure Cpe et Cpi doivent être définis dans les pièces du marché.

Pour les façades légères, l'hypothèse simplificatrice courante est Cpe = -1.3 et Cpi = +0.2, établie pour des éléments de remplissage de 3 m².

Pour une simple toiture (1 ou 2 versants) sur un bâtiment fermé, les hypothèses courantes déterminées pour une surface de remplissage chargée de 1 m² sont Cpi = + 0,2 et Cpi = - 0,3, et Cpe comme indiqué ci-dessous *(source NF P 78-116)*.

	Toiture à un versant				Toiture à deux versants			
	Charge ascendante		Charge descendante		Charge ascendante		Charge descendante	
Angle	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	1,2	- 2,0	- 1,2	- 1,2	1,2
60°	- 2,0	- 1,3	- 1,3	1,2	- 2,0	- 1,0	- 1,0	1,2
75°	- 2,0	- 1,3	- 1,3	1,4	- 2,0	- 1,0	- 1,0	1,4

Pour la paroi extérieure d'une double-peau *(fiche COPREC SNFA n°45)* : Cpe = 0,6 et Cpi = +0 ; la pression minimale de calcul est 400 Pa.

Pour les éléments de bardage verrier Cpi = 0, et Cpe = -1.1 en partie courante de bâtiment, Cpe = -1.4 en rive de bâtiment.

Pour les brise-soleil, le coefficient Cf est généralement pris égal à 2.0 *(fiche COPREC SNFA n° 43)*.

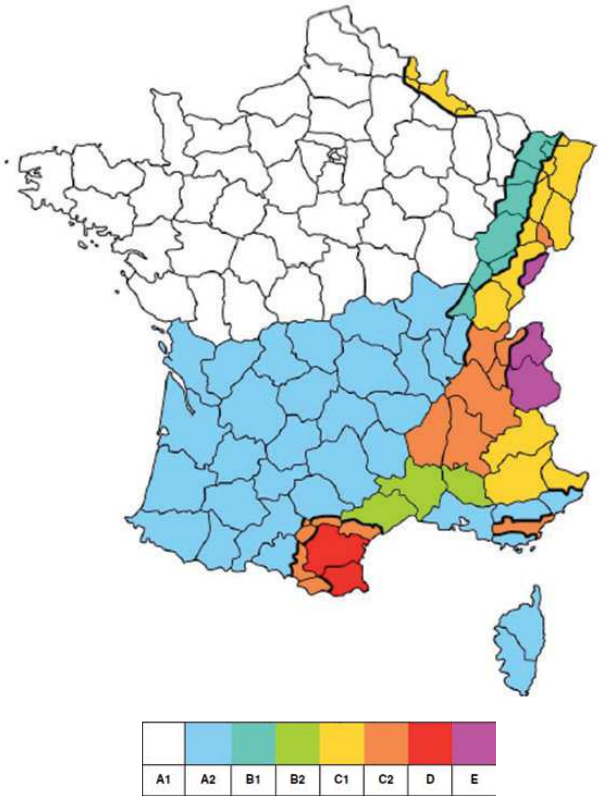
Les éléments pare-vent (par exemple Balustra utilisé comme paroi vitrée ou sur terrasse) sont traités comme des éléments isolés au sens du *§ 7.4* de *EN 1991-1-4* et le coefficient Cpnet est compris entre 1.2 et 3.4 selon le cas.

Pour Balustra en acrotère, le coefficient Cpnet est 1 ; 1,5 ou 2,0 selon la zone.

5.1.3 NEIGE - EN 1991-1-3

> Régions de Neige

EN1991-1-3 et son annexe nationale *EN1991-1-3/NA* s'appliquent jusqu'à 2000 m d'altitude. La France métropolitaine est découpée en 8 régions selon la carte ci-dessous.



> Charges au sol (S_1, S_2) et altitude

	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D	E
Charge normale Sk au sol à une altitude A ≤ 200 m	450	450	550	550	650	650	900	1400
Majoration pour une altitude supérieure à 200 m	ΔS_1							ΔS_2
Charge exceptionnelle S_{Ad} au sol (toute altitude)	-	1000	1000	1350	-	1350	1800	-

Des corrections sont apportées en fonction de l'altitude (ΔS) et de la forme de la construction et de l'accumulation possible de neige (coefficient μ).

Altitude A	ΔS1	ΔS2
200 m < A ≤ 500 m	A – 200	1,5 × A – 300
500 m < A ≤ 1 000 m	1,5 × A – 450	3,5 × A – 1300
1 000 m < A ≤ 2 000 m	3,5 × A – 2450	7 × A – 4800

> Coefficient de forme

L'influence de la géométrie de la toiture et ses conséquences sur l'accumulation possible de neige est traduite par le coefficient de forme μ.

Un grand nombre de situations est possible selon le nombre de versants, ou selon qu'il existe des dispositifs de retenue (barres, crochets, obstacles locaux..) et que la neige peut être redistribuée par le vent ou non.

En toute rigueur, chaque toiture doit faire l'objet d'une étude adaptée.

> Formules de calcul

Dans le cas d'une charge de neige normale :

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

Dans le cas d'une charge de neige exceptionnelle :

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

Des majorations égales à 200 ou 100 Pa s'appliquent respectivement pour des pentes inférieures ou égales à 3% (1.7°) ou comprises entre 3 et 5% (entre 1.7 et 2.9°).

5.1.4 CHARGES CLIMATIQUES INTERNES (VI)

▼ Pression isochore

Les vitrages isolants comportent une lame de gaz dont la pression interne varie en fonction des conditions atmosphériques, température et pression. La norme *prEN 16612 : 2018* indique comment calculer la pression dite "isochore" de calcul.

La pression isochore générée par une différence d'altitude entre le lieu de fabrication (indice P) et le lieu de pose ou de transit est :

$$p_{H;0} = c_H \cdot (H - H_P) \quad \text{où} \quad c_H = 0{,}012\ kPa/m$$

La pression isochore générée par une différence de température et/ou de pression d'air est :

$p_{C;0} = c_T \cdot (T_C - T_P) - (p_a - p_P)$ où $c_T = 0{,}34\ kPa/K$

pour tout type de gaz de remplissage.

La pression isochore globale est : $p_0 = p_{H;0} + p_{C;0}$

Il est nécessaire de connaître les conditions de fabrication (température et pression) ou de faire une hypothèse sur celles-ci. Il faut également calculer ou évaluer la température de la lame gazeuse dans les conditions voulues (été, hiver) pour le projet.

▼ Double vitrage

La charge interne (F) produite par la pression isochore est diminuée du fait de la déformation des deux composants du vitrage, ce qui est décrit par le coefficient ϕ, soit $F = \phi \cdot p_0$.

ϕ dépend des dimensions du vitrage isolant, de l'épaisseur de la lame gazeuse, et de la rigidité des vitrages.

▼ Triple vitrage

Les charges internes diffèrent dans les deux lames et il faut prendre en compte deux valeurs de pression isochore p_{01} et p_{02} et deux coefficients $\phi 1$ et $\phi 2$.

Les coefficients ϕ dépendent des dimensions du vitrage isolant, de l'épaisseur des deux lames, et de la rigidité des trois vitrages *(cf. prEN 16612)*.

5.1.5 CHARGES D'EXPLOITATION

La norme *NF P 06-111-2 (2004)* annexe à *EN 1991-1-1*, tableau 6.2, définit les charges uniformes, linéiques ou ponctuelles s'exerçant sur des éléments de construction. Les catégories de bâtiments sont définies par *EN 1990*.

Les charges d'exploitation doivent être combinées avec le poids propre le cas échéant.

"D1" s'applique si la catégorie n'est pas spécifiée par les documents du marché.

▼ Charges d'exploitation sur les planchers, balcons et escaliers dans les bâtiments

qk est destinée à la détermination des charges réparties et Qk à celle des efforts localisés sur un carré de 50 mm x 50 mm.

Catégorie	Exemple		qk Pa	Qk kN
A - Habitation, résidentiel	Pièces des bâtiments et maisons d'habitation ; chambres et salles des hôpitaux ; chambres d'hôtels et de foyers ; cuisines et sanitaires	Planchers Escaliers Balcons	1500 2500 3500	2 2 2
B - Bureaux			2500	4
C - Lieux de réunion (sauf les surfaces de catégories A, B et D)	C1 : espaces équipés de tables, par exemple : écoles, cafés, restaurants, salles de banquet, salles de lecture, salles de réceptions	C1	2500	3
	C2 : espaces équipés de sièges fixes, par exemple : églises, théâtres ou cinémas, salles de conférence, amphithéâtres, salles de réunion, salles d'attente	C2	4000	4
	C3 : espaces ne présentant pas d'obstacle à la circulation des personnes, par exemple : salles de musée, salles d'exposition, etc., et accès des bâtiments publics et administratifs, hôtels, hôpitaux, gares	C3	4000	4
	C4 : espaces permettant des activités physiques, par exemple : dancings, salles de gymnastique, scènes	C4	5000	7
	C5 : espaces susceptibles d'accueillir des foules importantes, par exemple : bâtiments destinés à des évènements publics, tels que salles de concert, salles de sport y compris tribunes, terrasses et aires d'accès, quais de gare	C5	5000	4.5
D - Commerces	D1 : commerces de détail courant D2 : grands magasins	D1 D2	5000 5000	5 7
H - Toitures inaccessibles, sauf pour entretien et réparations courants	Toiture de pente inférieure à 15 % recevant une étanchéité		800	1.5
	Autres toitures		0	1.5
I - Toitures accessibles (pour usages des catégories A à D)		A B C D	Suivant usage	Suivant usage

▼ Charges horizontales sur les murs de séparation et les garde-corps

Aires chargées	qk en kN/m	qk en kg/m
A	0.6	60
B et C1	0.6	60
C2 à C4 et D	1	100
C5	3	300

La charge est appliquée à la hauteur réglementaire (généralement 1 m et moins de 1.20 m).

5.1.6 CHARGE DUE AU SÉISME

L'action est définie règlementairement par l'*arrêté du 22/10/2010* et les compléments tels que le *Guide des Eléments Non Structuraux* (voir p. 576).

5.1.7 CHARGE HYDROSTATIQUE

Les vitrages verticaux des piscines et aquariums sont soumis à une pression hydrostatique qui dépend de leur profondeur.

Une hauteur d'eau d'un mètre exerce une pression de 1 N/cm^2 soit 10000 Pa environ.

Les vitrages horizontaux des piscines et aquariums sont soumis à la pression hydrostatique et à leur poids propre ainsi qu'au poids d'éventuels éléments décoratifs (gravier...).

5.2 – Combinaisons de charges

Les approches actuelles d'ouvrages en verre différencient les usages de type remplissage (sollicités par des charges s'exerçant perpendiculairement à leur plan) et ceux qui par nature contribuent à reprendre d'autres charges par exemple dans leur plan, ou contribuent à la solidité de l'ouvrage (caractère structurel).

Ce paragraphe concerne exclusivement les vitrages de remplissage ou assimilés, qui ne remettent pas en question la solidité de la structure en cas de rupture.

	Formule générale
État Limite de Service	$F_d = G + \psi_1 . Q_{k,1} + \sum_i \psi_{2,i} . Q_{k,i}$
État Limite Ultime	$F_d = \gamma_G . G + \gamma_Q . Q_{k,1} + \gamma_Q \sum_i \psi_{0,i} . Q_{k,i}$
État Limite Ultime Accidentel	$F_d = G + A_d + \left(\psi_{1,1} \text{ ou } \psi_{2,1}\right) . Q_{1,1} + \sum_i \psi_{2,i} . Q_{k,i}$

> Les coefficients partiels de charges ϒ

Déjà en vigueur et susceptibles de le rester pour les éléments de remplissage en verre en France à la date de publication de ce document, les coefficients sont : $\Upsilon_Q = 1,5$; $\Upsilon_G = 1,0$ lorsque l'action permanente a un effet favorable en combinaison des autres actions ; $\Upsilon_G = 1,35$ lorsque seule l'action permanente est considérée ou lorsqu'elle a un effet défavorable en combinaison des autres charges.

> Les facteurs partiels de charge Ψ

Pressentis pour les éléments de remplissage en verre sont :

Charge		prEN 16612 2018	France 2018
Vent	Ψ_0 Ψ_1 Ψ_2	0.6 0.9 0.2	0.6 1 ou 0 0.6
Neige	Ψ_0 Ψ_1 Ψ_2	0.6 1.0 0.2	0.5 (si alt < 1000 m), 0.7 (si alt > 1000 m), 1.0 1.0 0.5
Exploitation	Ψ_0 Ψ_1 Ψ_2	Hors champ	0.7 1.0 0.6
Interne Vitrage isolant (Température et altitude)	Ψ_0 Ψ_1 Ψ_2	0.3 0.3 0	0.3 0.3 0

5.3 – NF DTU 39 P4 (2012)

La méthode de calcul est spécifique. Elle s'applique :

- aux vitrages courants dans les conditions de mise en oeuvre sur chantier du *DTU 39*,
- aux vitrages assemblés en atelier posés verticalement et en feuillure sur leur périphérie,
- aux vitrages de façade suivant *DTU 33* ou de toiture mis en œuvre sur 2, 3 ou 4 côtés.

Il convient de se reporter au texte original pour s'assurer de la conformité des hypothèses et de la validité des calculs. Les dispositions sont applicables en France et dans les DOM, aux vitrages dont le point le plus haut est à une distance du sol au plus égale à 100 m.

5.3.1 CHARGES

Seuls le poids, la neige et le vent sont pris en compte et non les charges internes d'un vitrage isolant.

Les cartes régissant la définition des charges sont celles issues des annexes nationales de *EN 1991-1-4* et *EN 1991-1-3*, cependant les combinaisons du *DTU 39* sont particulières et en aucun cas ne peuvent être permutées avec une autre approche telle qu'exposée au § 5.4 de la page 529.

▼ Poids propre Pp

Pp = (e1+ e2...+ en) x 25, soit la somme des épaisseurs de tous les composants verriers.

▼ Vent

La pression du vent P est une valeur conventionnelle de calcul de type ELU, établie à partir de l'Eurocode *EN 1991-1-4* et avec des hypothèses simplificatrices. Notamment une période de retour 50 ans (W50) et un coefficient γ_Q=1.5, Cpe = – 1,3 (équivaut à un vitrage de 3 m² en rive de bâtiment) et Cpi=0.2. P est arrondie à 50 Pa près.

	Hauteur h du bâtiment	h ≤ 9 m	9 < h ≤ 18 m	18 < h ≤ 28 m	28 < h ≤ 50 m	50 < h ≤ 100 m
	Catégorie de terrain					
Région 1	IV	850	950	1150	1400	1800
	IIIb	900	1200	1400	1700	2050
	IIIa	1200	1500	1700	2000	2350
	II	1500	1800	2050	2300	2650
	0	1900	2150	2350	2600	2900
Région 2	IV	1050	1100	1350	1700	2100
	IIIb	1050	1400	1650	2000	2450
	IIIa	1400	1750	2000	2350	2800
	II	1800	2150	2400	2750	3150
	0	2250	2600	2800	3100	3500
Région 3	IV	1200	1300	1600	2000	2500
	IIIb	1250	1650	1950	2350	2900
	IIIa	1650	2050	2350	2800	3300
	II	2100	2550	2850	3200	3700
	0	2650	3050	3300	3650	4100
Région 4	IV	1400	1500	1850	2300	2900
	IIIb	1450	1950	2250	2750	3350
	IIIa	1900	2400	2750	3200	3850
	II	2450	2950	3300	3750	4300
	0	3050	3500	3800	4200	4750

	Hauteur h du bâtiment	h ≤ 9 m	9 < h ≤ 18 m	18 < h ≤ 28 m	28 < h ≤ 50 m	50 < h ≤ 100 m
	Catégorie de terrain					
Réunion (+ Mayotte)	IV	2050	2250	2700	3400	4250
	IIIb	2150	2850	3350	4050	4950
	IIIa	2800	3550	4050	4750	5650
	II	3650	4350	4850	5500	6350
	0	4550	5200	5600	6200	6950
Guadeloupe	IV	2300	2500	3050	3800	4800
	IIIb	2400	3200	3750	4550	5550
	IIIa	3150	4000	4550	5300	6350
	II	4050	4900	5400	6200	7150
	0	5050	5800	6300	6950	7800
Guyane	IV	500	550	700	850	1050
	IIIb	550	700	850	1000	1250
	IIIa	700	900	1000	1200	1400
	II	900	1100	1200	1400	1600
	0	1150	1300	1400	1550	1750
Martinique	IV	1800	2000	2400	3000	3800
	IIIb	1900	2550	2950	3600	4400
	IIIa	2500	3150	3600	4200	5000
	II	3200	3850	4300	4900	5650
	0	4000	4600	5000	5500	6200

Dans le cas où la zone comporte plusieurs catégories de terrain, la plus défavorable sera retenue.

Dans le cas d'une zone montagneuse, à plus de 900 m d'altitude, et à défaut de précision dans les DPM, les vitrages sont considérés comme en catégorie de terrain II.

À défaut d'une connaissance précise du contexte urbain, en dehors du centre des grandes villes, on choisira la situation «IIIb».

▼ Cas des vitrages utilisés à l'intérieur

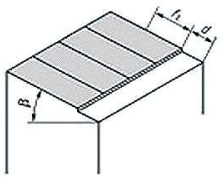
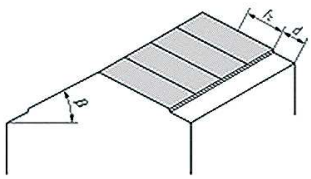
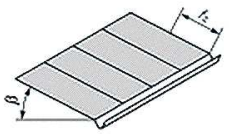
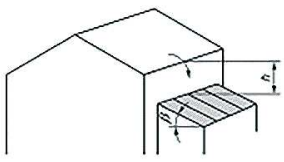
A l'intérieur des constructions fermées de toute hauteur : P = 600 Pa.

▼ Charges de neige S sur les vitrages en toiture

La détermination de la pression P_{neige} est basée sur une simplification de la *NF EN 1991-1-3* et de son *Annexe Nationale* (notamment Ce.Ct = 1).

Se reporter au § 4.1.3 pour les valeurs de charges S1 et S2 qui correspondent à Sk et Sad respectivement.

Le coefficient μ de forme de toiture est pris comme suit :

Définition de la toiture $\beta \leq 60°$	μ
Vitrages de toitures supérieures, n'allant pas jusqu'au pied de rampant, quelle que soit l'altitude, à un versant ou deux versants   Sauf dans la zone f_z lorsque $15° < \beta \leq 35°$ et $0\ m < d \leq 1\ m$ f_z : zone d'application à considérer du coefficient μ lorsqu'il est égal à 1,6, f_z = 1,00 m	0,8 1,6
 Vitrages situés en bord de toiture : Sauf : — à une altitude supérieure à 500 m dans la zone f_z — à une altitude inférieure ou égale à 500 m avec possibilité d'accumulation de neige en bord de toiture (par exemple obstacle en résurgence du plan de toiture) dans la zone f_z f_z : zone d'application à considérer du coefficient μ lorsqu'il est égal à 1,6, f_z = 0,50 m	0,8 1,6 1,6
Toitures à redans [a) 1)] Toitures courbes, sur les parties où $30° < \beta \leq 60°$ Verrières inférieures sur pignon 	1,6
 Verrières susceptibles de recevoir de la neige d'une toiture supérieure. — $3\ m \leq h \leq 6\ m$ et $\beta < 30°$ — dans tous les autres cas pour lesquels $h \leq 6\ m$ — $h > 6\ m$	2,2 1,6 2,8
a) Par convention, β est le plus petit des deux angles, quelque soit la situation de la partie vitrée.	

▼ Charges d'avalanche

Pav = 5000, 10000 ou 30000 Pa ou une valeur stipulée par les Documents Particuliers du Marché. Cette charge ne se cumule pas avec le vent ou la neige et peut concerner les parois verticales et les parois inclinées.

▼ Combinaison de charges suivant DTU 39

Suivant le cas, la pression de calcul sera la plus défavorable des combinaisons suivantes :

Paroi verticale	Paroi inclinée	Paroi inclinée intérieure
P_{Vent}	P_{Vent}	P_{Vent}
P_{av}	P2 = 3,75 (S_1 + Pp)	P4 = 4,7 × Pp
	P3 = 2,2 (S_2 + Pp)	P5 = P_{Vent} + Pp (P_{vent} = 600Pa)
	P6 = P_{Vent} – Pp	
	P7 = 2,5 (P_{AV} + Pp)	

5.3.2 DÉTERMINATION DE L'ÉPAISSEUR SELON DTU 39

Le calcul nécessite deux étapes.

- La pression de calcul ou combinaison de calcul est utilisée dans les formules ci-après pour déterminer une épaisseur e_1.

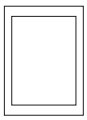
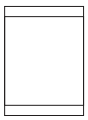
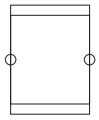
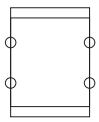
  e_R est l'épaisseur équivalente pour le calcul de résistance. L'épaisseur e_R intègre les facteurs d'équivalence (ε1, ε2, et ε3) des vitrages. Il faut vérifier que $\mathbf{e_R \geq e_1 \times c}$.

  Le facteur de réduction c = 0,9 est à appliquer pour les vitrages extérieurs en rez-de-chaussée, et dont la partie supérieure est à moins de 6 m du sol extérieur. Dans tous les autres cas, c = 1,0.

- On calcule ensuite une épaisseur e_F pour vérifier que la flèche respecte les critères fixés. Si la flèche dépasse la valeur admissible, l'épaisseur des composants doit être augmentée jusqu'au respect de l'ensemble des exigences.

5.3.3 FORMULES DE CALCUL DE e_1

P est la pression de calcul DTU, elle est équivalente à une charge ELU.

<table>
<tr><th colspan="3">Vitrage en appui sur toute sa périphérie</th></tr>
<tr><td rowspan="2">  </td><td>L / ℓ > 2.5</td><td>L / ℓ > 2.5</td></tr>
<tr><td>$e_1 = \sqrt{\frac{S \times P}{100}}$</td><td>$e_1 = \frac{\ell \times \sqrt{P}}{6,3}$</td></tr>
<tr><td colspan="3">Vitrage en appui sur 3 côtés</td></tr>
<tr><td>Le bord libre est L et L / $\ell \geq 7,5$</td><td>Le bord libre est L et L/ $\ell > 7,5$</td><td>Le bord libre est ℓ</td></tr>
<tr><td>$e_1 = \sqrt{\frac{L \times 3 \times \ell \times P}{100}}$</td><td>$e_1 = \frac{3 \times \ell \times \sqrt{P}}{6,3}$</td><td>$e_1 = \frac{\ell \times \sqrt{P}}{6,3}$</td></tr>
<tr><td colspan="3">Vitrage en appui sur 2 côtés (le dimensionnement des vitrages collés entre eux doit être effectué selon ce principe car le collage n'assure pas le maintien mécanique)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">  </td><td>Le bord libre est L et L/ $\ell > 7,5$</td><td>Le bord libre est ℓ</td></tr>
<tr><td>$e_1 = \frac{L \times \sqrt{P}}{6,3}$</td><td>$e_1 = \frac{\ell \times \sqrt{P}}{6,3}$</td></tr>
<tr><td colspan="3">Vitrage en appui sur 2 côtés opposés avec un maintien ponctuel au milieu du bord libre</td></tr>
<tr><td rowspan="2">  </td><td>Le bord libre est L</td><td>Le bord libre est ℓ</td></tr>
<tr><td>$e_1 = \frac{L \times \sqrt{P}}{6,3} \times 0,625$</td><td>$e_1 = \frac{\ell \times \sqrt{P}}{6,3} \times 0,625$</td></tr>
<tr><td colspan="3">Vitrage en appui sur 2 côtés opposés avec deux maintiens ponctuels équidistants au milieu du bord libre</td></tr>
<tr><td colspan="3">e_1 ne peut être inférieure à l'épaisseur calculée dans le cas d'un vitrage en appui sur 4 côtés. Lorsque les pièces sont distantes entre elles de 300 mm ou moins, les vitrages sont calculés comme en appui sur 4 côtés</td></tr>
<tr><td rowspan="2">  </td><td>Le bord libre est L</td><td>Le bord libre est ℓ</td></tr>
<tr><td>$e_1 = \frac{L \times \sqrt{P}}{6,3} \times 0,588$</td><td>$e_1 = \frac{\ell \times \sqrt{P}}{6,3} \times 0,588$</td></tr>
<tr><td colspan="3">L et ℓ sont respectivement le grand et le petit côté du vitrage (en m), S est la surface.</td></tr>
<tr><td colspan="3">Nota : avec des maintiens ponctuels, e_1 ne peut être inférieure à l'épaisseur calculée dans le cas d'un vitrage en appui sur 4 côtés. Lorsque les pièces sont distantes entre elles de 300 mm ou moins, les vitrages sont calculés comme en appui sur 4 côtés</td></tr>
</table>

5.3.4 FORMULES DE CALCUL DE e_R

Vitrage simple monolithique	Vitrage simple feuilleté
$e_R = \frac{e}{\varepsilon_3}$	$e_R = \frac{e_i + e_j + \ldots + e_n}{0{,}9 \times \varepsilon_2 \times MAX(\varepsilon_3)}$
Double vitrage	
Deux faces simples	Double vitrage avec une face bi-feuilletée
$e_R = \frac{e_i + e_j}{0{,}9 \times \varepsilon_1 \times MAX(\varepsilon_3)}$	$e_R = \frac{e_i + \frac{e_j + e_k}{0{,}9 \times \varepsilon_2}}{0{,}9 \times \varepsilon_1 \times MAX(\varepsilon_3)}$
Double vitrage avec deux faces bi-feuilletées	
$e_R = \frac{\frac{e_i + e_j}{0{,}9 \times \varepsilon_2} + \frac{e_k + e_l}{0{,}9 \times \varepsilon_2}}{0{,}9 \times \varepsilon_1 \times MAX(\varepsilon_3)}$	

5.3.5 FORMULES DE CALCUL DE e_F

Vitrage simple monolithique	Vitrage simple feuilleté
$e_F = e$	$e_F = \frac{e_i + e_j + \ldots}{\varepsilon_2}$
Vitrage isolant	
Double ou triple, non feuilleté	Double vitrage avec une face bi-feuilletée
$e_F = \frac{e_i + e_j + \ldots}{\varepsilon_1}$	$e_F = \frac{e_i + \frac{e_j + e_k}{\varepsilon_2}}{\varepsilon_1}$
Double vitrage avec deux faces bi-feuilletées	Triple vitrage, une face bi-feuilletée
$e_R = \frac{\frac{e_i + e_j}{0{,}9 \times \varepsilon_2} + \frac{e_k + e_l}{0{,}9 \times \varepsilon_2}}{0{,}9 \times \varepsilon_1 \times MAX(\varepsilon_3)}$	$e_F = \frac{e_i + e_j + \frac{e_k + e_l}{\varepsilon_2}}{\varepsilon_1}$

5.3.6 FACTEURS D'ÉQUIVALENCE ε1 ε2 ε3

Vitrage isolant EN 1279	ε1
Double vitrage Triple vitrage	1,5 1,7

Type de vitrage feuilleté		ε2
Vitrage feuilleté de sécurité	2 composants verriers	1,30
	3 composants verriers	1,50
	4 composants verriers et plus	1,60
Feuilleté Sentry Glas	Pvent, P5, P6	1,15
	P2, P3, P4, P7	1,25
Vitrage feuilleté (non classé EN 12600)	2 composants verriers	1,60
	3 composants verriers et plus	2,00

Type de vitrage monolithique	ε3
Recuit NF 572-2 ou recuit dépoli acide industriellement Matelux	1
Imprimé recuit NF EN 572-5	1,1
Imprimé armé NF EN 572-6	1,3
Trempé NF EN 12150 ou NF EN 14179	0,8
Borosilicate trempé NF EN 13024 alcalino-terreux trempé NF EN 14321	0,8
Imprimé trempé EN 12150	0,88
Emaillé trempé NF EN 12150	0,91
Durci NF EN 1863	0,93
Emaillé durci NF EN 1863	1
Trempé chimique NF EN 12337	0,75
Etiré NF EN 572-4	1,1
Recuit dépoli par sablage	1,1
Recuit dépoli par grenaillage ou gravé	1,2

5.3.7 DÉFORMATION DU VITRAGE

$$f = \alpha \times \left(\frac{P}{1,5} \right) \times \frac{b^4}{e_F^{\,3}}$$

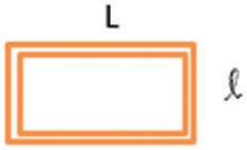
α dépend des dimensions des vitrages. b est le petit côté ℓ dans le cas de vitrages pris en feuillure sur 4 côtés ; b est le bord libre L ou ℓ dans le cas de vitrages pris sur 2 ou 3 côtés.

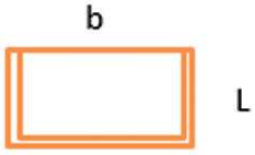
(P/1,5) est la pression de calcul DTU pour les flèches, elle est équivalente à une charge ELS avec γQ=1,5.

La déformation d'un vitrage dépend de son épaisseur et non de sa nature (recuit, durci, trempé).

> Coefficient α

Appui continu sur 2 côtés	Coefficient α
	α = 2,1143

Appui continu sur 4 côtés	ℓ / L	α
	1	0,6571
	0,9	0,8000
	0,8	0,9714
	0,7	1,1857
	0,6	1,4143
	0,5	1,6429
	0,4	1,8714
	0,3	2,1000
	0,2	2,1000
	0,1	2,1143
	< 0,1	2,1143

Appui continu sur 3 côtés	L / b	α
	0,20	0,40000
	0,30	0,68571
	0,33	0,73143
	0,35	0,80000
	0,40	0,91429
	0,50	1,14286
	0,67	1,51429
	0,70	1,56286
	0,80	1,71000
	0,90	1,85714
	1,00	2,00000
	1,10	2,05714
	1,20	2,11429
	1,30	2,17143
	1,40	2,22857
	1,50	2,28571
	1,75	2,31429
	2,00	2,35714
	3,00	2,37143
	4,00	2,38571
	5,00	2,38571
	>5	2,38571

> Critères admissibles pour les flèches

Appui continu sur 2 côtés	Critère 1	Critère 2
Vitrages extérieurs en appui sur leur périphérie verticaux ou inclinés	f max ≤ 1/60e du petit côté	30 mm maximum
Simple vitrage avec un bord libre	f ≤ 1/100e du bord libre	50 mm maximum
Double ou triple vitrage avec un bord libre	f ≤ 1/150e du bord libre	50 mm maximum
Vitrage isolant avec maintien(s) ponctuel(s)	f centre ≤ 1/60e du petit côté (calculé sur 4 cotés) et f ≤ 1/150e de la distance entre appuis (avec α = 2.1143)	30 mm (calculé sur 4 cotés)
Vitrages intérieurs en appui sur leur périphérie verticaux ou inclinés	Pas de critère	50 mm conseillé en tout point

▼ Cas particuliers

> Limitation de dimensions pour les vitrages simples monolithiques recuits ou armés

Epaisseur nominale (mm)	Dimension maximale du petit côté (m)
3	0,66
4	0,92
5	1,5
6	2
8	3

> Epaisseur minimale pour les vitrages simples monolithiques recuits ou armés dont la surface est supérieure à 5 m² :

e ≥ 6 mm lorsque la partie basse du vitrage est à plus de 0,60 m du sol ;

e ≥ 8 mm lorsque la partie basse du vitrage est à moins de 0,60 m du sol.

- Epaisseur minimale pour les vitrages simples monolithiques recuits ou armés rectangulaires de plus de 1 m^2 présentant un bord libre non protégé :

  e ≥ 8 mm si le bord libre est inférieur à 2 m ;

  e ≥ 10 mm si la dimension du bord libre est supérieure à 2 m.

- Les vitrages non rectangulaires en appui sur leur périphérie peuvent être assimilés à des vitrages rectangulaires (une approche géométrique est également possible suivant l'annexe E du *DTU 39 P4*).

- L'épaisseur d'un vitrage bombé simple est calculée comme celle d'un vitrage plan de surface égale à la surface développée.

Bon à savoir : le DTU 39 P4 peut s'avérer inapproprié aux calculs de très grands vitrages, de vitrages isolants bombés, ou de vitrages non rectangulaires et présentant un bord libre.

Il ne s'applique pas aux VEC, vitrages pour clameaux ou vitrages installés avec des pièces métalliques de serrage.

5.4 – Dimensionnement aux états limites

Ces méthodes sont applicables à tous les vitrages et types d'installations, moyennant la prise en compte de critères adaptés.

Les états limites de service (ELS) correspondent à l'apparition de flèches ou de déformations excessives affectant l'aspect ou l'exploitation normale de l'ouvrage ou de l'élément. Les états limites ultimes (ELU) sont associés à toute forme de ruine susceptible de mettre en danger la stabilité de l'ouvrage ou la sécurité des personnes.

Les charges de calcul à l'ELS et l'ELU résultent de la combinaison des charges climatiques ou d'autre nature. A chacun de ces états correspondent des critères de dimensionnement.

5.4.1 MÉTHODOLOGIE

La démarche est la suivante.

> Détermination de tous les cas de charges **qs** à l'ELS et **qu** à l'ELU.

> Détermination des critères à respecter dans chaque cas de charge à l'ELS (flèches maximales), et à l'ELU pour le vitrage (contrainte maximale).

> Vérification de l'épaisseur au regard des critères établis sous les cas de charges de service (ELS).

> Vérification de la résistance du vitrage à l'ELU. Les contraintes calculées sont comparées aux valeurs maximales établies pour chaque cas de charge ELU.

5.4.2 FORMULES DE CALCUL DES CHARGES SUR LES VITRAGES

Etat limite ultime $Fd = \gamma_G\, G + \gamma_Q\, Q_{k,1} + \gamma_Q\, \Sigma\psi_{0,i} Q_{k,i}$

Etat limite de service $Fd = G + \psi_1\, Q_{k,1} + \Sigma\psi_{2,i} Q_{k,i}$

Les coefficients Υ et Ψ sont conformes aux *Eurocodes*, ou aux *annexes nationales* ou aux règles en vigueur dans le bâtiment et concernent les charges perpendiculaires au plan du vitrage. Se référer aux *Eurocodes* pour les vitrages soumis à des charges dans leur plan.

Les coefficients partiels de charges ϒ, déjà en vigueur et susceptibles de le rester pour les éléments de remplissage en verre en France à la date de publication de ce document, sont Υ_Q = 1,5 ; Υ_G = 1,0 lorsque l'action permanente a un effet favorable en combinaison des autres actions ; Υ_G = 1,35 lorsque seule l'action permanente est considérée ou lorsqu'elle a un effet défavorable en combinaison des autres charges.

5.4.3 COMBINAISON DES CHARGES EXTERNES

Dans le cadre d'une approche simplifiée, encore en vigueur pour les *Cahiers CSTB n° 3588 v2 (VEC) et n°3574 v2 (VEA)* , les combinaisons ci-après s'appliquent aux charges Eurocodes définies en 3.1. Les symboles W (pression), W' (dépression) et S désignent la résultante de l'application des coefficients spécifiques au local et au site comme indiqué en 4.1. G est le poids du vitrage.

Les coefficients ϒ et facteurs partiels Ψ sont intégrés dans les combinaisons données dans les *Cahiers VEC 3488 v2 et VEA 3574 v2*.

▼ Parois inclinées (β ≥ 60°)

Pp= (e1+ e2...+ en) x 25, soit la somme des épaisseurs de tous les composants verriers.

	Charges ELS	Charges ELU / VEC 2011	Charges ELU / VEA 2012
Poids + neige	qs1 = (G + S cos ß) cos ß	qu1 = (1.35 G +1.5 S cos ß) cos ß	qu1 = (1.35 G +1.5 S cos ß) cos ß
Poids + vent descendant	qs2 = G cos ß + W	qu2 = 1.35 G cos ß + 1.5 W	qu2 = 1.35 G cos ß + 1.5 W
Poids + vent ascendant	qs3 = G cos ß + W'	qu3 = G cos ß - 1.5 W'	qu3 = G cos ß - 1.5 W'
Poids + vent + neige	qs4 = G cos ß + 0.9 (S $\cos^2$ ß + W')	qu4 = 1.35 (G cos ß + W + 9 S $\cos^2$ ß)	qu4 = 1.35 (G cos ß + 1.5W + 0.9 S $\cos^2$ ß)
Poids + neige + vent			qu5 = 1.35 (G cos ß + 1.5 S $\cos^2$ ß + 0.9 W)

ß est l'angle formé avec l'horizontale.

▼ Parois verticales

	Charges ELS	Charges ELU
Vent en pression	qs1 = W	qu1 = 1,5 . W
Vent en dépression	qs2 = W'	qu2 = 1,5 . W'

Le calcul des charges **qs** et **qu** doit prendre en compte les effets imputables à la lame gazeuse.

Les charges **qs** et **qu** sont calculées pour chaque composant extérieur et intérieur, en fonction :

- de l'écart entre les épaisseurs des verres,
- du rapport L/l,
- de l'épaisseur de la lame d'air,
- de la rigidité du verre extérieur.

La formulation étant trop longue pour être exposée ici, on se réfèrera au cahier *CSTB n° 3488-V2*. Le principe des vérifications est identique pour ce qui est du calcul des flèches à l'ELS et des contraintes à l'ELU.

Il peut être nécessaire de vérifier les épaisseurs de vitrages pour plusieurs combinaisons des actions à l'ELS et à l'ELU.

5.4.4 COMBINAISON DES CHARGES - APPLICATION DE pr EN 16612

Les coefficients Υ et facteurs partiels Ψ, retenus courant 2018 et à confirmer, ont été intégrés dans les combinaisons .

▼ Parois verticales

	Charges ELS	Charges ELU
Vent en pression	qs1 = W	qu1 = 1,5 . W
Vent en dépression	qs2 = W'	qu2 = 1,5 . W'

▼ Parois inclinées ($\beta \geq 60°$)

	Charges ELS	Charges ELU / VEC 2011
Poids + neige	qs1 = (G + S cos ß) cos ß	qu1 = (1.35 G +1.5 S cos ß) cos ß
Poids + vent descendant	qs2 = G cos ß + W	qu2 = 1.35 G cos ß + 1.5 W
Poids + vent ascendant	qs3 = G cos ß + W'	qu3 = G cos ß - 1.5 W'
Poids + vent + neige	qs4 = G cos ß + W + 0.5 S $\cos^2$ ß	qu4 = 1.35 G cos ß + 1.5W + 0.75 S $\cos^2$ ß si H ≤1000m
		qu4 = 1.35 G cos ß + 1.5W + 1.05 S $\cos^2$ ß si H >1000m
Poids + neige + vent	qu5 = G cos ß + S $\cos^2$ ß + 0.6 W	qu5 = 1.35 G cos ß + 1.5 S $\cos^2$ ß + 0.9 W

▼ Charges internes aux vitrages isolants

	Charges ELU
ΔH et ΔT	qu1 = pH,0 + pC,0
ΔH et W	qu2 = pH,0 + 1.5 W'

ΔH et ΔT sont les écarts d'altitude et de température entre les lieux de fabrication et de pose des vitrages. Si le vitrage est fabriqué avec une pression interne imposée par pré-équilibrage, il convient d'en tenir compte.

Les charges internes sont réparties sur les faces de vitrages isolants au prorata de leur inertie. Dans le cas de verre feuilleté courant, il n'est pas tenu compte d'un transfert de cisaillement par l'intercalaire de type PVB ou EVA (ε = 0). D'autres règles s'appliquent à Stratobel SG.

5.4.5 MODÉLISATION DES VITRAGES FEUILLETÉS

A ce jour deux méthodes doivent être distinguées et utilisées à bon escient et uniquement en cohérence avec la méthode de calcul adaptée.

▼ Coefficient ε (cahier Vec, cahier Vea)

L'épaisseur équivalente calculée pour le vitrage est indépendante de la quantité de films intercalaires utilisés ou de leur épaisseur.

$$e_{eq} = \sqrt[3]{\left(h_1{}^3 + h_2{}^3\right) + \varepsilon.\left(e_1 + e_2\right)^3}$$

Pour le PVB et l'EVA :
$\varepsilon = 0.2$ pour les vitrages verticaux soumis à des charges de vent et $\varepsilon = 0$ lorsque le vitrage est soumis à des charges de plus longue durée (poids, neige, pression interne).

Pour le SentryGlas, ε dépend des charges et de la température.

▼ Coefficient ω (prEN 16612 et prEN 16613)

Ces normes classent les vitrages feuilletés en familles dont le comportement sous charges est lié aux propriétés intrinsèques du film intercalaire qui assemble les vitrages.

Les produits sont caractérisés par un coefficient ω, dont la valeur dépend de la sollicitation étudiée (durée et température).

L'épaisseur équivalente pour le calcul de la flèche maximale est :

$$h_{ef;w} = \sqrt[3]{\left(h_1{}^3 + h_2{}^3\right) + 12\omega.\left(h_1 \cdot h_{m,1}{}^2 + h_2 \cdot h_{m,2}{}^2\right)}$$

Et l'épaisseur équivalente pour le calcul de la contrainte de la plaque de verre j est :

$$h_{ef;\sigma;j} = \sqrt{\frac{\left(h_{ef;w}\right)^3}{\left(h_j + 2\omega.h_{m;j}\right)}}$$

Où :

- ω est un coefficient compris entre 0 et 1 représentant un transfert des efforts de cisaillement (ω = 0 : aucun transfert, ω = 1 : transfert total) ;
- h_i et h_j sont les épaisseurs des plaques de verre ;
- $h_{m;j}$ est la distance du plan moyen de la plaque de verre j au plan moyen du vitrage feuilleté en tenant compte de l'épaisseur d'intercalaire.

Dans le cas de charges de vent ou de charges internes, les valeurs possibles ω vont de 0 à 0.7 et dépendent fortement de la rigidité du produit.

Ces documents n'étant pas encore publiés il convient de vérifier les éventuelles altérations des textes finalisés en 2018.

5.4.6 RÉSISTANCE À LA FLEXION / CONTRAINTE ADMISSIBLE DANS LE VERRE

La valeur caractéristique f_{gk} est la contrainte pouvant entraîner la rupture de la face en extension. Elle est déterminée selon les méthodes de la norme *EN 1288* pour chaque type de produit.

Conformément à *prEN 16612*, on tient compte de coefficients relatifs au type de verre, à l'état de surface du verre et de ses bords, à la durée de la charge appliquée et au type de sollicitation. Ce qui diminue les contraintes admissibles sous charges combinées de courte, moyenne ou longue durée.

▼ Vitrages en remplissage

Le tableau ci-dessous donne les valeurs admises (en MPa) couramment pour les vitrages en remplissage (feuillure 2, 3, 4 côtés, verticale ou inclinée, charges uniformes) en France.

Produits	f_{gk} caractéristique MPO	W ou W+G ou W+S+G	G+S ou G+ΔH ou ΔH1	Charge Hydrostatique ou poids	Marches Dalles uniforme / localisée
Planibel recuit	45	20	10	6	11.3
Imprimé Imagin recuit	40	18	9	-	-
Imagin Armé/ armé poli recuit	30/35	14/16	7/8	-	-
Float trempé	120	50	40	30	30
Imprimé Imagin trempé	75	35	25	-	-
Emaillé Artlite ou Colorbel trempé	75	35	25	-	-
Imprimé Imagin émaillé trempé	75	30	20	-	-

Borosilicate	120	50	40	-	-
Verre durci	70	35	25	12	17.5
Imprimé Imagin	55	25	15		-
Emaillé durci	45	20	10		-
Imprimé Imagin émaillé durci	45	20	10		-

Tout traitement de surface par enlèvement de matière (gravure acide, sablage superficiel, etc...) entraîne l'application d'un coefficient réducteur de 0,80 sur la contrainte de travail admissible pour le dimensionnement des ouvrages.

5.4.7 LES CRITÈRES DE DÉFORMATION À L'ELS

Les critères ci-dessous sont donnés à titre indicatif pour des cas courants (verre dans la construction).

	Simple / feuilleté / multi-feuilleté	Vitrage isolant
Vitrage en feuillure sur 4 côtés DTU 33 et VEC	1/60^{e} du petit côté ou 30 mm	1/60^{e} du petit côté ou 30 mm
Vitrage en feuillure sur 2 ou 3 côtés DTU 33	1/100^{e} du bord libre ou 30 mm	1/150^{e} du bord libre ou 20 mm
Paroi inclinée à faible pente	Conservation d'une pente résiduelle	Conservation d'une pente résiduelle
Store incorporé dans un vitrage double		Flèche compatible avec le fonctionnement du store
VEA Structura	1/100^{e} du côté et 50 mm maxi au centre	Structura Duo : 1/150^{e} du côté et 50 mm maxi au centre
Dalles et marches	1/500^{e} du côté	1/300^{e} pour le verre supérieur
Vitrages très réfléchissants	1/60^{e} et 30 mm en tout point Limitation conseillée à caractère esthétique	
	Simple / feuilleté / multi-feuilleté	
Brise-soleil vertical	1/300^{e} si f < 5Hz sinon 1/100^{e} du bord libre	
Brise-soleil incliné	1/300^{e} si f < 5Hz sinon 1/100^{e} du bord libre	
Paroi vitrée encastrée en pied	50 mm en tout point sous charge de vent ou charge d'exploitation	

5.4.8 COEFFICIENTS DE CALCUL LIÉS AUX DIMENSIONS DES VITRAGES

Dans les formulaires suivants :

- w est la flèche,
- σ est la contrainte,
- Fd est la charge exercée sur la face de vitrage (Pa),
- "h" est l'épaisseur (équivalente ou nominale) en mm pour le cas considéré,
- q_u et q_s sont les charges uniformes à l'ELS et à l'ELU en Pa,
- b est le grand côté,
- a est le petit côté,
- "libre" est le bord non tenu,
- E est le module de Young,
- k_1 et k_4 sont des coefficients dépendant de a/b ou a/libre ou b/libre et valables pour des petits déplacements (mode linéaire).

> **Vitrage sur 4 appuis continus ou VEC, et charge uniformément répartie**

$$\sigma_{max} = k_1 \frac{a^2}{h^2} q_u \qquad w_{max} = k_4 \frac{a^4}{h^3} \frac{q_s}{E}$$

a/b	k_4 pour Flèche	Vitrage isolant
1	0.0461	0.268
0.9	0.0559	0.319
0.8	0.0683	0.380
0.7	0.0826	0.449
0.6	0.0984	0.524
0.5	0.1148	0.600
0.4	0.1303	0.671
0.3	0.1421	0.724
0.2	0.1474	0.747
0.1	0.1480	0.750

Il convient d'adapter h à chaque type de vérification.

> Vitrage sur 3 appuis continus et charge uniformément répartie

$$\sigma_{max} = k_1 \frac{libre^2}{h^2} q_u \qquad w_{max} = k_4 \frac{libre^4}{h^3} \frac{q_s}{E}$$

a / libre ou b / libre	k_4 pour flèche sur bord libre	k_1 pour contrainte sur bord libre
0.1	0.004	0.018
0.2	0.017	0.071
0.3	0.034	0.153
0.4	0.054	0.249
0.5	0.074	0.344
0.6	0.092	0.431
0.7	0.107	0.506
0.8	0.119	0.567
0.9	0.129	0.617
1.0	0.137	0.653
1.1	0.143	0.686
1.2	0.148	0.709
1.3	0.152	0.727
1.4	0.155	0.742
1.5	0.157	0.753
2	0.162	0.779
3 et > 3	0.164	0.788

> Vitrage sur 2 appuis

$$\sigma_{max} = k_1 \frac{libre^2}{h^2} q_u \qquad w_{max} = k_4 \frac{libre^4}{h^3} \frac{q_s}{E}$$

$k_4 = 0.75$ $k_1 = 2.065$

5.4.9 APPLICATION VEA

Les charges climatiques résultent de l'application des Eurocodes. Les combinaisons sont celles de la p. 530.

Nos services sont aptes à étudier et dimensionner tous les éléments d'un projet Structura.

> Vitrages

Les critères de flèche sont donnés p. 535.

La rotation sur les appuis à l'ELS doit être inférieure à la valeur admissible précisée pour chaque type de fixation dans les Avis Techniques. Les critères à l'ELU s'appliquent pour le verre trempé.

Lorsqu'un point de fixation (cas du VEA 6 points notamment) peut générer un moment d'encastrement, le rayon de courbure calculé doit être supérieur au rayon de courbure admissible R_{adm} pour le couple verre-fixation. Cette valeur est précisée dans nos Avis Techniques Structura pour chaque épaisseur.

Les éléments complets nécessaires au calcul figurent dans le cahier du *CSTB n° 3574*.

Nous recommandons des vérifications complémentaires portant si nécessaire sur :

- la pente résiduelle sous charge des verrières de faible pente,

- la déformation des vitrages quasi-horizontaux sous leur poids propre,

- les structures inversées (verrière suspendue).

> Pièces métalliques

La déformation des attaches à l'ELS est limitée à 1 mm dans les deux sens. Les charges admissibles des pièces standard sont données dans les Avis Techniques Structura.

Dans quelques cas, un essai de résistance sur une attache prototype peut être nécessaire.

De façon générale, nos services ont recours à un logiciel de calcul adapté à la vérification de l'ensemble des composants des systèmes Structura.

5.4.10 APPLICATION DALLES DE PLANCHER ET MARCHES D'ESCALIER

> Charges

Les charges uniformes résultent de l'exploitation des locaux (mobilier, matière en dépôt, circulation des personnes). Elles sont définies par *NF P 06-111-2* (voir p. 514) et communiquées ou validées par le maître d'ouvrage.

En l'absence de spécification dans les Documents Particuliers du Marché, il est aussi pris en compte une charge localisée accidentelle F (ELU accidentel) correspondant à l'application d'une charge de 200 daN sur une surface de 4 x 4 cm^2 au centre de l'élément.

> *Cahier CSTB n° 3448*

Les calculs sont applicables aux vitrages en appui sur toute la périphérie ou sur deux grands côtés sans que le bord entre appuis ne dépasse 500 mm. Pour d'autres géométries ou mises en œuvre, et pour les dalles en vitrages isolants il convient de nous consulter.

Le verre feuilleté porteur est composé d'au moins deux feuilles d'épaisseur **e** identique ($e \geq 8$ mm).

Le poids propre de la dalle prend en compte tous les constituants de la dalle, y compris la dalle d'usure. Les charges à considérer sont des combinaisons du poids propre et de la charge localisée ou de la charge d'exploitation uniforme.

> Formules de calcul

Les calculs sont applicables aux vitrages en appui sur toute la périphérie ou sur deux grands côtés sans que le bord entre appuis ne dépasse 500 mm. Pour d'autres géométries ou mises en œuvre et pour les dalles en vitrages isolants, il convient de nous consulter.

	Charges ELS	ELU fondamental	ELU accidentel
Poids + neige + exploitation	qs1 = G + Q + 0.77 S	qu1 = 1.35 G +1.5 Q + S	-
Poids + exploitation + vent	qs2 = G + Q + 0.77 W	qu2 = 1.35 G + 1.5 Q + W	-
Poids + exploitation	-	-	qu3 = G + F
Flèche		-	-
Contrainte dans le verre	-	-	-

b / a	a	ß	ß1			
			a ≥ 1.6	a = 0.8	a = 0.4	a ≤ 0.2
1	44300	0.2668	2.44	1.97	1.58	1.17
1.1	53000	0.3138	2.55	2.03	1.63	1.24
1.2	61600	0.3583	2.59	2.08	1.68	1.28
1.3	69700	0.3999	2.61	2.11	1.72	1.32
1.4	77000	0.4382	2.62	2.15	1.75	1.35
1.5	84300	0.4732	2.64	2.18	1.78	1.38
1.6	90600	0.5048	2.64	2.18	1.78	1.39
1.7	96400	0.5332	2.64	2.18	1.78	1.40
1.8	101700	0.5587	2.65	2.18	1.78	1.42
1.9	106400	0.5815	2.65	2.20	1.80	1.42
2.0	110600	0.6017	2.66	2.22	1.82	1.43
2.5	122100	0.6728	2.66	2.23	1.80	1.44
3.0	133600	0.7105	2.70	2.24	1.82	1.45
4	140000	0.7400	2.70	2.24	1.84	1.45
5	141600	0.7476	2.71	2.26	1.86	1.46
et plus	142200	0.75	2.71	2.26	1.86	1.46

La contrainte maximale σ_{max} est calculée sur la totalité des composants porteurs, sans le composant de protection. La déformation est limitée à 1/500ème du petit côté. La contrainte admissible est celle du tableau (voir p. 534).

Pour un feuilleté composé de n composants porteurs d'épaisseur e :

$$\sigma_1 = \frac{\beta\, qu\, a^2}{n.e^2} \qquad \sigma_2 = \frac{\beta\, ga^2 + \beta_1 F}{n.e^2}$$

Où :

- g est le poids de tous les composants, porteurs et protection,
- F est la charge concentrée (voir p. 514),
- a est le petit côté de l'élément appuyé sur ses 4 côtés.

> **Très petites dalles**

Lorsque à la fois : surface < 0.25 m^2 et petit côté < 0.5 m et hauteur de chute < 0.50 m, les contraintes maximales à l'ELU accidentel (charge localisée) sont portées à 16, 23.3 et 40 MPa.

5.5 – Vitrages d'aquariums et piscines

Les vitrages verticaux sont soumis à une pression hydrostatique et les vitrages horizontaux à une pression uniforme. Une hauteur d'eau de 1 m exerce une pression de 10000 Pa environ.

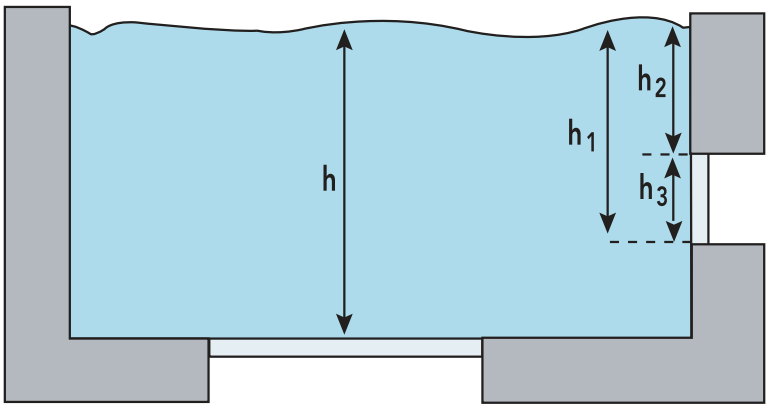
(q = h x 10000).

Les informations ci-dessous sont nécessaires au calcul :

- nombre de bords en appui,
- position verticale ou horizontale ou angle par rapport à la verticale,
- dimensions du vitrage,
- h : hauteur d'eau au dessus de la glace de fond,
- h1, h2, h3 : hauteurs d'eau définies sur le schéma ci-dessous pour un vitrage vertical. Par sécurité, la hauteur d'eau pour le calcul doit tenir compte d'un remplissage maximum accidentel.

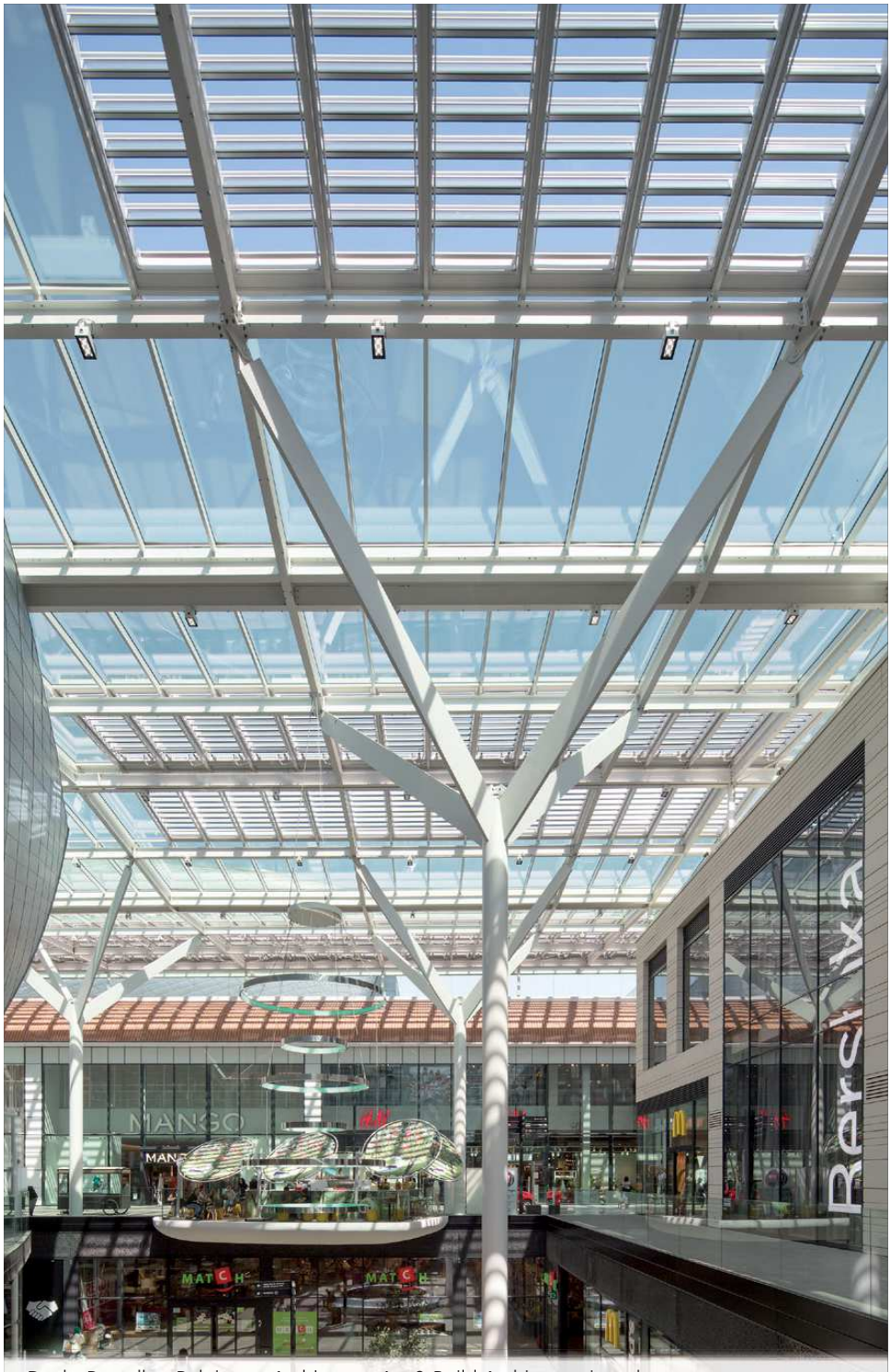
La présence d'une couche de sable ou gravier peut est prise en compte. Les chocs éventuels doivent être mentionnés.

Ces calculs sont facilités par l'usage de logiciels et peuvent être réalisés par nos services, quelle que soit la configuration.



6

VALIDATION TECHNIQUE DES VITRAGES



Docks Bruxelles, Belgique - Architecte : Art & Build Architects - ipasol

6.1 – Résistance aux chocs thermiques

6.1.1 CASSE THERMIQUE

Toute élévation locale de température sur une feuille de verre provoque une dilatation de la partie chauffée et une mise en extension des parties plus froides, généralement celles qui sont dans la feuillure. La rupture peut survenir si la résistance du verre à la traction est dépassée.

Les écarts de température sur un même vitrage dépendent :

- des conditions climatiques du site (flux solaire, écart journalier de température, vent, orientation des façades, saison, altitude, etc...) ;
- des caractéristiques des produits verriers (nombre de composants ou superposition, absorption énergétique, émissivité, façonnage...) ;
- de la nature et l'environnement des feuillures (inertie thermique principalement) ;
- de la présence permanente ou occasionnelle d'ombres portées ou masques ;
- des éléments présents côté intérieur (stores, appareil dégageant de la chaleur, décorations collées sur les vitrages, objets volumineux ou mobilier proche, parois opaques telles que retombée de plafond ou acrotère) ;
- du type d'ouvrant (coulissant, galandage) ;
- de l'activité dans le bâtiment (en travaux, chauffé ou non, climatisé ou non) ;
- de l'existence de parois multiples (façade double peau,châssis respirant).

Les vitrages très absorbants (certains vitrages isolants, des feuilletés épais) ou les coulissants, doivent faire l'objet de précautions.

Le verre sodo-calcique classique ne peut supporter sans risque de casse que de faibles écarts de température. Les vitrages à haute résistance thermique sont principalement le verre trempé et le verre durci.

En France la norme *NF DTU 39 P3* permet deux approches :

- calcul complet tenant compte de chaque composant du vitrage et de son environnement nécessitant un logiciel ;
- tableaux des coefficients d'absorption énergétiques à ne pas dépasser pour des configurations très simples (voir p. 552).

Seul le calcul complet est apte à évaluer correctement les contraintes d'origine thermique pour tous les vitrages dans la plupart des situations. Lorsque la contrainte thermique est concomitante d'une action mécanique sur le vitrage (due par exemple à une augmentation de l'altitude), les critères de décision doivent être considérés avec précaution.

6.1.2 CLASSEMENT DES FEUILLURES

▼ Feuillures à inertie thermique faible

Elles correspondent à la plupart des profilés de menuiserie ou châssis actuels courants. Bois ou matériaux de synthèse ou mixtes, aluminium avec rupture thermique ou acier de faible épaisseur avec rupture thermique, situés dans des ouvrants ou dormants sans aucun contact avec le gros œuvre ou avec une charpente métallique lourde. VEC et VEA entrent dans cette catégorie.

▼ Feuillures à inertie thermique moyenne

Profilé en acier de forte épaisseur ou mixte aluminium-acier ou aluminium, en contact direct avec le gros-œuvre ou une charpente métallique lourde. Ceci s'applique même si un seul bord du vitrage est concerné.

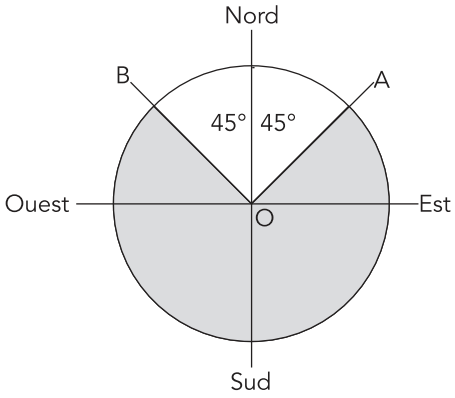
▼ Feuillures à inertie thermique forte

Les feuillures massives en béton ou métalliques engravées dans des matériaux minéraux peuvent encore se rencontrer dans les rénovations de bâtiments historiques.

6.1.3 L'ENVIRONNEMENT DU VITRAGE

▼ Ensoleillement

Sont considérés comme soumis à l'ensoleillement, tous les vitrages inclinés, quelle que soit l'orientation, ainsi que les vitrages verticaux dont la perpendiculaire est comprise dans l'angle A O B indiqué sur la figure ci-après en zone grisée, sauf s'ils sont totalement et de façon permanente à l'abri du soleil.



Bon à savoir : un albédo important créé par la neige ou par une surface très réfléchissante peut générer un rayonnement plus important que celui qui est prévu par les modèles intégrés aux logiciels.

▼ Ombres portées

Les effets occasionnés par les pare-soleil, auvents, loggias, tableaux de maçonnerie, arbres ou bâtiments..., sur une partie du vitrage doivent être pris en compte.

▼ Store

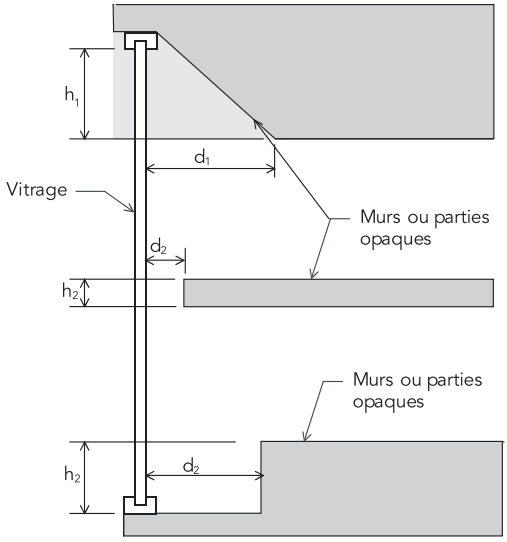
A défaut d'information, il est prudent d'établir un diagnostic en associant au vitrage un store intérieur standard, tel que défini dans la norme (store à une distance de 5 cm du vitrage et ventilé au moins sur 3 côtés).

▼ Vitrage situé devant une paroi opaque (retombée de plafond, acrotère, etc...)

Devant une paroi opaque, chaque composant du vitrage doit généralement être trempé sauf si la paroi est de dimensions réduites ou très éloignée du vitrage. Cependant les conditions peuvent être telles que la température atteinte par les mastics de scellement génère des risques inacceptables pour la durabilité des vitrages isolants.

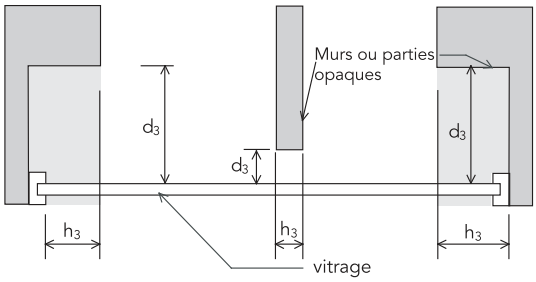
En coupe verticale, le vitrage est considéré comme devant une paroi opaque.

si : d1 < 0,80 m et h1 ≥ 0,5 d1 + 0,10 (m) :



ou si : d2 < h2 et h2 ≥ 0,10 m.

En coupe horizontale, le vitrage est considéré comme devant une paroi opaque si : d3 < h3 et h3 ≥ 0,10.



▼ Vitrages voisins d'un appareil dégageant de la chaleur

Le soufflage d'air chaud parallèlement au vitrage ou vers l'intérieur du local ne nécessite pas de dispositions particulières, lorsque les bouches de soufflage sont à plus de 0,20 m du vitrage.

Pour les systèmes rayonnant directement sur le vitrage (éclairage à forte intensité, appareil de chauffage électrique, radiateur de chauffage central, ordinateur au sol contre le vitrage...), une étude particulière doit être prévue. Un verre trempé devra être utilisé dans la plupart de ces situations.

▼ Vitrages obligatoirement trempés

- Vitrages VEC ou VI à bords décalés dès que le verre extérieur présente un décalage supérieur à 5 fois son épaisseur.
- Vitrages montés en allège avec un isolant placé contre le verre et une lame d'air non ventilée.
- Vitrages façonnés avec trous ou/et encoches.
- Vitrages soumis au soufflage direct d'air chaud.
- Vitrages destinés à être peints partiellement ou entièrement.
- Vitrages comportant un porte-à-faux.

▼ Doivent faire l'objet d'attention particulière

- Les vitrages isolants susceptibles d'être superposés, de façon normale (comme en châssis coulissant), ou accidentelle (stockage sur chantier) dans la mesure où ces situations sont prévisibles.
- Les vitrages feuilletés épais répondant aux exigences de protection des biens et des personnes contre le vandalisme, l'effraction ou les balles.
- Les vitrages gravés ou décorés, ainsi que les vitrages sur lesquels seraient apposés un film décoratif (vitrophanie).
- La proximité d'un objet sombre et massif derrière le vitrage (entreposage de matériaux isolants en cours de construction ou autre).

S'agissant de vitrages équipant des menuiseries respirantes ou ventilées munies d'un store, AGC recommande une validation au cas par cas. Le vitrage médian doit le plus souvent être résistant au choc thermique.

En fin de construction des bâtiments, ceux-ci n'étant pas chauffés, les conditions de température réelles des faces de vitrages peuvent être très différentes de celles des modèles de calcul.

▼ Hypothèses de vérification

Si nécessaire, un questionnaire AGC *(disponible sur www.agc-yourglass.com - site France)* reprenant les rubriques ci-après est adressé au client. A défaut d'informations, les hypothèses simplificatrices du *DTU 39 P3* sont utilisées mais AGC ne pourra que formuler des réserves quant au diagnostic.

Renseignements nécessaires à la vérification des risques de choc thermique	
Composition du vitrage (type et épaisseur)	Extérieur / lame gazeuse / intérieur
Site du projet	Département, canton, altitude
Zone urbaine	Oui / non
Type de menuiserie	Légère isolante / légère conductrice / lourde conductrice / massive / VEC
Orientations	Est, sud-est, sud-ouest, nord-ouest…
Angle sur l'horizontale	
Dimensions	Largeur / hauteur (moyennes, maximales, minimales)
Store ou brise-soleil	Absence ou présence, mobile ou fixe Référence commerciale, Type (toile, vénitien), couleur, opacité, Caractéristiques énergétiques
Position du store /BS	Extérieur / incorporé / intérieur
Distance du store au vitrage	Coupes indiquant les espaces haut, bas, latéraux
Porosité du store	X % ou coefficient d'ouverture
Présence d'une paroi opaque (même partielle)	Oui / non (préciser / dimensions et nature sur plans)
Présence d'un corps de chauffe	Oui / non (préciser / dimensions)
Ombre partielle	Impact sur le vitrage (permanent, temporaire, couverture…)

6.1.4 ÉCARTS DE TEMPÉRATURE ADMISSIBLES POUR LE VERRE RECUIT

Les vitrages pour lesquels l'écart de température entre deux zones dépasse à un moment quelconque les écarts admissibles (comme ceux donnés page 551 pour les feuillures de faible inertie courantes) doivent être trempés ou durcis.

L'écart de température admis dépend de la nature du vitrage, de l'état de ses bords, de son orientation, de sa position (verticale ou inclinée), de la nature de la feuillure et, de façon générale, des conditions d'environnement et des sollicitations mécaniques liées à la mise en œuvre. Il est calculé pour chaque composant du vitrage isolant.

- En position horizontale ou inclinée ou en cas de bord non maintenu ou en cumul d'un écart d'altitude non pris en compte à la fabrication, la concomitance des contraintes mécaniques et thermiques réduit la température maximale admise.
- Certaines hypothèses de constitution des vitrages isolants, de l'inertie thermique des feuillures ou des moyens de découpe des vitrages, prises lors de l'établissement des critères fixés par le *DTU 39*, ne sont plus en adéquation avec les pratiques actuelles.

Bon à savoir : la définition d'un façonnage JPI, selon la norme EN 12150 par exemple, ne conduit pas forcément à la qualité nécessaire à l'application du critère de qualité JPI évoqué par DTU 39 P3 § 6.3, sauf cahier des charges établi spécifiquement avec le transformateur.

▼ Cas général des feuillures à faible inertie thermique, écart admissible en °C (Extrait du DTU 39 P3)

Nota : Pour réduire effectivement les risques, le façonnage JPI doit être de haute qualité, ce qui n'est pas toujours compatible avec les contraintes économiques et pratiques d'un projet. Nous recommandons de ne jamais dépasser 38°C comme écart de température acceptable dans tous les cas dépassant cette valeur dans le tableau ci-contre.

Type de verre	Appui sur	Avec ombre portée			Sans ombre portée		
		ß ≥ 60°	60° > ß ≥ 30°	30° > ß	ß ≥ 60°	60° > ß ≥ 30°	30° > ß
- Monolithique façonné JPI - Feuilleté symétrique façonné, avec tous les composants ≥ 4 mm	Périphérie	42	38	34	48	43	38
	Autres	34	28	21	38	31	24
- Monolithique brut de coupe - Feuilleté symétrique brut de coupe, avec tous les composants ≥ 4 mm - Feuilleté, symétrique façonné JPI, avec un des composants ≤ 3 mm - Feuilleté non symétrique façonné JPI	Périphérie	35	32	28	40	36	32
	Autres	28	23	18	32	26	20
- Imprimé brut de coupe ou façonné JPI	Périphérie	32	29	25	36	32	29
	Autres	25	21	16	29	23	18
- Feuilleté non symétrique brut de coupe - Feuilleté brut de coupe, avec un des composants ≤ 3 mm - Feuilleté symétrique scié, avec tous les composants ≥ 4 mm	Périphérie	26	24	21	30	27	24
	Autres	21	17	13	24	19	15
- Feuilleté non symétrique scié	Périphérie	25	22	20	28	25	22
	Autres	20	16	12	22	18	14
- Armé	Périphérie	23	20	18	25	23	20
	Autres	18	15	11	20	17	13

Pour d'autres types de feuillures, il convient de se référer au *DTU 39 P3*.

6.1.5 COEFFICIENTS D'ABSORPTION À NE PAS DÉPASSER POUR UTILISER DU VERRE RECUIT EN DOUBLE VITRAGE

Les tableaux suivants issus du *DTU 39 P3* ne s'appliquent qu'à des situations courantes et dans des feuillures courantes. Ils donnent l'absorption énergétique limite de chaque composant de vitrage isolant afin que celui-ci puisse être en verre recuit (voir p. 553) (pour quelques vitrages courants de la gamme AGC). Au-delà, le vitrage doit être trempé ou durci ou un calcul plus précis doit être effectué.

▼ Double vitrage à couche faiblement émissive avec ou sans store intérieur, lame d'air ou d'Argon, et posé verticalement dans un châssis fixe ou ouvrant non coulissant.

Double vitrage 1.0 ≤ Ug < 1.6		Menuiserie à faible inertie thermique	
Nature	En appui sur :	Composant extérieur	Composant intérieur
Monolithique	Périphérie	0,34	0,15
	Autre cas	0,24	Trempé

Les doubles vitrages à couche faiblement émissive et posés en toiture ne peuvent pas être évalués par méthode simplifiée.
Les vitrages isolants sans couche n'étant plus guère utilisés, se reporter au *DTU 39* si nécessaire.

6.1.6 COEFFICIENTS D'ABSORPTION À NE PAS DÉPASSER POUR UTILISER DU VERRE RECUIT EN CHÂSSIS COULISSANTS, DOUBLE VITRAGE ET REMPLISSAGE ARGON

▼ Double vitrage avec couche faiblement émissive en châssis vertical coulissant ou à guillotine avec butée

Les conditions d'absorption énergétique (AE) doivent être satisfaites simultanément pour les deux composants du vitrage isolant (voir p. 553) pour quelques vitrages courants de la gamme AGC. Les largeurs en tableau de maçonnerie sont limitées à 2,00 m pour les portes-fenêtres et 1,60 m pour les fenêtres. Lorsque le verre extérieur est à bords façonnés JPI, le verre clair intérieur doit être également à bords façonnés JPI.

Composition	AE Composant extérieur	AE Composant intérieur
Pose en plaine (altitude ≤ 500 m) - Couche faiblement émissive en face 2		
iplus #2 + 16 + 4	20	10
iplus #2 + 16 + 6	14	15
Pose en plaine (altitude ≤ 500 m) - Couche faiblement émissive en face 3		
4 + 16 + iplus #3	10	15
Pose en montagne (altitude > 500 m) - Couche faiblement émissive en face 2		
iplus #2 + 16 + 4 mm	14	10
Pose en montagne (altitude > 500 m) - Couche faiblement émissive en face 3		
4 + 16 + #3 iplus	10	12

6.1.7 COEFFICIENTS D'ABSORPTION DES CONSTITUANTS DE VITRAGES ISOLANTS À COUCHE iplus AGC

Toutes les compositions sont avec Argon 90% ou 85% et Planibel Clearlite et sans protection solaire.

Composition	Couche	AE Composant extérieur	AE Composant intérieur
iplus Top 1.1			
4 /16/4	#3	7	7
4 /16/4	#2	12	3
4 /16/ 44.2	#3	7	13
6 /16/ 44.2	#3	10	13
44.2 / 16 / 4	#2	25	2
44.2 / 16 / 6	#2	25	3
44.2 / 16 / 4	#3	21	5
Iplus Advanced 1.0			
4 /16/4	#3	8	8
4 /16/4	#2	14	2
6 /16/4	#3	11	8
4 /16/ 44.2	#3	8	12
6 /16/ 44.2	#3	11	12
44.2 / 16 / 6	#2	27	2
44.2 / 16 / 4	#3	22	3

Composition	Couche	AE Composant extérieur	AE Composant intérieur
Iplus Energy N ou ipasol 70/37			
6 /16/4	#2	28	1
6 /16/4	#2	26	0
6 /16/ 44.2	#2	25	4
8 /16/ 55.2	#2	31	4

6.1.8 TRIPLE VITRAGE

Le triple vitrage est généralement associé à une menuiserie de faible inertie thermique.

Thermobel TG est fabriqué avec des vitrages à couche faiblement émissive généralement en position 2 et 5 et un vitrage Clearlite ou Clearvision au milieu du vitrage afin de limiter les contraintes thermiques dans les cas courants.

D'autres dispositions sont à prévoir après calcul, en cas de pose en altitude ou avec une occultation solaire à l'intérieur du bâtiment.

Il pourra être nécessaire d'utiliser des vitrages trempés thermiquement.

6.2 – Vérifications relatives aux vitrages isolants

6.2.1 TEMPÉRATURE DES COMPOSANTS

Il convient de vérifier les risques de casse thermique chaque fois que l'absorption énergétique de l'un des vitrages dépasse les valeurs données en p. 553).

La présence d'éléments pouvant perturber le régime thermique de la lame d'air (stores ou éléments incorporés, système respirant, façade multiple, vitrages devant acrotère ou nez de dalle…) ou échauffer les vitrages doit alerter le concepteur.

Des simulations peuvent être réalisées suivant les principes des normes *P78-470* et *EN ISO 52022-3*. Elles nécessitent de connaître tous les éléments du projet (plans, dimensions, teintes, etc, ...).

6.2.2 EFFORT DANS LE JOINT DE SCELLEMENT DES VITRAGES ISOLANTS

Les systèmes de scellement sont dimensionnés suivant les règles AGC.

Le joint de scellement subit un effort lorsque la lame de gaz subit une variation de volume sous l'effet de la température ou de la pression extérieure. Cet effort est exprimé en daN par cm de joint ou N/mm.

La contrainte sur les joints de vitrages Thermobel doit être vérifiée lorsque la différence d'épaisseur des constituants est supérieure à 6 mm et la lame de gaz est supérieure à 18 mm,

si :

- l'épaisseur totale d'au moins une face est au moins égale à 12 mm,
- la plus petite dimension est inférieure à 0.40 m.

Pour un vitrage isolant pris en feuillure sur 4 côtés, la certification Cekal définit actuellement une limite de 1.12 N/mm à ne pas dépasser.

Dans le cas des vitrages à bords exposés, ou VEA, ou VEC et à scellement silicone, la limite actuelle est de 0.95 N/mm.

Dans la pratique, les vitrages Thermobel 4/air ou Argon 15 ou 16 mm/X avec toute la gamme iplus (Top 1.1 ou Advanced 1.0 ou Energy N), avec jusqu'à 8 mm ou 44.6, pour menuiserie courante, sont conformes si la plus petite dimension est supérieure à 350 mm et si l'écart d'altitude entre le lieu de pose et de fabrication ne dépasse pas 300 m.

Dans les autres situations, le calcul au cas par cas suivant *NF P78-470* est réalisé par nos services si nécessaire, sur la base d'hypothèses forfaitaires ou avec les conditions réelles d'exposition maximale au rayonnement, sans protections solaires sur demande.

Lorsque les vitrages sont de forme trapézoïdale ou triangulaire, le calcul est réalisé sur la base du rectangle de même surface et avec la plus petite dimension du vitrage.

6.2.3 VITRAGES EN ALTITUDE

Lorsque l'altitude du lieu de fabrication diffère notablement de l'altitude de pose, la variation de pression est permanente et peut conduire à une rupture du verre en l'absence de dispositions préventives ou compensant les variations de pression (dépression à l'air sec ou Argon, soupape, équilibrage sur chantier).

L'effort s'exerçant dans le joint de scellement doit être vérifié pour les besoins de la certification Cekal également.

6.2.4 TEMPÉRATURE DU JOINT DE SCELLEMENT

La température du joint de scellement est assimilée à la température de la lame d'air. Elle ne doit pas de façon générale excéder 60° C, afin de limiter les risques d'embuage et afin de bénéficier de la certification Cekal.

Cependant, si sous ensoleillement la réaction dans le joint de scellement reste inférieure à 0,60 N/mm pour les vitrages sous parclose, ou 0,40 N/mm pour les vitrages VEC ou à bords libres, une température de 65° C maxi est admise.

Il appartient au maître d'ouvrage de fournir les éléments nécessaires à la vérification, notamment la température intérieure maximale pouvant régner au voisinage du vitrage et toute condition spécifique à l'installation.

Les températures maximales extérieures et flux solaire pour chaque zone et exposition sont précisées dans les "Conditions climatiques" *(Cahier CSTB n° 3242)*.

L'utilisation de vitrages réfléchissants ou d'une protection solaire extérieure peut être recommandée pour réduire la température susceptible d'être atteinte par les vitrages.

Bon à savoir : les vitrages isolants Thermobel 85° ont fait l'objet de tests de vieillissement qui assurent la bonne tenue des produits de scellement et la garantie AGC pour un emploi jusqu'à 80°C.

6.2.5 COMPATIBILITÉ DES PRODUITS DE COLLAGE ET D'ÉTANCHÉITÉ

Certains mastics d'étanchéité et produits de collage des menuiseries peuvent entraîner une détérioration du joint de scellement des vitrages isolants, due à la migration des composants dégradant le butyl.

L'entreprise doit s'assurer auprès de son fournisseur de la compatibilité des mastics ou de toute colle qu'elle emploie sur chantier ou lors de la mise en œuvre en atelier. Cette précaution vaut également pour le collage sur châssis.

L'ensemble des produits, qu'ils soient au contact des vitrages ou susceptibles de dégager diverses substances une fois en œuvre, doit présenter une compatibilité avérée par essais.

6.3 – Vérifications relatives au verre feuilleté

6.3.1 SÉCURITÉ VIS-À-VIS DES CHUTES DE PERSONNES

Les caractéristiques minimales exigées pour les produits feuilletés sont précisés par le *FD DTU 39 P5 (Mémento Sécurité pour les Maîtres d'oeuvre)*.

Ce sont les classes 1B1 suivant *EN 12600* et P1A suivant *EN 356*. Dans la gamme AGC, les produits correspondants sont donnés dans le tableau ci-dessous.

	Minimum pour 1B1
Stratobel PVB ou Strong clair ou coloré ou SentryGlas	33.2 recuit valable en trempé
Stratophone	33.2 recuit valable en trempé
Stratobel EVA clair ou EVA Creation	44.4 trempé ou 66.3 trempé ou 88.2 recuit

La mise en œuvre de ces produits doit conduire à ce que l'ensemble de l'ouvrage résiste aux exigences de chocs mous et durs suivant les textes en vigueur.

Des essais dans les conditions de maintien réel du vitrage peuvent être nécessaires dans les situations décrites en annexe du *FD P5 du DTU 39 : 2017*.

6.3.2 HEURTS ET/OU CHUTES DE VERRE

Les feuilletés Stratobel PVB, Strong, EVA, Stratophone ou Pyrobel... posés verticalement sont aptes à retenir les morceaux en cas de bris s'ils sont classés 2B2 au moins suivant *EN 12600*.

Les miroirs ou verres décoratifs avec un film déposé industriellement Safe+ (Mirox ou Lacobel ou Matelac) présentent les mêmes caractéristiques.

Les intercalaires non évalués sur vitrage suivant *EN 12600*, d'une autre nature que ceux-ci, ou les films rapportés sur le vitrage par un transformateur ou un installateur doivent faire l'objet d'une étude spécifique.

	Minimum pour 2B2
Stratobel PVB ou Strong clair ou coloré ou SentryGlas	33.1 recuit valable en trempé
Stratophone	33.1 recuit valable en trempé
Stratobel EVA	44.2 recuit ou 55.2 trempé
Lacobel, Matelac, Mirox	4 mm en version Safe + verre recuit
Pyrobelite	10 ou 7EG
Pyrobel	16 ou 8EG

En paroi inclinée, seuls les feuilletés de classe 2B2 (Stratobel PVB ou EVA ou SentryGlas, Stratophone) conviennent.

6.3.3 TEMPÉRATURE DES MATÉRIAUX

Les performances mécaniques ou visuelles de certains vitrages peuvent être affectées si ceux-ci sont soumis à de fortes élévations de température. Un calcul est recommandé lorsqu'un tel risque est prévisible (vitrages très absorbants, ensoleillement fort, store intérieur, vitrage devant partie opaque, système dit respirant, façade multiple, ...).

Les limites acceptables dépendent intrinsèquement du produit et des conséquences potentielles en termes de résistance ou de sécurité. Il convient de moduler ces valeurs en appréciant la durée de l'exposition des produits verriers à ces températures et la probabilité d'occurrence de telles températures.

Intercalaire	Limitation usuelle	Commentaires
Stratobel PVB ou Strong Stratophone PVB	Région VE1 : 65° C Région VE2 : 63° C Région VE3 : 60° C Région VE4 : 60° C	
Stratobel PVB clair, assemblé en mesures fixes	Garde-corps : 65° C Parois inclinées : 65°C **Autres usages : 75° C**	Ne n'applique pas au vitrage découpé
Stratobel SentryGlas	80°C	Usage suivant DTA
Stratobel EVA	Garde-corps : 65° C Parois inclinées : 65°C **Autres usages : 75° C**	Toutes zones en France
Pyrobel et Pyrobel EG	50° C	Désordre esthétique (bulles)

Les performances des vitrages sont mesurées selon des conditions expérimentales précisées dans chaque norme d'essais. AGC recommande le positionnement des vitrages feuilletés du côté intérieur du bâtiment, notamment Stratobel Security contre le vandalisme ou les balles. Les températures extrêmes sont ainsi évitées.

AGC garantit l'utilisation de vitrages feuilletés PVB et EVA au-delà de 60°C et jusqu'à 75°C s'ils sont fabriqués par nos usines de transformation et dans certains cas d'utilisations.

Un vitrage isolant de contrôle solaire ipasol ou Stopray, ou/et une protection solaire extérieure, permettent de limiter l'échauffement.

6.4 – Conditions climatiques

6.4.1 CONVENTIONNELLES (CAHIER CSTB N° 3242)

Ces conditions sont prises en compte pour déterminer les températures maximales ou minimales susceptibles d'être atteintes dans les vitrages isolants ou feuilletés en façade ou verrière en France Métropolitaine.

Les paramètres de calcul définis sont :

- les coefficients d'échanges superficiels **he** et **hi** en fonction de l'inclinaison et de la saison,
- la température extérieure maximale (été et demi-saison) suivant localisation en zone VE1 à 4, orientation et altitude,
- le flux solaire conventionnel suivant la saison, la localisation, l'orientation et l'altitude,
- la température extérieure minimale suivant localisation, orientation et altitude.

Le *Cahier CSTB n° 3242* établit les valeurs pour chaque région de France et les critères associés. Les parois à faible pente, très exposées à l'ensoleillement, font l'objet de recommandations particulières.

6.4.2 FORFAITAIRES (NF P 78-470)

Ces hypothèses fournissent un jeu de données suffisantes pour les calculs réalisés sans connaissance de la destination.

Le vitrage est vertical et il est fabriqué à 15°C et 100 m d'altitude. Le vitrage isolant est installé ou transite à une altitude maximale de 400 m.

$T_{ext_{été}}$ = 35°C ; $T_{int_{été}}$ = 25°C ; ensoleillement 800 W/m²

h_{c_e} = 8 W/(m².K) et h_{c_i} = 3,6 W/(m².K).

6.4.3 RÉELLES

Pour des calculs plus pertinents, l'environnement de la construction devra être précisé.

Ombre particulière ou rayonnement spécifique dû à l'albédo ou à une réflexion sur une surface, conditions d'installations et points singuliers ou une situation temporaire telle qu'un bâtiment non chauffé, peuvent modifier les températures attendues.

7
RÈGLEMENTATION EN FRANCE

Médiathèque La Passerelle - Vitrolles, France - Architecte : Jean-Pierre Lott - ipasol

7.1 – Règlementation thermique

7.1.1 LES BÂTIMENTS ET L'ÉNERGIE

L'ensemble des états membres de la Communauté Européenne travaille à limiter la consommation en énergie des bâtiments. Les outils d'appréciation sont harmonisés (normes, modes de calcul, caractéristiques des produits, etc) et la *Directive Performance Energétique du 16 février 2002* est en place. Elle rend obligatoire l'affichage de la consommation d'un bâtiment et la disponibilité de certificats de diagnostic de performance énergétique lors d'achat, vente ou location d'un bâtiment.

La règlementation thermique française porte sur les bâtiments neufs, sur les grosses rénovations, et sur la rénovation par éléments de bâtiments d'habitation. Elle est rendue obligatoire par le *Code de la Construction et de l'Habitation*. Sont en vigueur la *RT 2012* pour le neuf et les grosses rénovations, ainsi que *l'arrêté sur la rénovation de bâtiments par éléments*, révisé en mars 2017.

Le confort en été et en hiver, la limitation des coûts en énergie, la protection contre le bruit et le maintien de la pureté de l'air ont été imbriqués jusqu'ici. A l'horizon 2020, de nouveaux textes verront le jour, inspirés par davantage de considérations environnementales et énergétiques. Ils favoriseront la production d'énergie et une moindre empreinte carbonée pendant toute la vie du bâtiment.

7.1.2 LES RÈGLES EN FRANCE

Le maître d'ouvrage est responsable du respect de la réglementation et veille à la conformité du projet, du permis de construire à la livraison. Les exigences applicables portent sur le bâtiment complet, neuf ou réhabilité et nécessitent l'usage de méthodes de calculs dédiées pour le traitement du chauffage, de la climatisation, de la ventilation, des équipements producteurs ou consommateurs d'énergie et de l'éclairage. Les écarts entre le projet initial et la réalisation peuvent être pointés.

Le site *www.rt-batiment.fr du Ministère de la transition écologique et solidaire* donne accès aux documents principaux et guides. Les dispositions prises ne peuvent compromettre les mesures réglementaires prises en matière de santé, salubrité, hygiène et sécurité.

Les parois vitrées sont traitées par les fascicules spécifiques des *règles Th-Bât*, méthodes de calcul des déperditions thermiques et prise en compte des caractéristiques lumineuses et des apports solaires.

7.1.3 LA PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE DES BÂTIMENTS NEUFS OU RÉHABILITÉS

Elle est appréciée au moment du dépôt du permis de construire avec 3 critères.

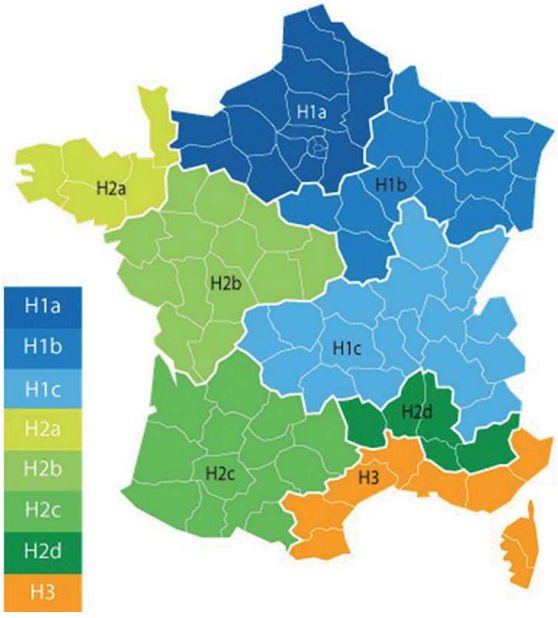
> Cep totalise la consommation en énergie primaire. Elle ne doit pas dépasser une valeur fixée par région et exprimée en kWhep/m² de SHON.

> L'indice Bbio est calculé en points. Il valorise la conception bioclimatique (optimiser l'orientation, la ventilation naturelle, l'entrée de lumière naturelle et les apports solaires choisis ou la production d'eau chaude ou d'énergie). Le Bbio max est modulé par typologie de bâtiment, sa localisation géographique et son altitude.

> La température intérieure Tic ≤ Température de référence (26°C) ne doit pas affecter le confort des occupants.

Les bâtiments non chauffés, ouvrages provisoires et certains ouvrages vitrés ne sont pas soumis à la réglementation.

Les régions définies par la Réglementation Thermique sont au nombre de 8 (H1a, H1b, H1c, H2a, H2b, H2c, H2d, H3) selon la carte ci-dessous.



7.1.4 LES PAROIS VITRÉES, DÉFINITIONS ET RÈGLES TH BÂT

Les performances des vitrages reposent sur 3 caractéristiques standardisées : le coefficient d'isolation thermique U_g, le facteur de transmission lumineuse τv, et le facteur solaire g.

Pour les parois vitrées, les performances incluant le châssis sont le coefficient U_w ou U_{cw}, la transmission lumineuse T_{lw} et le facteur solaire des baies S_w. Les Méthodes et les Applications seront exposées courant 2018 dans les *fascicules Parois Vitrées des règles Th-Bât*, qui traitent des performances thermiques, lumineuses et solaires après la refonte des précédentes règles ThL et Th S liées à la *RT 2012*.

Symbole	
U_g	Coefficient thermique du vitrage en W/m²/K Conventionnel EN 373 vertical ou suivant inclinaison
ψ	Coefficient thermique linéique de jonction vitrage-menuiserie en W/m²/K
U_f	Coefficient thermique de menuiserie en W/m²/K
σ	Clair de jour
U_w	Coefficient thermique de la baie, conventionnel vertical ou suivant inclinaison, avec croisillons éventuels
U_{cw}	Coefficient thermique de la baie ou du mur-rideau ou de la verrière
g	Facteur solaire du vitrage seul g = Sg1 + Sg2 Not : a Sg3 = 0
S_{g1}	Composante directe du facteur solaire du vitrage seul
S_{g2}	Composante directe du facteur solaire du vitrage seul
S_w	Facteur solaire de la baie
S_{w1}	Composante directe du facteur solaire de la baie
S_{w2}	Composante directe du facteur solaire de la baie
S_{w3}	Composante diffuse du facteur solaire de la baie (en présence de protection solaire)

Les modes de calcul des caractéristiques des parois vitrées sont conformes aux normes françaises européennes applicables : notamment *NF EN ISO 10077*, *EN ISO 52022-1 et -3 et NP XP P 50-777*.

Il est fait appel à des valeurs complémentaires, notamment les facteur solaires d'été et d'hiver et leur décomposition en fractions directes ou non directes ; soit pour les vitrages seuls g = Sg1 + Sg2 (cas été et cas hiver). Le coefficient Ug calculé pour les parois inclinées doit être utilisé.

Les caractéristiques Uf des menuiseries en bois, en PVC ou en métal dépendent de la nature des constituants et de leur conductivité thermique, des dimensions globales, de la géométrie des profilés et leur épaisseur, des matériaux assurant la rupture de pont thermique, du nombre de chambres, etc.

ψ caractérise la périphérie du vitrage, avec son espaceur, et le profilé de menuiserie. Il doit être calculé au cas par cas avec un logiciel adapté, en intégrant toutes les données géométriques du châssis et le type de vitrage isolant, double ou triple.

Bon à savoir : Glass Configurator vous permet de calculer toutes les valeurs réglementaires en France : Ug vertical ou incliné, g été-hiver, Sg1/Sg2 été-hiver (page France).

7.1.5 CARACTÉRISTIQUES THERMIQUES ET PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE DES BÂTIMENTS EXISTANTS

La réglementation dite «par éléments», précisée par arrêté du *25 mars 2017*, s'applique à l'occasion de travaux en France Métropolitaine à l'installation et au remplacement des parois vitrées de tous les bâtiments existants. Les exigences portent à la fois sur le vitrage et sur le châssis vitré.

Type de paroi vitrée	Performance thermique de la baie	Performance thermique du vitrage
Fenêtres de surface > 0.5m², portes-fenêtres, doubles fenêtres, façades rideaux	Uw ≤ 1.9 W/m²/K	
Fenêtre de surface < 0.5 m²		Ug ≤ 1.5 W/m²/K
Porte d'entrée de maison individuelle	Ud ≤ 2.0 W/m²/K	
Verrière	Ucw ≤ 2.5 W/m²/K	
Véranda (chauffée)	Uvéranda ≤ 2.5 W/m²/K	

Les fenêtres, portes-fenêtres et façades rideaux des bâtiments non-résidentiels, exceptées celles exposées au nord ou masquées, doivent satisfaire, par l'utilisation d'un vitrage de contrôle solaire ou d'une protection mobile ou par l'association des deux solutions, à un facteur solaire de la paroi complète Sw inférieur ou égal à 0,35.

Une fenêtre de toit doit comporter une protection solaire extérieure afin de présenter un facteur solaire de 0,15 au plus.

7.2 – Règlement acoustique

7.2.1 TEXTES RÉGLEMENTAIRES

La loi soumet les bâtiments neufs et réhabilités à des exigences de performance d'isolation acoustique entre locaux, de limitation des bruits d'équipements intérieurs et d'isolement acoustique des façades vis-à-vis du bruit extérieur.

Elles sont formulées suivant les symboles et définitions donnés ci-après. Le maître d'ouvrage peut néanmoins toujours formuler des objectifs plus contraignants. L'évaluation, la prévention et la réduction du bruit relèvent du *Code de l'Environnement, art L.572-1 et suivants*.

Le Code de l'Environnement (article L 571-10) traite du classement des secteurs situés au voisinage des infrastructures de transports terrestres et des niveaux de nuisances sonores à prendre en compte pour la construction de bâtiments.

Le décret n° 2006-361 du 24 mars 2006 et l'arrêté du 4 avril 2006 sont relatifs à l'établissement des cartes de bruit et des plans de prévention du bruit dans l'environnement.

En application du *décret n° 95-21 du 9 janvier 1995* et de l'*arrêté du 30 mai 1996*, le préfet définit les niveaux de renforcement de la protection des pièces principales et des cuisines contre les bruits extérieurs en bordure des voies concernées.

Les contrôles effectués en vue de la réception de l'ouvrage portent notamment sur les performances acoustiques des bâtiments. La *circulaire du 25/4/2003* précise les modalités de vérification de la qualité acoustique.

▼ Bâtiments d'habitation neufs/rénovation/par éléments

Les articles *L.111-11* et *R.111-4* et suivants du Code de la Construction et de l'habitation traitent de l'isolation acoustique des bâtiments d'habitation. Un arrêté 17 avril 2009, précise le cas des bâtiments d'habitation dans les DOM.

Pour les logements il existe une attestation de prise en compte de la réglementation acoustique par *arrêté du 27 novembre 2012*.

▼ Autres bâtiments

Le *décret 95-20 du 9/1/1995*, *les arrêtés et la circulaire du 25/4/2003* concernent les bâtiments relevant de tous les établissements d'enseignement, de santé, de soins, d'action sociale, de loisirs ou de sports, les hôtels et établissements d'hébergement à caractère touristique et tout bâtiment autre que d'habitation.

▼ Aérodromes

La protection des riverains des aérodromes est traitée par le *Code de l'Environnement (article L571-11 et suivants ; R.571-58 et suivants et le Code de l'Urbanisme articles L 112.3 et suivants, R.112-1 et suivants)*.

Au voisinage des aérodromes, en application des *articles L 147-5 à L 147-11 du Code de l'Urbanisme*, des plans d'exposition au bruit définissent des zones (A, B et C) en fonction du niveau de gêne sonore qui y est généré par le trafic aérien. A l'intérieur de ces zones, le droit d'édifier des constructions nouvelles est interdit ou soumis à des dispositions spéciales.

L'isolement Dn doit être de 47, 40 et 35 dB, respectivement pour les zones A, B et C exposées au bruit des aérodromes, pour tous les bâtiments quelle que soit leur destination.

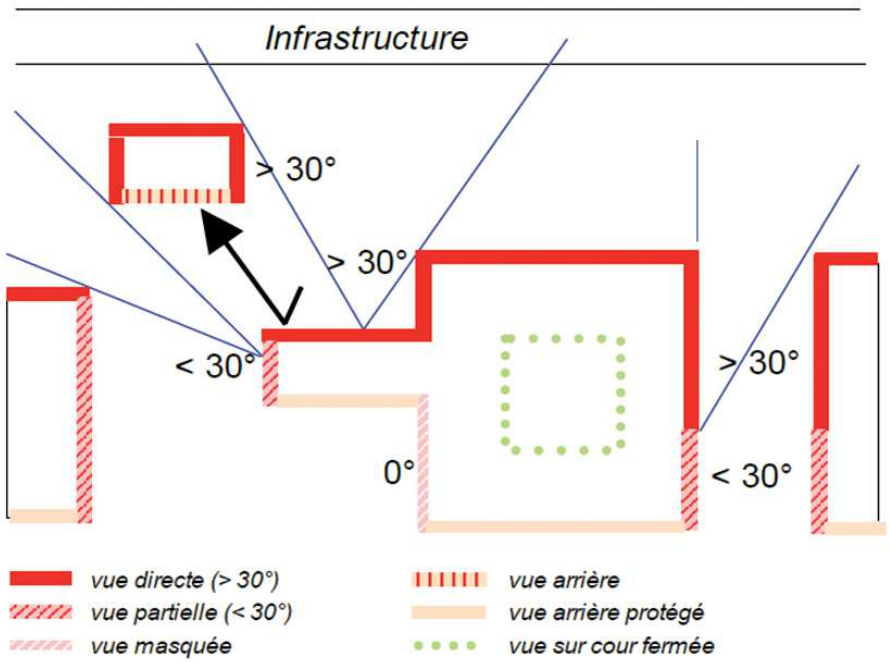
7.2.2 EXPOSITION DES BAIES AU BRUIT ET CLASSES BR1, BR2, BR3

Les infrastructures de transports terrestres sont classées par arrêté préfectoral suivant l'*arrêté du 30 mai 1996 modifié par arrêté du 23 juillet 2013* en catégories 1 à 5, selon le bruit généré par le trafic (1 étant la plus bruyante et 5 la plus calme).

La classe de la baie BR1, BR2 ou BR 3 est liée à sa distance à la façade et à son exposition par rapport à l'infrastructure (vue directe, vue partielle, masquée, protégée, etc..).

Elle dépend également de la proximité d'un aéroport et de la zone du plan d'exposition au bruit (PEB) approuvé par arrêté préfectoral.

La détermination du classement BR s'effectue baie par baie en appliquant l'annexe 2 de l'*arrêté du 13 juin 2008* (RTex globale) en fonction de la distance "d" entre la façade étudiée et l'infrastructure et de la "vue d'une infrastructure depuis une baie".



Le niveau de protection solaire doit être renforcé si la baie est exposée au bruit (classes d'exposition BR 2 et BR 3).

La classe d'exposition BR3 correspond à l'obligation d'un renforcement de l'isolement acoustique au delà des 30 dB de la réglementation acoustique.

La classe d'exposition BR2 correspond à des niveaux d'exposition plus faibles spécifiques de la RT existante «globale» qui ne nécessitent pas le renforcement de l'isolement acoustique mais qui conduisent pour les chambres à une contrainte thermique d'été liée à l'absence de ventilation nocturne de ce type de local.

La classe d'exposition BR1 correspond à une faible exposition. Toutefois par convention une baie est classée en BR1 dans le cas de bâtiment situé hors PEB (aucun classement des infrastructures au voisinage de la construction par arrêté préfectoral au sens du *décret N° 95-21 du 9 janvier 1995*).

7.2.3 DÉFINITIONS ET SYMBOLES

Niveau de bruit en continu	LA_{eq}	en dB
Isolement acoustique standardisé pondéré au bruit aérien entre deux locaux	D_{nTA}	D_{nTA} + C suivant EN ISO 717-1
Isolement acoustique standardisé pondéré contre les bruits extérieurs	$D_{nTA,tr}$	$D_{nTA,tr} + C_{tr}$ suivant EN ISO 717-1

Indice d'affaiblissement acoustique du vitrage	$R_w(C ; C_{tr})$	
Indice d'affaiblissement acoustique de la fenêtre	$R_w(C ; C_{tr})$	Avec équipement et vitrage de composition donnée

L'exigence d'isolement de façade est exprimée par la valeur D_{nTA} ou $D_{nTA,tr}$ en décibels (dB). C'est la différence entre le niveau de bruit mesuré en façade et celui mesuré dans le local à protéger.

D_{nTA} ou $D_{nTA,tr}$ sont fixés par le maître d'ouvrage et communiqués à l'entreprise. Le bureau d'études ou le maître d'œuvre détermine pour chaque constituant les caractéristiques d'affaiblissement nécessaires.

Pour les vitrages, les R_w (C ; Ctr) sont disponibles sur www.agc-yourglass.com.

Des essais spécifiques normalisés peuvent être réalisés avec une composition vitrée donnée pour une fenêtre ou une porte extérieure, afin de quantifier son propre indice d'affaiblissement acoustique R_w (C ; C_{tr}).

7.2.4 EXIGENCES

▼ Bâtiments d'habitation neufs/réno par éléments en France Metropolitaine

L'exigence d'isolement des façades est au minimum 30 dB et est déterminée en fonction du niveau de bruit émis par les infrastructures *(articles L.111-11, L. 111-11-1, L. 111-11-2 et R. 111-4, R. 111-4-1 et R111-23-1 du Code de la Construction et de l'Habitation)*.

L'isolement acoustique des logements contre les bruits des transports terrestres doit être au moins égal aux valeurs déterminées par arrêté préfectoral dans le département concerné. Les résidences de tourisme et hébergements touristiques sont soumis à la même réglementation.

Pour les bâtiments d'habitation dont le permis de construire est déposé depuis le 1er janvier 2013, les maîtres d'ouvrage ont l'obligation de fournir à l'achèvement des travaux, à l'autorité ayant délivré l'autorisation de construire, une attestation de prise en compte de la réglementation acoustique.

L'attestation s'appuie sur des constats effectués en phases études et chantier, et, pour les opérations d'au moins 10 logements, sur des mesures acoustiques réalisées à la fin des travaux de construction.

Les exigences acoustiques réglementaires s'appliquent à la façade. La *circulaire UHC/QC 1/4 n°2000-5 du 28 janvier 2000* en précise l'application aux habitations nouvelles, surélévations et additions aux bâtiments existants en France métropolitaine. Vis-à-vis d'un trafic urbain, l'isolement minimal DnAtr dépend de la catégorie de l'infrastructure (1 à 5), de la distance et de la disposition de la baie par rapport à cette voie.

Catégorie de rue en U	Niveau sonore jour L_{Aeq} 6-22h	Niveau sonore nuit L_{Aeq} 22-6h	Largeur (m) des secteurs affectés	D_{nAtr} minimal
1 (autoroutes + 4 voies)	L > 81 dB	L > 76 dB	300	45 dB
2 (rues principales en agglomération)	L > 76 dB	L > 71 dB	250	42 dB
3 (rues passantes)	-	-	100	38 dB
4 (rues peu fréquentées)	-	-	30	35 dB
5 (secteurs résidentiels)	-	-	10	30 dB

Cas des sites en tissu ouvert : isolement minimal D_{nAtr} (dB) en fonction de la distance (en m) de la façade à la source de bruit.

Catégorie de route	0 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 25	25 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 65	65 - 80	80 - 100	100 - 125	125 - 160	160 - 200	200 - 250	250 - 300
1	45	45	44	43	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32
2	42	42	41	40	39	38	37	36	35	34	33	32	31	30	30
3	38	38	37	36	35	34	33	32	31	30	30	30	30	-	-
4	35	33	32	31	30	30	30	30	30	-	-	-	-	-	-
5	30	30	30	30	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

▼ Bâtiments d'habitation dans les DOM

La valeur minimale de l'isolement standardisé pondéré pour un bruit de trafic $Dn_{T,A,tr,}$ est donnée en fonction de la catégorie de l'infrastructure, pour les pièces directement exposées au bruit des transports terrestres.

Catégorie de rue en U	Isolement standardisé pondéré pour un bruit de trafic DnT, A, tr
1	40 dB
2	37 dB
3	33 dB

Ces valeurs sont diminuées :

- en effectuant un décalage d'une classe d'isolement pour les façades latérales,
- en effectuant un décalage de deux classes d'isolement pour les façades arrière.

Dans le cas de site en tissu ouvert est indiquée, par catégorie 1, 2 ou 3 d'infrastructure, la valeur minimale de l'isolement standardisé DnT,A,tr, des pièces en fonction de la distance (en m) entre le bâtiment à construire et :

- pour les infrastructures routières, le bord extérieur de la chaussée la plus proche,
- pour les infrastructures ferroviaires, le bord du rail extérieur de la voie la plus proche.

Catégorie	0 - 10	10 - 15	15 - 20	20 - 25	25 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 65	65 - 80	80 - 100	100 - 125	125 - 160	160 - 200
1	40	40	39	38	37	36	35	34	33	-	-	-	-
2	37	37	36	35	34	33	-	-	-	-	-	-	-
3	33	33	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

▼ Autres Bâtiments

Les établissements d'enseignement, de santé, de soins, d'action sociale, de loisirs ou de sports, les hôtels et établissements d'hébergement à caractère touristique et tout bâtiment autre que d'habitation sont soumis à la même réglementation que les bâtiments d'habitation. L'isolement vis-à-vis des bruits routiers est le même que celui imposé aux bâtiments d'habitation.

Dans les établissements d'enseignement, DnAtr vis-à-vis des bruits extérieurs est au moins 30 dB. Entre un local d'enseignement et une circulation, un isolement minimal de 30 dB est requis. Il est de 40 à 43 dB entre deux locaux d'enseignement. Les dispositions sont renforcées pour les écoles maternelles. Ces dispositions ne sont pas adaptées aux écoles de musique.

Dans les locaux de santé, l'isolement aux bruits aériens requis entre les différents locaux va de 40 à 55 dB.

Locaux de travail : le *Code du Travail* énonce les prescriptions de sécurité et de santé applicables en cas d'exposition des travailleurs aux risques dus au bruit *(art. R. 231-125 et s. et R. 235-2-11)*.

Nota : les cloisonnements vitrés et portes vitrées peuvent être concernés par l'ensemble de ces exigences.

▼ Rénovation des fenêtres

La fiche Application – Classement au bruit des baies expose les obligations liées à la rénovation des bâtiments.

Le guide «*L'acoustique en pratique, changer les fenêtres*», établi en 2007 par un groupe de professionnels et disponible sur le site Cekal, apporte solutions et conseils pour les professionnels lors des opérations de rénovation de l'habitat.

Selon le confort recherché, l'environnement sonore diurne et nocturne, et la situation de la fenêtre par rapport au sol et à la source de bruit, l'isolement visé DnTA,tr sera au minimum de 30 dB pour des logements faiblement exposés, à 35 dB au mieux. Ces niveaux correspondent aux valeurs minimales en vigueur pour le neuf.

L'isolement obtenu résultera des indices d'affaiblissement de chaque composant de la baie : fenêtres intégrant un vitrage spécifié, équipements tels entrée d'air et coffre de volet roulant. Le choix des matériaux et une mise en œuvre adaptée sont d'égale importance pour un résultat de qualité.

A noter que l'isolement acoustique peut être combiné à des travaux de mise en conformité avec la réglementation thermique qui, elle, est obligatoire pour la rénovation. En effet, les fenêtres bien isolantes sur le plan thermique apportent parallèlement une très sensible diminution des nuisances sonores.

7.3 – Règlementation parasismique

Le Code de l'Environnement R-563 définit les dispositions applicables, la classification des bâtiments et les règles de construction parasismique pour les bâtiments, équipements et installations.

7.3.1 RISQUES SISMIQUES EN FRANCE

Le territoire français est divisé en 5 zones (0, Ia, Ib, II et III) de sismicité croissante. Les zones de sismicité sont basées sur un découpage communal et 21000 communes sont concernées par la réglementation.

Les bâtiments sont répartis en deux catégories, respectivement dites "à risque normal" et "à risque spécial". Les bâtiments "à risque normal" sont répartis en quatre classes *(arrêté du 22 octobre 2010 modifié le 15 septembre 2014)*.

Classe A : ceux dont la défaillance ne présente qu'un risque minime pour les personnes ou l'activité économique.

Classe B : ceux dont la défaillance présente un risque moyen pour les personnes.

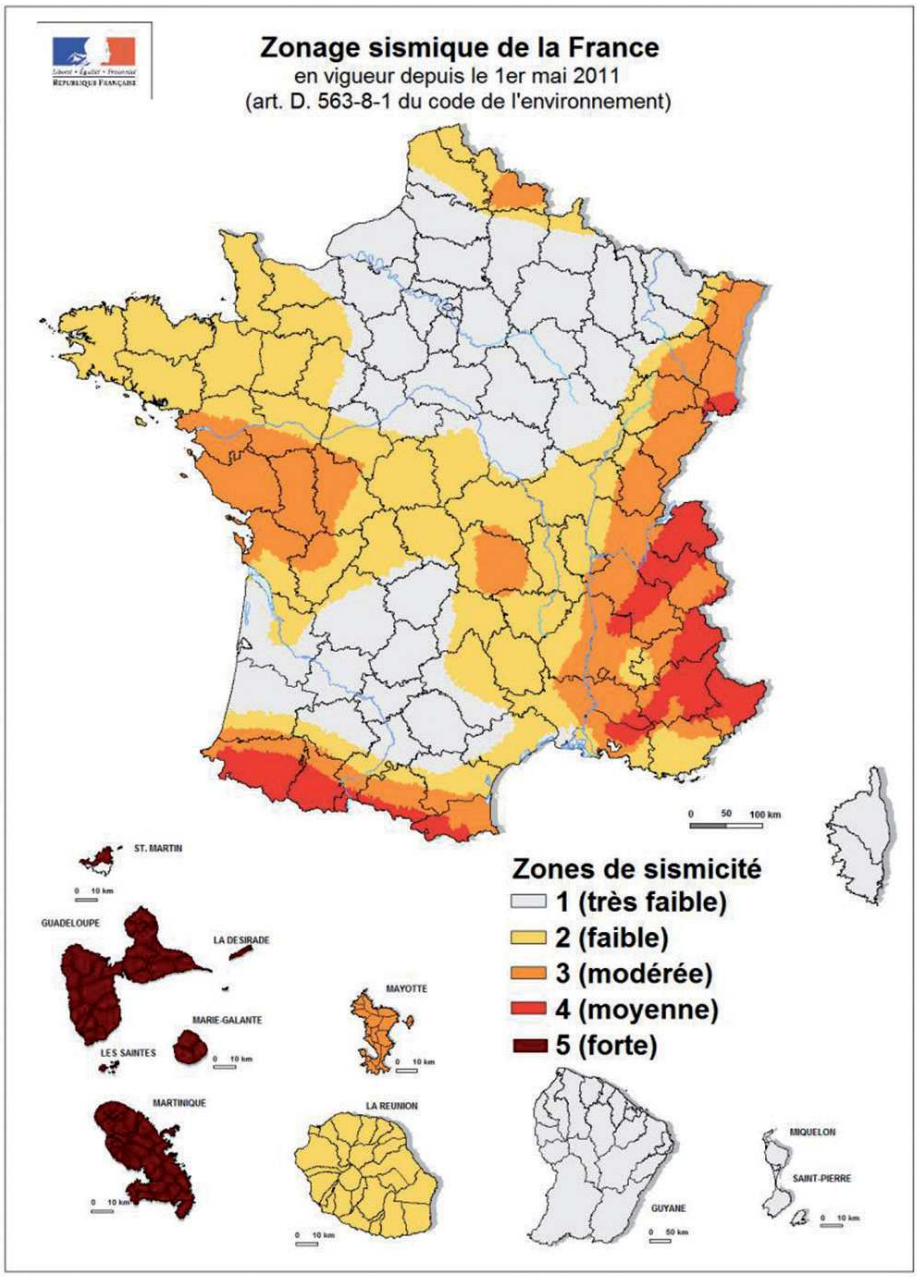
Classe C : ceux dont la défaillance présente un risque élevé pour les personnes et ceux présentant le même risque en raison de leur importance socio-économique.

Classe D : ceux dont le fonctionnement est primordial pour la sécurité civile, pour la défense ou pour le maintien de l'ordre public.

Les dispositions s'appliquent aux équipements, installations et bâtiments nouveaux ; aux additions aux bâtiments existants par juxtaposition, surélévation ou création de surfaces nouvelles ; aux modifications importantes des structures des bâtiments existants.

La catégorie dite "à risque spécial" comprend les bâtiments, les équipements et les installations pour lesquels les effets sur les personnes, les biens et l'environnement de dommages même mineurs résultant d'un séisme peuvent ne pas être circonscrits au voisinage immédiat desdits bâtiments, équipements et installations. Ils ne sont pas évoqués plus loin dans ce document.

Des informations pratiques sont à disposition sur les sites *http://www.georisques.gouv.fr/articles/le-risque-sismique et http://www.cohesion-territoires.gouv.fr/risque-sismique.*



▼ Règles s'appliquant aux ouvrages non structuraux en verre

Le *Guide de dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti* définit les éléments faisant l'objet d'un traitement parasismique, et les objectifs de comportements, les principes d'analyses et de vérifications à retenir.

Sont concernés : les menuiseries extérieures, les cloisons, les façades légères, les éléments de couvertures et verrières, installés sur des bâtiments neufs ou existants et soumis à l'aléa sismique défini ci-après.

	Catégorie d'importance de bâtiment			
Zone de sismicité	I	II	III	IV
Zone 1 très faible	Pas d'exigence			
Zone 2 faible			aléa sismique	aléa sismique
Zone 3 modérée		aléa sismique	aléa sismique	aléa sismique
Zone 4 moyenne		aléa sismique	aléa sismique	aléa sismique
Zone 5 forte		aléa sismique	aléa sismique	aléa sismique

7.3.2 TEXTES DE RÉFÉRENCE

Le *DTU 39 P5 (2017), Mémento pour les maîtres d'oeuvre* renvoie aux documents réglementaires ou de référence.

Les menuiseries extérieures en tunnel et en applique intérieure ou extérieure ne font pas l'objet de dispositions parasismique, à l'exception des menuiseries dont les remplissages sont de surface supérieure à 4 m² et des fenêtres juxtaposées. Pour ces derniers cas, le texte de référence est la *fiche technique CSTB/CEBTP/COPREC/SNFA n°50*.

Le *DTU 35.1 P1-1, Annexe D* s'applique aux cloisons. La *fiche technique CSTB/CEBTP/COPREC/SNFA n°49* concerne les façades légères, tandis que les éléments de couvertures et les verrières sont traitées par les *Recommandations professionnelles « RAGE 2012 » Verrières - Neuf et Rénovation*.

▼ Sont régis par d'autres règles

- **En zone de sismicité 2 :** les établissements scolaires à un seul niveau remplissant les conditions du paragraphe 1.1 des *Règles de Construction Parasismiques PS-MI 89 révisées 92 (NF P 06-014)*.
- **En zone de sismicité 3 et 4 :** les bâtiments de catégorie d'importance II et les établissements scolaires à un seul niveau remplissant les conditions du paragraphe 1.1 des *Règles de Construction Parasismiques PS-MI 89 révisées 92 (NF P 06-014)*.
- **En zone de sismicité 5 :** les Maisons Individuelles appartenant à la catégorie d'importance II remplissant les conditions des règles CP-MI Antilles.

7.3.3 CHOIX DE PRODUITS VERRIERS

L'usage de verre recuit est possible comme indiqué sur la courbe ci-après si les vitrages sont maintenus en feuillure, verticaux et que notamment la hauteur de chute des morceaux est de moins de 3.5 m.

Lorsque des dispositions parasismiques doivent être prises et selon le cas de dimensions et d'application, on aura recours à des produits trempés ou feuilletés de sécurité classés 1C3 ou 2B2 au moins suivant la norme *EN 12600*.

Il convient d'approcher spécifiquement les exigences par application. Chaque face d'un double vitrage peut être concernée.

Se référer au chapitre sur la mise en œuvre des vitrages et aux risques sismiques (voir p. 490).

L'utilisation de produits verriers constituant des éléments structurels (poutre, contreventement) peut ne pas être autorisée.

Bon à savoir : les systèmes Balustra et Structura sont aptes à répondre aux exigences sismiques.

7.4 – Règlementation incendie

Afin d'assurer aux occupants d'une construction donnée un niveau de sécurité jugé raisonnable, la réglementation impose la mise en œuvre de mesures minimales de prévention incendie. Celles-ci dépendent du type d'activité, du type d'occupation, de la nature du bâtiment et des risques encourus.

7.4.1 RÉACTION AU FEU

Les produits de construction relevant du RPC et du marquage CE doivent être classés conformément aux résultats d'essais normalisés précisés dans *EN 13501-1* (voir p. 100).

Trois niveaux de développement possible d'un feu sont pris en compte (attaque par une petite flamme, présence d'un objet en feu et feu pleinement développé) dans la pièce, dans les 5 essais de performance.

Les euroclasses A1 et A2 correspondent aux produits sans contenu ou à faible contenu organique. Les euroclasses B, C, D correspondent aux produits combustibles, F aux produits non évalués ou sans revendication de performance. E est attribuée en cas de succès à un essai sollicitant très faiblement le produit. Les sous-classes S et d se rapportent respectivement à la production de fumée et de gouttelettes/particules enflammées.

L'arrêté du 21/11/2002 portant sur la classification des matériaux de construction selon leur réaction au feu, est en vigueur. Son annexe 4 donne les éléments de transposition des euroclasses dans la réglementation française et les règles d'acceptation des anciennes classes M. L'extrait ci-après donné à titre indicatif ne concerne que les anciennes classes M0, M1 et M2.

Classes selon EN 13501-1			Ancienne exigence dans les règlements de sécurité
A1	-	-	Incombustible
A2	S1	d0	M0
A2	S1	d1	M1
A2	S2 - S3	d0 - d1	M1
B	S1 - S2 - S3	d0 - d1	M1
C (3)	S1 - S2 - S3	d0 - d1	M2

Bon à savoir : sont classés conventionnellement A1 sans essais préalables : le verre float ou imprimé, le verre armé, le verre avec couche inorganique, le verre feuilleté (si la teneur en intercalaire est ≤ 0.1% en poids ou en volume).

Les vitrages comportant une fraction organique supérieure à 0.1% en poids ou en volume doivent être testés (c'est le cas des vitrages feuilletés et des vitrages isolants qui sont classés B, C ou D selon leur composition).

7.4.2 RÉSISTANCE AU FEU

L'arrêté du 22 mars 2004 du Ministère de l'Intérieur et ses cinq annexes, précisent toutes les dispositions concernant les degrés de résistance au feu des éléments de construction utilisables en France ainsi que les méthodologies applicables.

Cet arrêté a été complété par des protocoles approuvés par le C.E.C.M.I. (*Comité d'Etudes et de Classification des Matériaux contre le risque d'Incendie – Organe de la Direction de la Défense et de la Sécurité Civile*) qui, en particulier, définissent les champs d'application et les transpositions éventuelles des règles générales aux détails applicables à chaque type d'essai réalisé par des laboratoires agréés.

Suivant cet arrêté, la justification de la résistance au feu des éléments de construction peut être obtenue à partir :

- d'un essai au feu effectué sur un échantillon représentatif de l'élément concerné ;
- d'une analyse spécifique (extension de classement, Avis de chantier) délivrée par un laboratoire agréé ;
- d'un calcul conforme à une méthode agréée par le CECMI, selon les DTU ou les Eurocodes.

Les articles de cet arrêté précisent que le classement d'un élément vitré de construction peut relever de 4 catégories :

- classement R pour lequel le critère de résistance mécanique est seul requis (anciennement Stable au Feu) ;
- classement E pour lequel sont requis les critères de résistance mécanique et d'étanchéité au feu (anciennement Pare-Flammes) ;

- classement EI pour lequel sont requis les critères de résistance mécanique, d'étanchéité au feu et d'isolation thermique (anciennement Coupe-Feu) ;
- classement DH pour le cantonnement des fumées (anciennement Stable au feu).

Pour plus d'informations, (voir p. 104).

L'arrêté précise également que :

«lorsque, pour un ouvrage particulier, les performances de résistance au feu ne peuvent pas être directement justifiées par un procès-verbal, un calcul selon les méthodes approuvées ou la conformité à des procédés de fabrication ou de construction approuvée, une appréciation d'un laboratoire agréé peut être sollicitée. Cette appréciation prend alors la forme d'un avis de chantier, uniquement valable pour cet ouvrage particulier».

La procédure dite «Avis de chantier» permet effectivement et sous réserves, de modifier certains ouvrages ou certains composants d'ouvrages et de réaliser des ouvrages spéciaux sortant du cadre traditionnel du PV d'essai. La responsabilité en incombe au laboratoire accrédité qui a délivré les PV sur lesquels l'avis de chantier s'appuie.

L'autorité compétente est la *Direction de la Sécurité Civile*. Localement la *Commission Civile de Sécurité* peut seule valider les techniques et produits proposés.

7.4.3 RÈGLEMENT DE SÉCURITÉ EN ERP

Les mesures de prévention devant le risque d'incendie et ses effets sont fonction de la classification des établissements.

Le règlement de sécurité mis en place par *l'arrêté du 25 juin 1980* fait l'objet de révisions constantes article par article et par voie d'arrêtés. Il convient d'en vérifier la mise à jour au cas par cas. Les textes de base sont :

- *Arrêté du 22 juin 1990* ERP de la 5ème catégorie (PE) ;
- *Arrêté du 21 novembre 2002* modifié relatif à la réaction au feu des produits de construction et d'aménagement (modifié par arrêté du 13 août 2003) ;
- *Arrêté du 14 février 2003* relatif à la performance des toitures et couvertures de toiture exposées à un incendie extérieur.

Les principaux articles du règlement de sécurité concernant les produits verriers visent en particulier :

- l'accessibilité des façades et baies aux services de secours ;
- l'isolement entre ERP (établissement recevant du public) et vis-à-vis ou tiers superposé ;
- la protection de la toiture vis-à-vis d'un feu extérieur ;
- l'évacuation ou le cantonnement des fumées ;
- le compartimentage ;
- la visualisation des issues ;
- la limitation des masses combustibles.

Des instructions techniques précisent les dispositions. *L'instruction technique IT 249* s'applique aux ERP du premier groupe, aux IGH et aux immeubles d'habitation. Elle a pour objet :

- de préciser les conditions d'application des exigences réglementaires ;
- de définir des dispositions relatives aux façades et à leur jonction avec les planchers ;
- de définir des dispositions pour empêcher le passage rapide des flammes ou des gaz chauds d'un étage à un autre.

Pour les IGH (immeubles de grande hauteur), un visa Feu du CSTB est nécessaire.

L'instruction IT 246 porte sur le désenfumage et spécifie notamment les exigences propres aux écrans de cantonnement des fumées.

Certaines dispositions de prévention de la panique dans les ERP, en relation avec l'utilisation de produits verriers, ont été reprises et développées dans le *mémento Sécurité du DTU 39 (FD DTU 39 P5 : 2017)* (voir p. 479).

7.4.4 LA CLASSIFICATION DES ERP

On considère comme ERP tout bâtiment, local et enceinte dans lequel des personnes sont admises soit librement, soit moyennant une rétribution ou une participation quelconque, ou dans lequel sont tenues des réunions ouvertes à tout venant ou sur invitations, payantes ou non.

Les ERP sont classifiés selon la catégorie qui dépend de l'effectif, et le type qui dépend de la nature de leur exploitation.

Pour les établissements installés dans un bâtiment, les types sont :

GA - Gares accessibles au public (chemin de fer, téléphériques, remonte-pentes) ;

J - Structures d'accueil pour personnes âgées et personnes handicapées ;

L - Salles d'auditions, de conférences, de réunions, de spectacles ou à usage multiple ;

M - Magasins de vente, centres commerciaux ;

N - Restaurants et débits de boissons ;

O - Hôtels et pensions de famille ;

OA - Hôtels restaurants d'altitude ;

P - Salles de danse et salles de jeux ;

PA - Etablissements de plein air ;

R - Etablissements d'éveil, d'enseignement, de formation, centres de vacances, centres de loisirs sans hébergement ;

S - Bibliothèques, centres de documentation ;

T - Salles d'expositions ;

U - Etablissements sanitaires ;

V - Etablissements de culte ;

W - Administrations, banques, bureaux ;

X - Etablissements sportifs couverts ;

Y - Musées.

7.4.5 RÈGLEMENT DE SÉCURITÉ EN IGH

L'arrêté du 30 décembre 2011 et *l'IT 249* en annexe de *l'arrêté du 24 mai 2010* sont en vigueur.

La réglementation s'applique aux immeubles neufs et anciens en transformation, aménagement ou changement de destination. Elle fixe des dispositions communes à tous les IGH, ainsi que des dispositions particulières s'ajoutant aux premières et s'appliquant à certaines classes (immeubles à usage d'habitation, d'hôtel, d'enseignement, de dépôts d'archives, sanitaire, de bureaux ou à usage mixte ou incluant un ERP). Les solutions constructives prévues dans l'instruction font notamment référence aux notions suivantes :

- règle dite du C + D,
- limitation de la masse combustible mobilisable (MCM),
- comportement au feu des éléments et produits de construction.

Bon à savoir : la chaleur de combustion mobilisable peut être estimée à partir du pouvoir calorifique ou combustible supérieur (PCS) en MJ/kg de chaque matériau, puis la masse combustible d'une façade en MJ/m² sera calculée avec la totalité des matériaux combustibles.

Le PCS du verre float ou imprimé, qu'il soit recuit ou trempé, du verre armé, du verre avec couche inorganique est égal à zéro. Le PCS d'un vitrage feuilleté ou comportant une matière inflammable (film ou colle) dépend de sa composition et est calculé au cas par cas.

7.4.6 RÈGLEMENT DE SÉCURITÉ EN LIEUX DE TRAVAIL

L'arrêté du 05.08.92 modifié par les *arrêtés du 22 septembre 1995 et du 10 septembre 1998*, et la circulaire *DRT 95 07 du 14 avril 1995* relative aux lieux de travail sont en vigueur.

Les établissements couverts par le Code du Travail en termes de protection contre l'incendie sont :

- les établissements industriels, commerciaux et agricoles et leurs dépendances,
- les offices publics ou ministériels,
- les professions libérales, sociétés civiles, syndicats professionnels,
- les associations ou groupements,
- les travailleurs indépendants,
- les établissements de soins privés,
- les établissements publics à caractère industriel et commercial (EPIC),
- les ateliers d'enseignement technique ou professionnels des établissements publics.

Les *articles R. 4216-1 à R. 4216-30 et R. 4216-32 à R. 4216-34 du Code du travail* sont relatifs aux dispositions concernant la prévention et la protection contre les incendies que doivent observer les maîtres d'ouvrage lors de la construction de lieux de travail ou lors de leurs modifications, extensions ou transformations.

Les *articles R. 4227-1 à R. 4227-41 et R. 4227-55 à R. 4227-57* sont relatifs aux dispositions concernant la prévention et la protection contre les incendies sur les lieux de travail que doivent observer les employeurs utilisateurs.

7.4.7 RÈGLEMENT DE SÉCURITÉ EN HABITATION

L'arrêté du 31 janvier 1986 modifié par les *arrêtés du 18 août 1986 et 19 décembre 1988* définit les modalités de protection contre l'incendie des immeubles d'habitation.

Cette réglementation est applicable aux :

- bâtiments dont la hauteur est inférieure ou égale à 50 m (distances au plancher du logement le plus haut) tels que les bâtiments qui abritent un ou plusieurs logements, les logements-foyers, l'habitat de loisirs à gestion collective... ;
- parcs de stationnement couverts de surfaces comprises entre 100 m² et 6000 m² annexés aux bâtiments d'habitation.

Elle ne s'applique pas aux hôtels et pensions de familles (voir ERP), ni aux immeubles de plus de 50 m de hauteur (voir IGH).

7.5 – Règlementation des piscines

La prévention des risques de noyade de jeunes enfants impose depuis la *loi 2003-9* des dispositifs de protection normalisés pour toutes les piscines privées à usage individuel ou collectif, neuves ou existantes, depuis le *décret du 7 juin 2004* modifiant celui du *31 décembre 2003*.

Selon le *Code de la construction et de l'habitation* notamment *articles L.128.1 et suivants, R.128.1 et suivants et L.152.12*, toute piscine enterrée non close privative à usage individuel doit être pourvue d'au moins un des quatre dispositifs de sécurité normalisés visant à prévenir le risque de noyade : abri, alarme, barrière ou couverture.

Il en est de même pour les piscines privées à usage collectif. Une note technique du constructeur ou de l'installateur définit le dispositif de sécurité. Les propriétaires qui ne satisfont pas à cette obligation encourent des sanctions pénales.

Sont présumés conformes les produits qui respectent les normes *NF P 90-306 : 2007* (barrières de protection), *NF P 90-309 : 2007+A1 : 2009* (abris, structures légères et vérandas) et *NF P 90-308 : 2013* (couvertures de sécurité). Ces normes fixent les exigences de sécurité et les méthodes d'essais.

Les vitrages doivent être classés au moins 1C3 (verre trempé) ou 3B3 (verre feuilleté) suivant *EN 12600* (voir p. 90). La hauteur de protection est égale ou supérieure à 1.10 m.

Pour les essais, les vitrages sont mis en œuvre comme prévu dans les différents systèmes de protection. Ceux-ci doivent conserver leur aspect et leurs performances sous le choc d'un corps dur 0.5 kg d'énergie 1 Joule.

D'autre part, aucun débris ni élément pouvant blesser ne doit apparaître sous l'impact d'un corps mou de 50 kg d'énergie 150 Joules.

7.6 – Accessibilité

L'arrêté du 20 avril 2017 définit les règles techniques d'accessibilité aux personnes handicapées applicables aux établissements recevant du public lors de leur construction et aux installations ouvertes au public lors de leur aménagement.

7.6.1 CHEMINEMENTS

Ils doivent être accessibles et signalés. Un plan incliné aura une pente ≤ 5% et le cas échéant comportera des paliers de repos. Les parois vitrées situées sur les cheminements ou en bordure immédiate de ceux-ci sont repérables par des personnes de toutes tailles à l'aide d'éléments visuels contrastés par rapport à l'environnement immédiat et visibles de part et d'autre de la paroi.

7.6.2 ESCALIERS

La largeur minimale entre mains courantes est de 1,20 m. La hauteur des marches est inférieure ou égale à 16 cm. La largeur du giron est supérieure ou égale à 28 cm. En haut de l'escalier et sur chaque palier intermédiaire, un revêtement de sol permet l'éveil de la vigilance à une distance de 0,50 m (ou une distance adaptée) de la première marche grâce à un contraste visuel et tactile.

Les nez de marches sont contrastés visuellement par rapport au reste de l'escalier sur au moins 3 cm en horizontal. Ils sont non glissants. Ils ne présentent pas de débord excédant une dizaine de millimètres par rapport à la contremarche. L'escalier comporte une main courante de chaque côté, sauf cas exceptionnel de conception.

Bon à savoir : la face supérieure des marches d'escaliers ou planchers en verre peut être prévue avec une sérigraphie Artlite répondant à ces exigences de visualisation et limitant la glissance.

7.6.3 MAIN COURANTE

Elle est située à une hauteur comprise entre 0,80 m et 1,00 m mesurée depuis le nez de marche, ou à la hauteur minimale requise pour le garde-corps.

Lorsque le garde-corps a une hauteur supérieure à 1 m, la main courante est située entre 0,80 m et 1,00 m. La main courante est prolongée horizontalement de la longueur d'un giron au-delà de la première et de la dernière marche de chaque volée. Elle doit être continue, rigide et facilement préhensible y compris sur chaque palier.

Bon à savoir : ces dispositions s'appliquent également aux garde-corps tout verre.

7.6.4 PORTES

Les portes comportant une partie vitrée importante peuvent être repérées par les personnes malvoyantes de toutes tailles et ne pas créer de gêne visuelle.

Elles doivent être repérables ouvertes comme fermées à l'aide d'éléments visuels contrastés par rapport à l'environnement immédiat et visibles de part et d'autre de la paroi vitrée.

7.7 – Environnement et santé

7.7.1 REACH

REACH est l'acronyme utilisé pour désigner le *règlement européen 1907-2006* concernant l'enregistrement, l'évaluation et l'autorisation des substances chimiques, ainsi que les restrictions applicables à ces substances (Registration, Evaluation, Authorisation and Restriction of Chemicals).

Le verre est exempté d'enregistrement selon les conditions de l'annexe V(11) et ne contient aucune substance dangereuse, dite SVHC, identifiée par REACH.

7.7.2 POLLUANTS VOLATILS (COV)

Le *Code de l'Environnement* rend obligatoire depuis 2012 l'étiquetage du niveau d'émissions de certains polluants volatils par un grand nombre de produits de construction. Ceci s'applique aux transactions entre professionnels ou entre professionnel et usager final, dès lors que le produit de construction ou de décoration est visé par la réglementation et qu'il est destiné à être distribué sur le marché français dans le cadre d'une activité commerciale, à titre onéreux ou gratuit.

Toute personne physique ou morale qui, soit fabrique le produit, soit le fait concevoir et/ou fabriquer puis commercialise ce produit sous son propre nom ou sa propre marque, soit importe le produit, soit est mandatée pour les actions ci-dessus, soit fait partie de la chaîne d'approvisionnement autrement que comme fabricant ou importateur, met le produit à disposition sur le marché et est responsable de l'étiquetage.

La personne responsable tient à la disposition des agents chargés du contrôle une description générale du produit, les méthodes ainsi que les documents par lesquels il justifie les performances déclarées.

Cette information simple et lisible peut constituer un critère de sélection pour les maîtres d'ouvrage (collectivités notamment) qui comptent améliorer la qualité de l'air intérieur et définir ce critère dans leurs appels d'offre pour la construction ou la rénovation de bâtiments.

L'article R.221-23 du code de l'environnement définit ainsi le champ d'application :«Les dispositions de la présente sous-section s'appliquent aux produits suivants lorsqu'ils sont destinés, exclusivement ou non, à un usage intérieur :

- revêtements de sol, mur ou plafond,
- cloisons et faux plafonds,
- produits d'isolation,
- portes et fenêtres,
- produits destinés à la pose ou à la préparation des produits mentionnés au présent article.

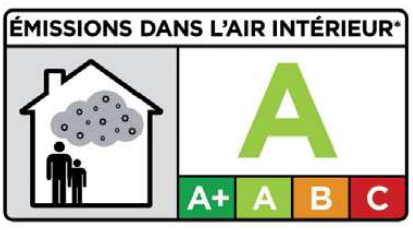
Elles ne s'appliquent pas aux produits composés exclusivement de verre non traité ou de métal non traité, ni aux produits de serrure, ferrure ou de visserie».

Le *décret 2011-321* complété par *l'arrêté du 20 février 2012* modifiant celui du *19 avril 2011* précise comment effectuer l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis. Le niveau d'émission de polluants volatils est indiqué par une classe allant de A+ (très faibles émissions) à C (fortes émissions),

Les produits verriers doivent être étiquetés dès lors qu'ils sont commercialisés en tant que produits finis et non en tant que composant d'un ensemble : miroir sur tout support verrier, miroir de sécurité (miroir sécurisé par un film organique appliqué au dos du miroir), verre laqué (tout support verrier, recouvert d'une laque sur une face), verre laqué de sécurité (verre laqué sécurisé par un film organique appliqué au dos du verre), vitrage isolant, verre feuilleté, ...

Les produits fabriqués sur chantier et ceux qui sont incorporés directement par le fabricant ne sont pas mis à disposition sur le marché et ne sont pas soumis à étiquetage.

Pratiquement, une étiquette est apposée sur le produit ou son emballage. Elle peut être en couleur, en nuances de gris ou en noir et blanc, et sa taille doit être au minimum de 15 x 30 mm.



L'étiquette est une information obligatoire de la part du responsable de la mise à disposition du produit à destination de l'utilisateur. Le fait de ne pas apposer l'étiquette est passible pour le responsable de la mise à disposition sur le marché d'une contravention de 5e classe (article R.226-14 du code de l'environnement);

Bon à savoir : les produits fabriqués par AGC, en vitrages simples, feuilletés, isolants ou décoratifs, sont très majoritairement classés A+, voir www.agc-yourglass.com.

Main Point Karlin Building - Prague, République Tchèque - Architecte : DaM Architects - iplus