

extes généraux

conditions générales
d'emploi et
de mise en œuvre
des vitrages isolants
faisant l'objet
d'un avis technique

commission chargée de formuler
des avis techniques

groupe spécialisé n° 6
blocs-fenêtres, fenêtres,
fermetures, éléments de remplissage, vitrages



conditions générales d'emploi et de mise en œuvre des vitrages isolants faisant l'objet d'un avis technique

sommaire

1	
généralités	2
1.1. objet	2
1.2. domaine d'emploi	2
1.3. terminologie et documents de référence	2
2	
principes de compatibilité entre menuiseries et vitrages isolants	3
2.1. critères de rigidité du châssis destiné à recevoir un vitrage isolant	4
2.11. compatibilité d'un châssis et d'un vitrage isolant	4
2.12. choix du vitrage pour un châssis donné	4
2.13. cas des châssis fixes	4
2.2. organisation générale de la feuilure et de l'étanchéité	5
2.3. emploi de vitrages en position inclinée	6
3	
cas d'emplois particuliers	7
3.1. emploi en altitude	7
3.2. emploi en locaux humides	7
3.3. emploi de vitrages réfléchissants ou absorbants	7
4	
mise en œuvre	7
4.1. principes généraux	7
4.2. règles générales relatives au transport, à la réception, aux manutentions et au stockage	7
4.3. règles de mise en œuvre	8
4.31. préparation des châssis	8
4.32. pose des vitrages isolants	8
4.321. vitrage en usine	8
4.322. vitrage sur chantier	8
4.323. cas des vitrages de plus de 100 kg	8
4.324. cas des petits carreaux	8
annexe 1 : rigidité des bords et aptitude à la déformation des vitrages isolants - définition et méthodes d'essais	
1.1. rigidité des bords d'un vitrage isolant	9
1.11. définition de l'essai	9
1.12. méthode d'essai	10
1.2. Aptitude à la déformation d'un vitrage isolant	10
1.21. définition de l'essai	10
1.22. méthode d'essai	10
annexe 2 : caractéristiques générales	
2.1. application des règles de rigidité	11
2.2. pressions limites d'utilisation	14
2.3. caractéristiques thermiques	14
2.4. caractéristiques acoustiques	14
2.5. caractéristiques énergétiques et lumineuses	14

préambule

Ce document a été établi à partir des connaissances que l'on peut avoir à ce jour du comportement et des caractéristiques des vitrages isolants.

Certaines règles de mise en œuvre sont en cours d'élaboration dans le cas de la révision du DTU n° 39.4 « Travaux de miroiterie et de vitrerie en verre épais » ; le chapitre correspondant du présent document sera complété par d'autres solutions satisfaisantes lorsque les connaissances en la matière seront suffisantes.

Les poses spéciales doivent faire l'objet d'études particulières ; de plus, certains Avis Techniques peuvent proposer des dispositions particulières.

Les remplacements de vitrages, dans des supports ne respectant pas les prescriptions du présent document, ne sont pas visés.

chapitre 1

généralités

1.1. objet

Le présent document a pour objet de définir les conditions d'emploi et de mise en œuvre des vitrages isolants fabriqués en usine, faisant l'objet d'un Avis Technique, constitués de deux feuilles de verre transparentes ou translucides, claires ou teintées, réfléchissantes ou non, assemblées à leur périphérie sur un intercalaire assurant l'écartement et délimitant un volume d'air sec.

Commentaire :

Les Avis Techniques, relatifs aux vitrages isolants constitués de plus de deux feuilles de verre et/ou avec remplissage gazeux autre que l'air, précisent si le présent document leur est applicable et les conditions supplémentaires éventuellement nécessaires.

1.2. domaine d'emploi

Le présent document vise l'emploi de ces vitrages isolants pour le remplissage de bâtis menuisés : fenêtres, portes-fenêtres, châssis fixes, etc., fabriqués et mis en œuvre conformément aux normes, DTU et Avis Techniques les concernant.

Les règles d'utilisation des vitrages isolants comportant un profilé d'adaptation pour leur emploi dans les menuiseries déjà en service sont précisées dans l'Avis Technique relatif à chaque produit.

1.3. terminologie et documents de référence

1.31. terminologie

- Intercalaires : profilé métallique ou synthétique manufacturé, destiné, par assemblage, à réaliser un espaceur.
- Espaceur : dispositif d'épaisseur constante, interposé entre deux vitrages en vue d'assurer un espace fermé et régulier.
- Déshydratant : produit destiné à abaisser la pression partielle de vapeur d'eau à l'intérieur du vitrage.
- Cadre protecteur : profilé disposé à la périphérie d'un vitrage destiné à protéger les bords et, éventuellement, la liaison mécanique des verres.

1.32. documents de références

- Avis Technique suivi et marqué des vitrages isolants.
- DTU n° 39.1/39.4 : Travaux de miroiterie et de vitrerie. Mémento pour la conception des ouvrages.
- DTU n° 39.4 : Travaux de miroiterie et de vitrerie en verre épais.
- DTU « Règles Th-K 77 » : Règles de calcul des caractéristiques thermiques utiles des parois de construction.
- DTU n° 36.1 : Menuiseries en bois.
- DTU n° 37.1 : Menuiseries métalliques.
- DTU n° 36.1/37.1 : Choix des fenêtres en fonction de leur exposition. Mémento pour les maîtres d'œuvre.
- Norme NF B 32-002 : Verre étiré, généralités.
- Norme NF B 32-003 : Glace non colorée, généralités.
- Norme NF B 32-500 : Vitres de sécurité, terminologie, classification.
- Norme NF P 78-301 : Verre étiré pour vitrage de bâtiment.
- Norme NF P 78-302 : Glace pour vitrage de bâtiment.
- Norme NF P 78-303 : Verre feuilleté pour vitrage de bâtiment.
- Norme NF P 78-304 : Verre trempé pour vitrage de bâtiment.
- Norme NF P 78-305 : Verre armé plan pour vitrage de bâtiment.
- Norme NF P 20-302 : Caractéristiques des fenêtres.
- Norme NF P 20-501 : Méthodes d'essais des fenêtres.
- Norme NF P 23-305 : Spécifications techniques des fenêtres et portes-fenêtres en bois.
- Norme NF P 24-301 : Spécifications techniques des fenêtres et portes-fenêtres métalliques.
- Norme NF P 24-351 : Protection contre la corrosion des fenêtres et portes-fenêtres métalliques.
- Norme NF P 78-451 : Vitrages isolants, essais de résistance à la pénétration de l'humidité.
- Norme NF P 78-452 : Méthode de mesure de la température du point de rosée dans les vitrages isolants.

chapitre 2

principes de compatibilité entre menuiseries et vitrages isolants

En dehors des risques de bris accidentels ou de bris résultant d'un mauvais calage ou d'une trop grande flexibilité des châssis dans lesquels ils sont posés, la durabilité des vitrages simples ne pose pratiquement pas de problèmes.

Les vitrages isolants par contre présentent, en plus de ces risques, un risque important d'embuage de la lame d'air entre les deux vitres entraînant une opacité partielle et nécessitant le remplacement du vitrage.

Parmi les différentes actions susceptibles d'entraîner un tel phénomène consécutif à la perte d'étanchéité du joint périphérique entre les deux vitres, les trop grandes déformations répétées des bords du vitrage, pouvant entraîner une décohesion ou un décollement du joint, sont à considérer en priorité.

Les déformations répétées observées en œuvre résultent essentiellement des effets du vent sur les châssis ; la limitation de la déformation des châssis sous les effets du vent est donc propre à réduire ces risques.

En 1974, la norme NF P 20-302, relative aux caractéristiques des châssis de fenêtres, prévoyait que, sous la pression de 500 Pa, la flèche de l'élément le plus déformé du châssis ne devait pas dépasser le 1/200 de sa portée, et ceci quelle que soit la situation où le châssis sera utilisé ; cette norme prévoyait également que la rigidité des châssis devait être telle que, sous des niveaux de pression fonction de l'exposition, la fenêtre ne soit pas détériorée (absence de déformations résiduelles) et ne présente pas un comportement dangereux pour l'utilisateur (sécurité).

La destination des fenêtres n'étant pas toujours connue au moment de leur conception ou de leur fabrication, un classement conventionnel avait été établi, les niveaux de pressions retenus comme limites des classes étant en Pascals :

	V ₁	V ₂	V ₃
Déformation	500	1 000	1 450
Sécurité	900	1 700	2 300

Depuis le 1^{er} avril 1980, il est prévu un critère supplémentaire pour le classement des fenêtres destinées à recevoir un vitrage isolant.

Sous la pression de déformation :

- les fenêtres susceptibles de recevoir des vitrages isolants doivent avoir une rigidité telle que la flèche présentée au droit du bord des vitrages soit au plus égale à 1/150 de l'élément le plus déformé lorsque vitrées avec le vitrage simple d'épaisseur minimale.

Nota : les essais de déformation ne dispensent pas des autres essais mécaniques prévus dans la norme NF P 20-501 et, en particulier, les châssis destinés à recevoir des vitrages isolants de masse élevée doivent subir les essais mécaniques spécifiques équipés des vitrages prévus ;

- les fenêtres prévues pour être vitrées avec un vitrage isolant défini, qui ne serait pas à relativement faible rigidité doivent avoir, compte tenu de ce vitrage, une rigidité telle que la flèche présentée au droit du bord du vitrage soit compatible avec la déformation admissible de ce vitrage.

Il est rappelé, en outre, que la déformation des structures peut entraîner une modification de la géométrie des châssis qui sont associés.

Les valeurs des jeux périphériques données au paragraphe 4.131 du DTU n° 39.4 ne tiennent pas compte des déformations éventuelles des supports, elles doivent donc être prises en compte par ailleurs.

Le DTU n° 36.1/37.1 précise la classe du châssis en fonction de l'exposition.

Ces critères demandent à être complétés pour les châssis destinés à recevoir des vitrages isolants.

Il importe alors de prévoir un critère de déformation en fonction de l'exposition ou de la classe à laquelle la fenêtre peut prétendre.

Remarque : Pour l'établissement d'un tel critère, il faut noter que ;

- les déformations répétées susceptibles d'être supportées sans détérioration par un vitrage isolant sont fonction du type de vitrage ;
- ce qui importe, c'est la déformation du châssis recevant le vitrage ; or, les vitrages isolants présentent sur leur bord une rigidité propre variable d'un type à l'autre, susceptible de conduire à des déformations du châssis différentes selon le type de vitrage utilisé ;
- en général, le menuisier ignore le type de vitrage, voire même sa nature (simple ou isolant), lorsqu'il conçoit ou fabrique la fenêtre. Il appartient au maître d'œuvre de vérifier les justifications de compatibilité entre menuiserie et vitrage.

On est donc amené au préalable à définir et quantifier :

- d'une part, la rigidité des bords du vitrage caractérisée par le coefficient k_v ;
- d'autre part, l'aptitude à la déformation du vitrage caractérisée par le coefficient η .

Les définitions de ces coefficients ainsi que les méthodes d'essais permettant de les apprécier sont données en annexe 1.

D'une manière générale, les vitrages isolants actuellement fabriqués se répartissent en trois familles ou types précisés ci-après :

- vitrages à forte rigidité et de coefficient $\eta = 250$: type I ;
- vitrages à relativement faible rigidité et de coefficient $\eta = 150$: type II ;
- vitrages à très faible rigidité et de coefficient $\eta = 100$: type III ;

Nota : les coefficients de rigidité de chacun de ces types de vitrages et pour les différentes compositions courantes sont donnés en annexe 2.

2.1. critères de rigidité du châssis destiné à recevoir un vitrage isolant

Le critère retenu est la flèche relative mesurée sur le bord du vitrage lorsque le châssis est soumis à la pression retenue pour les essais de déformation, ce châssis étant vitré avec un vitrage simple de l'épaisseur minimale permise par ses dimensions.

Sous cette pression, il est demandé que les châssis susceptibles de recevoir des vitrages isolants aient une flèche relative au plus égale à 1/150 de la dimension (hauteur ou largeur) du bord du vitrage.

Le critère général de flèche du châssis, mesurée sur toute la longueur du châssis de 1/200 sous 500 Pa, reste applicable. Ce critère sera donc plus contraignant que le précédent pour les fenêtres de classe V₁. Il pourra l'être également pour les fenêtres de classe V₂ comportant des traverses intermédiaires limitant la hauteur des vitrages.

2.11. compatibilité d'un châssis et d'un vitrage isolant

Des considérations précédentes, il ressort que tous les châssis satisfaisant aux critères définis dans la norme NF P 20-302 pourront recevoir, dans les limites d'emploi permises par leur classement, des vitrages isolants à très faible ou relativement faible rigidité, sans autre limite que celles résultant des épaisseurs de verre déterminées en fonction des dimensions et des pressions conformément au Mémento DTU n° 39.1/39.4.

Nota : les valeurs limites inférieures des coefficients de rigidité k_c (par exemple la rigidité d'un meneau ou de l'ensemble des montants de frappe situés entre deux vitrages, cas principalement des fenêtres ou portes-fenêtres à la française et coulissantes) en fonction des dimensions des vantaux des châssis pour les trois classes V₁, V₂ et V₃ sont données dans les tableaux 1, 2 et 3 de l'annexe 2.

Dans le cas de châssis comportant un remplissage opaque en partie inférieure des ouvrants ou une traverse intermédiaire (cas des portes-fenêtres), le respect de l'exigence de limitation de la flèche relative au bord du vitrage à 1/150 de sa longueur ne peut être vérifiée que par la réalisation d'un essai de déformation tel que défini dans la norme NF P 20-501, et ceci en raison des inconnues que représente la rigidité du remplissage et des traverses intermédiaires.

Par contre, dans le cas de vitrages à forte rigidité et de coefficient d'aptitude à la déformation η supérieur à 150, il conviendra de vérifier, par des essais effectués sur des châssis équipés de tels vitrages, que les flèches mesurées le long des bords desdits vitrages, sous la pression de déformation correspondant à la classe à laquelle les châssis prétendent, sont inférieures aux flèches admissibles, celles-ci étant données par la relation :

$$f = \frac{L}{\eta}$$

2.12. choix du vitrage pour un châssis à deux vantaux égaux donné

Pour un châssis à deux vantaux égaux donné, dont on connaît les dimensions L et H, et la rigidité k_c , il convient de vérifier, à l'aide des tableaux 1, 2 ou 3, que ces dimensions sont inférieures ou égales à celles permises en fonction de la classe de résistance au vent à laquelle le châssis prétend.

D'autre part, si l'on envisage d'utiliser un vitrage isolant à forte rigidité dans un châssis de rigidité minimale, il importe de vérifier que la pression de vent admissible n'est pas inférieure à celle correspondant au site dans lequel la menuiserie sera mise en œuvre. On utilisera pour cela la relation donnée au § 2 de l'annexe 2, donnant la pression admissible V en fonction des dimensions du vitrage, de sa rigidité et de son aptitude à la déformation.

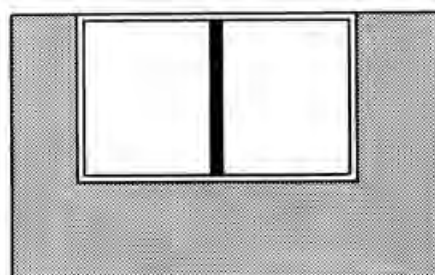
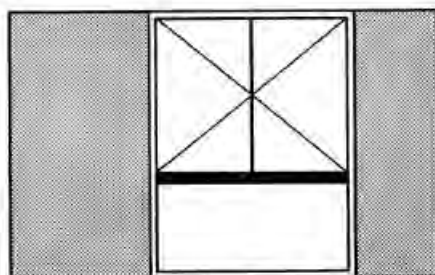
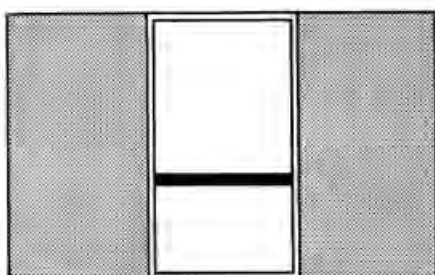
2.13. cas des châssis fixes

Dans le cas des châssis fixes, les éléments tels que meneaux et traverses intermédiaires devront avoir une rigidité telle qu'ils puissent répondre aux prescriptions de la norme NF P 20-302 concernant les déformations sous les effets du vent.

Si la longueur de tels éléments est supérieure à 3 m, des vérifications particulières sont nécessaires si leur flèche dépasse 1 cm.

Dans le cas d'utilisation de vitrages à forte rigidité, il sera nécessaire de vérifier la compatibilité de la pression de vent admissible et de celle correspondant au site de mise en œuvre.

Ces éléments sont représentés en traits forts dans les schémas ci-dessous.



2.2. organisation générale de la feuilure et de l'étanchéité

Les feuilures doivent répondre aux prescriptions du Cahier des Charges du DTU n° 39.4.

Pour les vitrages isolants dont le demi-périmètre est > 7 m, la prise en feuilure (a) sera de 15 à 20 mm et la hauteur de la feuilure sera de 30 mm.

Les vitrages isolants seront posés en feuilure « drainée » vers l'extérieur avec pareclose intérieure ou extérieure.

Ceci implique l'exclusion de la pose à bain complet de mastic oléoplastique.

Dans l'attente de la révision du DTU n° 39.4, dans le cas de pose sur chantier, les bandes préformées seront complétées par un obturateur.

L'utilisation de profilés en U est possible si ces profilés peuvent supporter le vitrage et si le drainage est assuré. On veillera particulièrement à assurer l'étanchéité dans les angles.

Le système de calfeutrement devra correspondre, en fonction de la classe d'exposition à la pluie, de la nature du châssis et de la dimension du vitrage, aux indications du tableau donné au chapitre 5 du Mémento DTU n° 39.1/39.4.

La feuilure dite « drainée » est préférable.

En effet :

- compte tenu de l'épaisseur du vitrage isolant, le bourrage est difficile à réaliser et à vérifier ;
- il peut exister des incompatibilités avec les produits assurant l'étanchéité et la liaison entre les verres ;
- la durabilité des mastics de bourrage est, en général, inférieure à celle du vitrage isolant et sa réfection risque d'entraîner la détérioration du vitrage.

Il convient de signaler, en outre, que le terme de feuilure « drainée » n'implique pas une pénétration d'eau dans la feuilure.

Le « drainage », terme impropre en l'occurrence, a pour objet de permettre d'obtenir une feuilure la plus sèche possible même dans les cas défavorables en :

- 1° équilibrant les pressions partielles de vapeur d'eau de l'air extérieur et de l'air dans la feuilure ;
- 2° équilibrant les pressions d'air pour diminuer les pénétrations d'eau par différence de pression entre l'extérieur et la feuilure ;
- 3° évacuant vers l'extérieur l'eau qui pénétrerait accidentellement dans la feuilure (condensations, défaillance éventuelle d'une garniture...).

Ceci implique, d'une part, un dispositif d'évacuation de section suffisante (50 mm², largeur mini 8 mm pour les menuiseries bois à drainage discontinu, 5 mm pour les menuiseries métalliques et les menuiseries bois à drainage continu) et, d'autre part, d'assurer une étanchéité à l'air efficace côté intérieur, notamment dans les angles, dans le cas de parclose intérieure.

Lorsque l'étanchéité est assurée par compression de la garniture d'étanchéité, les efforts de compression sur le bord du vitrage ne devront pas créer, au niveau de l'espaceur, des contraintes temporaires ou permanentes, susceptibles de l'endommager et, par là-même, de nuire à la qualité du vitrage.

2.3. emploi de vitrages en position inclinée

Dans le cas de pose en toiture, la pente minimale sera de 15° et les feuillures devront être largement « drainées », voire supprimées en partie basse, pour les pentes inférieures à 30° , pour faciliter l'écoulement de l'eau ; doivent alors être prévues des pattes de retenue ainsi qu'une éventuelle protection, précisée dans l'Avis Technique, formant écran au rayonnement solaire pour les joints exposés des vitrages.

Les raccordements horizontaux entre deux vitrages doivent être traités comme ci-dessus.

D'une manière générale, le système d'étanchéité devra être, du côté extérieur, du type obturateur sur fond de joint en garniture secondaire.

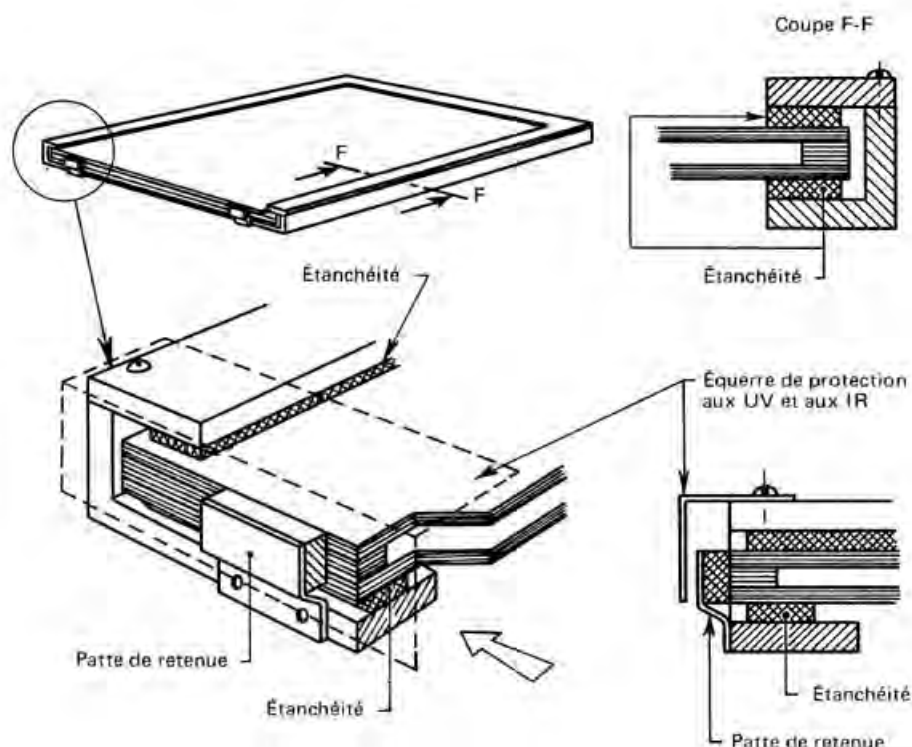
Les autres modes de pose (vitrages dits « sans mastic »), l'emploi sur des pentes inférieures à 15° ou l'utilisation de vitrages comportant un verre doivent faire l'objet d'une étude particulière.

Certains produits à base de silicone peuvent justifier d'une insensibilité au rayonnement ultraviolet mais, par contre, d'autres produits, en particulier à base de polysulfure, nécessitent une protection à ce rayonnement.

Il y a lieu de tenir compte des éventuelles surcharges permanentes dues au poids propre et à la neige, suivant la zone, l'altitude, les cas d'accumulation (cf. Règles NV) pour l'établissement des justifications relatives :

- au dimensionnement des vitrages ;
- aux limitations de flèche sous charges non pondérées ;
- à la détermination des calages.

La pose sur deux et trois appuis est possible. Dans ces cas on vérifiera que la déformation du ou des bords libres ne dépassera pas la flèche admissible divisée par le coefficient 1,5.



chapitre 3 cas d'emplois particuliers

3.1. emploi en altitude

Les vitrages isolants actuellement fabriqués peuvent être utilisés sans disposition particulière jusqu'à une altitude supérieure à 900 m à celle du lieu de fabrication. Pour les altitudes supérieures, il convient d'utiliser soit des vitrages fabriqués avec un vide partiel dans la lame d'air, soit des vitrages comportant un dispositif, précisé dans l'Avis Technique, permettant l'équilibrage des pressions entre la lame d'air et l'atmosphère.

3.2. emploi en locaux humides

Il s'agit des locaux où la présence permanente d'un fort taux d'humidité conduit à des condensations sur la face intérieure des vitrages.

Il convient, dans ce cas, de veiller particulièrement à l'efficacité du drainage vers l'intérieur et d'assurer l'étanchéité aux eaux de ruissellement intérieures.

3.3. emploi de vitrages réfléchissants ou absorbants

Dans le cas de vitrages isolants comportant un vitrage à couche réfléchissante ou absorbant (coefficient d'absorption énergétique supérieur à 0,25), la pose sera effectuée en feuilure drainée.

Les coefficients d'absorption énergétique limite des vitrages soumis à l'ensoleillement sont donnés dans le tableau 4.311.1 du § 4.31 du Mémento DTU n° 39.1/39.4.

En cas de dépassement, les verres concernés devront être trempés.

Note : Il est rappelé que les chiffres du tableau sont ceux relatifs au vitrage extérieur supposé être le seul absorbant. Dans le cas contraire, une étude particulière est nécessaire.

chapitre 4 mise en œuvre

4.1. principes généraux

Les dispositions générales du DTU n° 39.4 « Travaux de miroiterie » sont applicables.

4.2. règles générales relatives au transport, à la réception, aux manutentions et au stockage

Les vitrages isolants doivent être protégés pendant leur transport. Ils seront calés avec un matériau tendre (liège, feutre, polystyrène expansé ...). Les volumes doivent être stockés dans un local aéré à l'abri des intempéries et des rayons directs du soleil. En cas de bâchage, l'aération doit être maintenue.

Dans le cas particulier des grands vitrages isolants (vitrages isolants dont la masse dépasse environ 100 kg), ceux-ci doivent être transportés et stockés dans le sens où ils seront posés¹⁾, le côté correspondant au calage d'assise devant être repéré à cet effet, sur des tasseaux perpendiculaires au plan du vitrage légèrement inclinés (pente 5 à 6 %) avec des retours à angle droit permettant l'appui du vitrage sur toute sa hauteur, l'assise du chant des vitrages étant réalisée par l'intermédiaire d'un matériau tendre. L'épaisseur maximale des piles de vitrages est de 50 cm, les volumes étant séparés par des intercalaires (lattes de bois par exemple), de façon à ménager une aération entre eux. Les manutentions doivent s'effectuer en évitant les secousses, les vitrages étant maintenus dans un plan pratiquement vertical.

Sur certains chantiers, l'utilisation de ventouses peut être rendue nécessaire en raison de conditions particulières de mise en œuvre.

Elles nécessitent néanmoins des précautions dont on retiendra, en particulier, les suivantes :

- séparation manuelle des volumes avant levage ;
- manutention sans secousse, ni manœuvre brutale ;
- maintien du vitrage dans un plan vertical ;
- les ventouses seront disposées au dessus de l'axe horizontal du vitrage ;
- il est nécessaire d'éviter de faire subir aux joints d'assemblage des vitrages isolants des contraintes excessives de cisaillement ou de traction. Ces contraintes ne doivent pas dépasser 1,5 kg par centimètre de joint et ne doivent être appliquées que pendant un temps relativement court nécessaire à la manutention ;
- dans le cas de composition dissymétrique, les ventouses seront placées, dans la mesure du possible, sur le composant le plus épais du vitrage.

1. Si les exigences de transport imposent que le chant d'appui ne soit pas celui correspondant à la base du vitrage en œuvre, le décalage des produits verriers sera minimal sur deux côtés adjacents et ces côtés seront repérés soit directement, soit par l'intermédiaire de l'angle qu'ils forment. Ceci implique qu'il s'agit du côté servant d'appui à la fabrication et de l'un ou l'autre des côtés perpendiculaires.

4.3. règles de mise en œuvre

L'entrepreneur doit réceptionner les vitrages et s'assurer qu'ils ne comportent pas de défauts susceptibles de mettre en cause leur qualité.

4.31. préparation des châssis

Les vitrages isolants ne doivent être posés que sur supports satisfaisant aux normes et aux DTU les concernant, à savoir :

- pour les menuiseries bois, la norme NF P 23-305 et le DTU n° 36.1 ;
- pour les menuiseries métalliques, les normes NF P 24-301 et NF P 24-351 ainsi que le DTU n° 37.1.

4.32. pose des vitrages isolants

4.321. vitrage en usine

On se référera aux spécifications des normes de menuiseries NF P 23-305 et NF P 24-301.

4.322. vitrage sur chantier

Dans le cas de pose sur chantier des vitrages isolants, les prescriptions du Cahier des Charges du DTU n° 39.4 sont applicables, hormis les dispositions contraires du présent document.

4.323. cas des vitrages de plus de 100 kg et faisant plus de 2,75 m de demi-périmètre

Les manutentions doivent s'effectuer en évitant les secousses, les vitrages étant maintenus dans un plan pratiquement vertical.

Le côté correspondant au calage d'assise doit être repéré.

Dans le cas d'utilisation de ventouses pour la phase finale de mise en feuillure, celles-ci doivent être placées à proximité des bords à l'aplomb des cales d'assise. Dans le cas de composition dissymétrique, les ventouses doivent être placées sur le composant le plus épais.

Il convient d'éviter toutes secousses et toutes opérations risquant d'entraîner des efforts de traction perpendiculaires au plan du vitrage.

En règle générale, il convient d'éviter toute opération susceptible de provoquer un écaillage du bord du vitrage. Le poseur prend en compte, au niveau de sa responsabilité, les écaillures antérieures et celles qu'il aurait pu provoquer.

Le calage d'assise doit intéresser les différents composants verriers. A cette fin, il devra obligatoirement être réalisé par des cales disposées comme prévu dans le DTU n° 39.4 selon les types de châssis, la traverse basse devant être conçue pour supporter les charges transmises, dans la limite des déformations admises dans les normes de menuiseries.

En cas de désaffleurement entre les composants verriers au niveau de la rive basse, des dispositions seront prises pour éviter la rupture des joints du vitrage sous l'effet des contraintes de cisaillement produites par l'action de la masse d'un vitrage non calé.

La disposition correcte des cales d'assise implique des menuiseries comportant des parcloches.

Seuls sont retenus les systèmes d'étanchéité comportant un drainage de la feuillure basse.

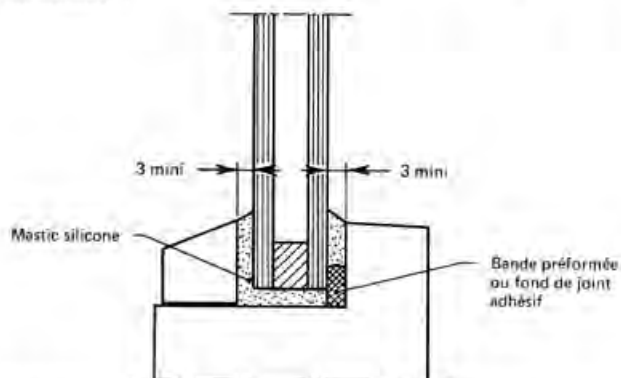
La garniture d'étanchéité doit être soit du type obturateur sur fond de joint, soit un profilé élastomère à l'exclusion des joints en U et des feuillures porte-feuilles.

L'utilisation de bandes préformées n'est pas admise.

4.324. cas des petits carreaux

Dans le cas de vitrages dont la plus grande dimension est inférieure ou égale à 35 cm, ou la surface inférieure ou égale à 0,10 m² :

- la hauteur minimale des feuillures sera de 16 mm ;
- le calage sera effectué conformément aux prescriptions du DTU n° 39.4 ;
- la pose sera faite :
 - si la feuillure n'est pas drainée, à bain complet de mastic de qualité obturateur avec bande préformée ou fond de joint adhésif (il conviendra de vérifier que les exigences de compatibilité entre le mastic de bourrage et les produits utilisés pour la fabrication du vitrage sont satisfaites) ;



- si la feuillure est drainée directement sur l'extérieur, avec obturateur sur fond de joint.

annexe 1

rigidité des bords et aptitude à la déformation des vitrages isolants

définitions et méthodes d'essais

1.1. rigidité des bords d'un vitrage isolant

1.1.1. définition de l'essai

On caractérise la rigidité du bord d'un vitrage par le coefficient K_V défini par la formule :

$$K_V = \frac{\gamma S V}{f}$$

où f est la flèche prise par le bord considéré lorsque le vitrage de surface S est soumis à une charge uniformément répartie V .

γ est un facteur de forme fonction des dimensions du vitrage pour un vitrage rectangulaire de dimensions $H \times L$.

La figure 1 donne γ en fonction du rapport $\frac{H}{L}$.

La valeur de K_V s'exprime en Newton/mètre.

K_V dépend des conditions d'appui du vitrage isolant compte tenu de l'utilisation la plus courante des vitrages, la valeur de K_V retenue sera celle déterminée, le vitrage reposant sur deux côtés parallèles, les deux autres côtés étant libres.

K_V dépend également des dimensions $H \times L$ du vitrage.

Pour caractériser un vitrage de type et de composition donnés on définit conventionnellement la valeur k_V de K_V pour un vitrage de $1,40 \times 0,70$ m, dimensions qui peuvent être considérées comme les dimensions moyennes des vitrages isolants et l'on pose :

$$K_V = \beta k_V$$

Les valeurs de β en fonction de H et de L sont données par l'abaque de la figure 2.

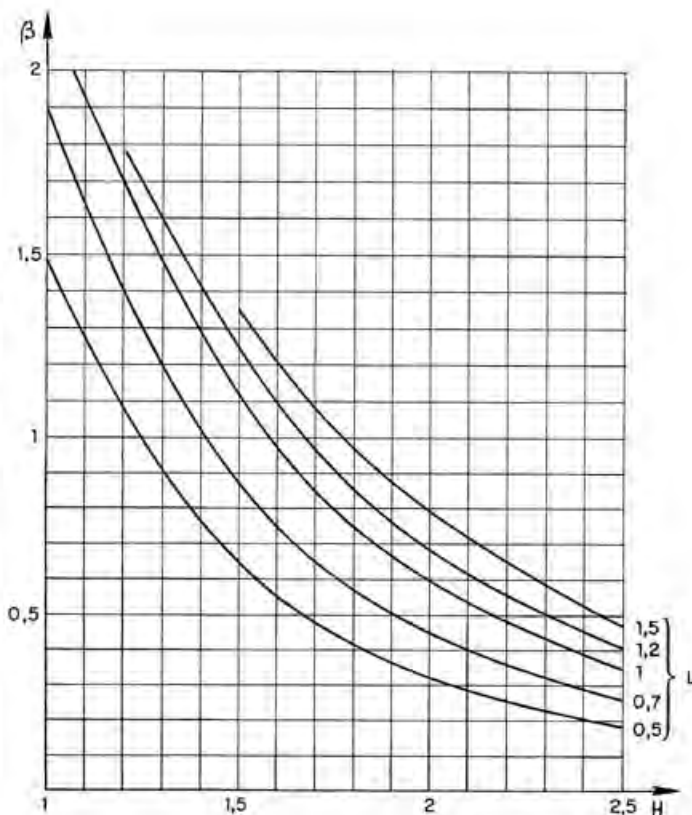


Figure 2 $K_V = \beta k_V$

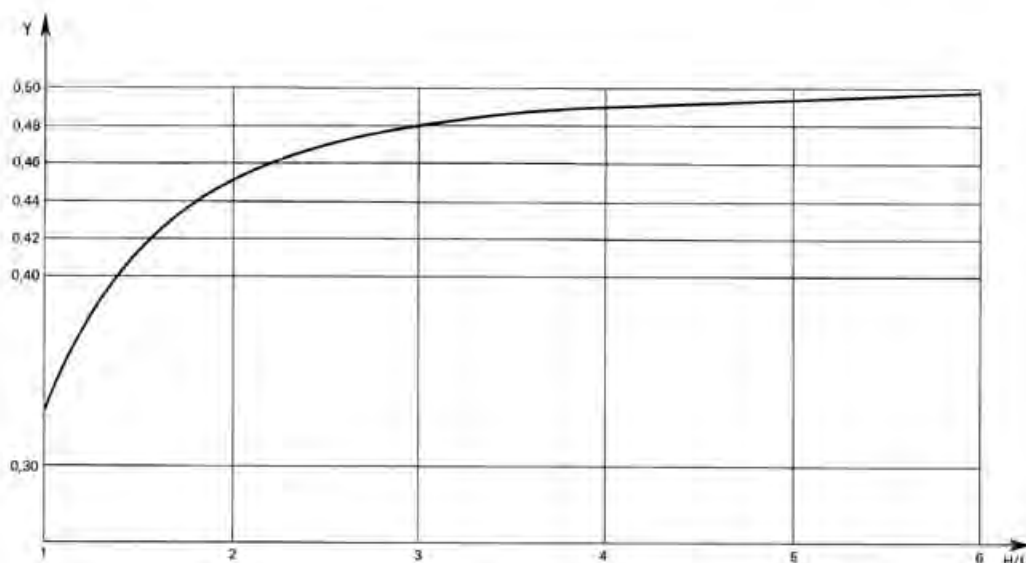


Figure 1 Abaque $\gamma \left(\frac{H}{L} \right)$

1.12. méthode d'essai

Le vitrage de dimensions $1,40 \times 0,70$ m est disposé de telle façon que ses deux plus petits côtés reposent sur des appuis continus par l'intermédiaire de bandes de caoutchouc de 15 mm de largeur, 3 mm d'épaisseur et de dureté Shore égale à 60 ± 5 .

La continuité du contact est assurée par serrage d'une cale continue en bois de section 15×15 dont la face en contact avec le vitrage est garnie d'une bande de caoutchouc identique à la précédente. L'effort de serrage est celui juste nécessaire à la mise en contact du vitrage sur l'appui.

Deux comparateurs sont disposés au milieu de chacun des bords libres, afin de déterminer la flèche prise par ces bords.

La charge est appliquée uniformément sur toute la surface du vitrage.

Si f_1 et f_2 sont respectivement les flèches prises par chaque bord sous la charge totale M , on détermine la valeur de :

$$A_m = \frac{2 M}{f_1 + f_2}$$

pour différentes valeurs de M sans dépasser la limite élastique.

On définit le coefficient de rigidité K_v comme étant la valeur de :

$$k_v = \gamma A_m$$

γ étant le coefficient de forme dépendant des dimensions du vitrage et donné par l'abaque de la figure 1. Pour un vitrage de dimensions $1,40 \times 0,70$ m, γ sera pris égal à 0,45.

1.2. aptitude à la déformation d'un vitrage isolant

1.21. définition de l'essai

La décohésion ou la rupture d'adhérence du joint périphérique entre les deux vitres est plus sensible à la répétition de déformations qu'à une déformation de forte amplitude appliquée une seule fois.

L'essai retenu pour caractériser l'aptitude à la déformation consistera donc dans l'exécution d'un nombre de déformations d'autant plus important que l'amplitude en sera faible.

L'aptitude à la déformation est caractérisée par la valeur du coefficient η de la formule :

$$\eta = \frac{L}{f}$$

où f est la flèche et L la longueur du bord considéré, exprimées en m.

L'aptitude à la déformation sera d'autant plus grande que la valeur de η sera plus faible.

Remarque : dans un premier temps, on a caractérisé l'aptitude à la déformation d'un vitrage isolant par un coefficient η_i fonction de la courbure au lieu de la flèche relative et défini par la relation :

$$\frac{f}{L^2} = \frac{1}{\eta_i}$$

Les valeurs d'aptitude à la déformation indiquées dans les Avis Techniques de vitrages isolants formulés à ce jour correspondent à cette définition.

Les correspondances entre η et η_i sont les suivantes :

Type de vitrage	η_i	η
Vitrages à espaceurs métalliques soudés	600	250
Vitrages à espaceurs métalliques collés	350	150
Vitrages sans espaceur	250	100

1.22. méthode d'essai

On peut utiliser pour cet essai le même dispositif que celui prévu pour la mesure du coefficient de rigidité complété par un dispositif permettant d'imposer une flèche donnée sur les bords libres du vitrage.

On considère que le bord du vitrage peut supporter une flèche f , si, soumis successivement :

- 1 fois à une flèche $1,5 f$
- 50 fois à une flèche f
- 20 000 fois à une flèche $\frac{f}{1,5}$

le vitrage n'est pas détérioré, la non-détérioration pouvant être mise en évidence par l'absence de déformation résiduelle après suppression de la charge et par une mesure du point de rosée après séjour dans une ambiance à forte humidité ou une mesure directe de l'étanchéité du vitrage.

On notera la grande différence entre le type I, beaucoup plus rigide et les types II et III que l'on peut qualifier de vitrages à relativement faible rigidité.

Le DTU n° 39.4 « Travaux de miroiterie » précise les épaisseurs de verre à utiliser en vitrage simple ou en vitrage isolant, compte tenu de la surface et de la pression.

On a porté sur le graphique de la figure 3 les surfaces maximales permises par les différentes épaisseurs de verre pouvant être utilisées en classe d'exposition V_2 . On y a également fait figurer les coefficients de rigidité des vitrages simples K_v , et des vitrages isolants à relativement faible rigidité K_{vi} .

Il ressort de ce graphique que, pour les vitrages isolants de types II et III, la rigidité n'est pas trop différente de celle du vitrage simple permettant le même emploi et que, compte tenu de la rigidité propre des éléments du châssis, les flèches des ensembles menuisés avec vitrage simple ou vitrage isolant des types II et III ne devraient pas différer de plus de 3 %.

annexe 2

caractéristiques générales

H L	Vitrage simple		S M ²	Vitrage isolant Type II		
	K_{Vs}	e mm (kv_s)	e/e (kv_i)	K_{Vi}	$K_{Vi}-K_{Vs}$	$K_{Vi}-K_{Vs}$ pour $kc = 10 \cdot 10^5$
2 $\beta = 0.6$	13500	8 (22500)	6/6 (26500)	15900	+2400	+1.9
1.8 $\beta = 0.7$	15750			10850	4900	-2.8
0.9 2.1 $\beta = 0.4$	9000		5/5 (15500)	6200	-2800	-2.6
1.6 $\beta = 0.8$	8800	6 (11000)		12400	+3600	+1.5
1.4 $\beta = 1$	11000		4/4 (9500)	9000	-1500	-0.4
0.7 $\beta = 1.2$	8400	5 (7000)	3/3 (6000)	11400	+3000	+0.5
		4 (4500)				
		3				

Figure 3 Comparaison entre la rigidité d'un vitrage simple (K_{Vs}) et d'un vitrage isolant du type II (K_{Vi}), d'épaisseur de verre minimale, compte tenu de leur surface pour l'utilisation en classe V_2 .

2.1. application des règles de rigidité

Les différents types de vitrages isolants actuellement fabriqués peuvent se regrouper en trois catégories :

- les vitrages à espaceurs métalliques soudés que nous qualifierons de type I ;
- les vitrages à espaceurs métalliques collés que nous qualifierons de type II, dont il existe un grand nombre de variantes se distinguant par la nature et la forme du profil espaceur et par l'emploi d'un ou deux produits de collage et d'étanchéité ;
- les vitrages sans espaceur que nous qualifierons de type III.

Le tableau ci-dessous précise les valeurs des coefficients de rigidité k_v en N/m pour les vitrages simples de différentes épaisseurs et pour les trois types de vitrages isolants en fonction de l'épaisseur de la lame d'air séparant les deux verres.

Type de vitrage		Coefficient de rigidité k_v (N/m)				
Vitrage simple d'épaisseur		2 800 (3 mm)	4 500 (4 mm)	7 000 (5 mm)	11 000 (6 mm)	22 500 (8 mm)
Vitrages isolants						
Epaisseur lame d'air (mm)						
6	I	49 000	77 000	110 000	–	–
	II	6 000	9 500	15 500	26 500	60 000
	III	–	7 500	12 000	–	–
8	I	68 500	103 500	144 000	–	–
	II	6 500	10 500	17 000	27 500	62 000
10	I	91 500	133 500	204 000	–	–
	II	7 000	12 000	19 000	29 000	65 000
	III	–	8 000	13 000	–	–
12	I	116 000	163 000	212 000	–	–
	II	8 000	13 000	21 000	30 000	68 000

2.11. critère de rigidité des châssis destinés à recevoir des vitrages isolants

Les coefficients de rigidité k_c minimaux des châssis comportant deux vantaux égaux, vitrés sur toute leur hauteur et destinés à recevoir des vitrages isolants sont donnés dans les tableaux 1.2 et 3 ci-après pour les trois classes de résistance au vent V_1 , V_2 et V_E .

Tableau 1

Valeurs limites inférieures admissibles de k_c ($N \cdot m^{-1} \cdot 10^{-5}$) en fonction des dimensions L et H du vantail pour la classe de résistance au vent V_1

$\frac{H}{L}$	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4
0,4	0,28	0,38	0,50	0,64	0,80	0,99	1,21	1,45	1,73	2,03	2,37	2,75	3,19	3,63	4,12
0,5	0,34	0,46	0,60	0,78	0,98	1,22	1,49	1,79	2,14	2,52	2,94	3,41	3,93	4,50	5,08
0,6	0,39	0,53	0,70	0,91	1,15	1,43	1,75	2,12	2,52	2,98	3,49	4,06	4,68	5,36	6,10
0,7	0,43	0,59	0,79	1,02	1,30	1,62	1,99	2,42	2,90	3,42	4,02	4,68	5,40	6,20	7,06
0,8	0,46	0,64	0,86	1,13	1,44	1,80	2,22	2,70	3,24	3,83	4,51	5,26	6,08	6,98	7,96
0,9	0,48	0,67	0,92	1,21	1,56	1,96	2,42	2,95	3,56	4,22	4,98	5,82	6,73	7,74	8,85
1,0	0,50	0,70	0,96	1,28	1,66	2,10	2,61	3,19	3,85	4,59	5,43	6,34	7,35	8,47	9,69
1,1	—	0,73	1,00	1,34	1,74	2,21	2,76	3,40	4,11	4,93	5,82	6,82	7,94	9,14	10,47
1,2	—	—	1,03	1,38	1,81	2,31	2,90	3,58	4,36	5,21	6,19	7,27	8,47	9,79	11,25
1,3	—	—	—	1,42	1,86	2,38	3,00	3,73	4,55	5,47	6,52	7,68	8,97	10,37	11,92
1,4	—	—	—	—	1,91	2,45	3,09	3,85	4,73	5,71	6,81	8,06	9,42	10,94	12,57
1,5	—	—	—	—	—	2,51	3,16	3,95	4,88	5,91	7,08	8,38	9,82	11,42	13,19

Tableau 2

Valeurs limites inférieures admissibles de k_c ($N \cdot m^{-1} \cdot 10^{-5}$) en fonction des dimensions L et H du vantail pour la classe de résistance au vent V_2

$\frac{H}{L}$	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4
0,4	0,57	0,76	1,00	1,28	1,60	1,98	2,42	2,90	3,46	4,06	4,74	5,50	6,38	7,26	8,24
0,5	0,68	0,92	1,20	1,56	1,96	2,44	2,98	3,58	4,28	5,04	5,88	6,82	7,86	9,00	10,16
0,6	0,78	1,06	1,40	1,82	2,30	2,86	3,50	4,24	5,04	5,96	6,98	8,12	9,36	10,72	12,20
0,7	0,86	1,18	1,58	2,04	2,60	3,24	3,98	4,84	5,80	6,84	8,04	9,36	10,80	12,40	14,12
0,8	0,92	1,28	1,72	2,26	2,88	3,60	4,44	5,40	6,48	7,66	9,02	10,52	12,16	13,96	15,92
0,9	0,96	1,34	1,84	2,42	3,12	3,92	4,84	5,90	7,12	8,44	9,96	11,64	13,46	15,48	17,70
1,0	1,00	1,40	1,92	2,56	3,32	4,20	5,22	6,38	7,70	9,18	10,86	12,68	14,70	16,94	19,38
1,1	—	1,46	2,00	2,68	3,48	4,42	5,52	6,80	8,22	9,86	11,64	13,64	15,88	18,28	20,94
1,2	—	—	2,06	2,76	3,63	4,62	5,80	7,16	8,72	10,42	12,38	14,54	16,94	19,58	22,50
1,3	—	—	—	2,84	3,72	4,76	6,00	7,46	9,10	10,94	13,04	15,36	17,94	20,74	23,84
1,4	—	—	—	—	3,82	4,90	6,18	7,70	9,46	11,42	13,62	16,12	18,84	21,88	25,14
1,5	—	—	—	—	—	5,02	6,32	7,90	9,76	11,82	14,16	16,76	19,64	22,84	26,38

Tableau 3

Valeurs limites inférieures admissibles de k_c ($N \cdot m^{-1} \cdot 10^{-5}$) en fonction des dimensions L et H du vantail pour la classe de résistance au vent V_E (1 450 Pa)

$\frac{H}{L}$	1	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2	2,1	2,2	2,3	2,4
0,4	0,82	1,10	1,45	1,85	2,33	2,87	3,50	4,20	5,00	5,89	6,88	7,98	9,24	10,53	11,96
0,5	0,99	1,33	1,76	2,26	2,85	3,54	4,31	5,20	6,19	7,30	8,53	9,89	11,40	13,05	14,81
0,6	1,13	1,53	2,04	2,63	3,33	4,14	5,07	6,13	7,31	8,65	10,13	11,77	13,57	15,53	17,68
0,7	1,23	1,71	2,28	2,97	3,78	4,70	5,78	7,00	8,39	9,93	11,65	13,57	15,66	17,97	20,46
0,8	1,33	1,85	2,49	3,28	4,17	5,22	6,45	7,82	9,38	11,13	13,09	15,25	17,64	20,24	23,09
0,9	1,39	1,95	2,66	3,50	4,51	5,68	7,02	8,56	10,32	12,25	14,44	16,86	19,51	22,44	25,65
1,0	1,44	2,04	2,79	3,71	4,80	6,08	7,58	9,26	11,17	13,31	15,73	18,37	21,31	24,56	28,09
1,1	—	2,10	2,91	3,87	5,03	6,40	8,00	9,85	11,92	14,28	16,89	19,77	23,03	26,50	30,37
1,2	—	—	2,98	3,98	5,24	6,70	8,41	10,37	12,64	15,11	17,96	21,08	24,57	28,39	32,62
1,3	—	—	—	4,10	5,39	6,89	8,71	10,81	13,20	15,87	18,91	22,26	26,02	30,07	34,56
1,4	—	—	—	—	5,52	7,09	8,96	11,16	13,72	16,55	19,74	23,35	27,30	31,72	36,46
1,5	—	—	—	—	—	7,27	9,17	11,45	14,14	17,14	20,52	24,29	28,49	33,11	38,25

Les valeurs données dans ces tableaux sont déduites des relations :

$$K_c = \frac{2 \gamma S V}{f}$$

et :

$$k_c = K_c \cdot H^3$$

où f est la flèche prise par le meneau ou l'ensemble des deux montants de frappe situés entre deux vitrages, lorsque la fenêtre vitrée avec un vitrage simple est soumise à une pression V , S est la surface de chaque vantail supposée égale et γ le facteur de forme en fonction des dimensions $H \times L$ du vantail dont la valeur est donnée par la figure 1 de l'annexe 1. k_c est la rigidité d'un élément de 1 m de longueur.

exemples d'utilisation des tableaux

- 1^a Détermination des dimensions maximales d'un châssis de rigidité k_c connue pour une classe de résistance au vent :

Soit un châssis de rigidité $k_c = 6,10^5 \text{ N.m}^{-1}$ devant répondre au critère de flèche sous charge due au vent de la classe V_2 ($f \leq \frac{H}{150}$ sous 1 000 Pa).

Dans le tableau 2, nous obtenons les valeurs suivantes pour les dimensions de chaque vantail :

- $H \times L = 1,60 \times 1,30$
- $H \times L = 1,70 \times 0,90$
- $H \times L = 1,80 \times 0,70$
- $H \times L = 1,90 \times 0,60$
- $H \times L = 2,00 \times 0,50$

Les valeurs intermédiaires de H et L peuvent être obtenues par interpolation linéaire.

- 2^a Détermination du coefficient de rigidité k_c minimal pour un châssis de dimensions données. Chacun des vantaux du châssis aura pour dimensions $H \times L = 1,60 \times 0,90 \text{ m}$ et l'ensemble des deux montants de frappe devra répondre au critère de flèche de la classe de résistance au vent V_2 , à savoir $f \leq \frac{H}{150}$ sous 1 450 Pa).

Dans le tableau 3, nous lisons, pour $H = 1,60$ et $L = 0,90$, $k_c \text{ mini} = 7,02 \cdot 10^5 \text{ N.m}^{-1}$.

A partir de cette valeur, on pourra calculer les sections de chacun des montants :

Certains fabricants déterminent le coefficient de rigidité k_c en utilisant la relation :

$$k_c = \frac{384 EI}{5}$$

où E : module d'élasticité du matériau constitutif des montants de battement

I : moment d'inertie de l'ensemble des deux montants de battement.

2.12. compatibilité d'un vitrage isolant avec le châssis de rigidité minimale

Dans le cas d'un vitrage à relativement faible rigidité, il suffit que la valeur de η , telle que définie, soit au plus égale à 150 pour que le vitrage soit compatible sans autre limite que celles prévues dans le DTU n° 39.4 concernant les épaisseurs de verre en fonction des dimensions et des pressions.

Dans le cas d'un vitrage à bord rigide de coefficient de rigidité k_v , la flèche prise par le châssis équipé de ce vitrage est :

$$f = \frac{2 \gamma S V}{K_c + 2 K_v}$$

la flèche admissible pour le vitrage est :

$$\frac{f}{H} = \frac{1}{\eta}$$

Il convient que :

$$\frac{2 \gamma S V}{K_c + 2 K_v} \leq \frac{H}{\eta}$$

Le châssis de rigidité minimale est tel que :

$$f = \frac{2 \gamma S V}{K} = \frac{H}{150}$$

Relations dont on tire :

$$V \leq \frac{K_v H}{\gamma S (\eta - 150)}$$

ce qui peut impliquer une limite de la pression plus contraignante que le DTU n° 39.4, selon les valeurs relatives de K_v et de η , lorsque η est supérieur à 150.

exemple 1

Un vitrage 4/6/4 dans un site où $V = 1 700 \text{ Pa}$ est limité à $1,09 \text{ m}^2$ (châssis ouvrant) par le DTU n° 39.4, soit $H \times L = 1,55 \times 0,70 \text{ m}$. L'abaque de la figure 1 donne $\gamma = 0,46$, et l'abaque de la figure 2 donne $B = 0,80$.

Pour un vitrage de coefficient d'aptitude à la déformation $\eta = 250$ et ayant une coefficient de rigidité $k_v = 77000$, on obtient :

$$K_v = 61 600$$

d'où :

$$V \leq \frac{61 600 \times 1,55}{0,46 \times 1,09 (250 - 150)}$$

$$V \leq 1 900 \text{ Pa}$$

La rigidité du vitrage compense sa plus faible aptitude à la déformation et il n'y a pas, dans ce cas, de limitation complémentaire à celle du DTU.

exemple 2

Considérons le même type de vitrage, utilisé dans le même site, mais en dimensions $H \times L = 1,75 \times 0,62 \text{ m}$.

On obtient $\gamma = 0,47$ et $B = 0,54$

d'où :

$$K_v = 41 580$$

et :

$$V \leq \frac{41 580 \times 1,75}{0,47 \times 1,09 (250 - 150)}$$

$$V \leq 1 500 \text{ Pa}$$

On constate que, avec ces nouvelles dimensions, le vitrage n'est plus compatible avec le châssis de rigidité minimale.

2.2. pressions limites d'utilisation

En application du DTU n° 39.4, les vitrages isolants dont le coefficient η caractérisant l'aptitude à la déformation est au plus égal à 150 peuvent être utilisés dans des situations correspondant à des pressions conventionnelles maximales exprimées en Pa ci-après :

Épaisseur et nature de chaque vitrage constitutif	L/P ≤ 3		L/P > 3	
	châssis ouvrant	châssis fixe	châssis ouvrant	châssis fixe
Verre étiré 3	$P \leq \frac{1000}{S}$	$P \leq \frac{1240}{S}$	$P \leq \frac{335}{l^2}$	$P \leq \frac{415}{L^2}$
Verre étiré 4	$P \leq \frac{1750}{S}$	$P \leq \frac{2160}{S}$	$P \leq \frac{585}{l^2}$	$P \leq \frac{720}{L^2}$
Glace 4	$P \leq \frac{1850}{S}$	$P \leq \frac{2280}{S}$	$P \leq \frac{615}{l^2}$	$P \leq \frac{760}{L^2}$
Glace 5	$P \leq \frac{2950}{S}$	$P \leq \frac{3640}{S}$	$P \leq \frac{985}{l^2}$	$P \leq \frac{1215}{L^2}$
Glace 6	$P \leq \frac{4310}{S}$	$P \leq \frac{5320}{S}$	$P \leq \frac{1435}{l^2}$	$P \leq \frac{1775}{L^2}$

On indique ci-après, pour d'autres compositions, les épaisseurs correspondantes à prendre en compte dans les calculs, compte tenu des tolérances des produits et des facteurs d'équivalence définis dans le DTU n° 39.4 :

- verres imprimés :
 - 4 mm : $e \sim 3,5$ mm
 - 6 mm : $e \sim 5,5$ mm
- verres feuilletés :
 - 33-2 : $e \sim 4,3$ mm
 - 44-2 : $e \sim 5,8$ mm
 - 55-2 : $e \sim 7,4$ mm

En ce qui concerne les vitrages isolants dont le coefficient η est supérieur à 150, il convient de vérifier que la pression V donnée par la relation :

$$V \leq \frac{K_v H}{\gamma (\eta - 150)}$$

est compatible avec la pression conventionnelle maximale retenue pour le site dans lequel le vitrage doit être mis en œuvre.

2.3. caractéristiques thermiques

Coefficient de transmission thermique K des vitrages isolants courants ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

Épaisseur de la lame d'air	En paroi verticale (*)	En paroi horizontale (**)
6	3,6	3,8
8	3,4	3,6
10	3,2	3,5
12	3,1	3,4

* Incliné entre 60 et 90° par rapport à l'horizontal.
 ** Incliné entre 0 et 60° par rapport à l'horizontal.

Coefficient K utile des châssis équipés de vitrages isolants courants ($W/m^2 \cdot ^\circ C$)

Type de châssis	Épaisseur de la lame d'air (mm)	Coefficient K du châssis nu		Coefficient K jour/nuit des châssis verticaux	
		vertical	horizontal	avec bonne fermeture	autres cas
Bois	6	3,3	3,5	2,6	2,9
	8	3,1	3,3	2,5	2,8
	10	3,0	3,2	2,4	2,7
	12	2,9	3,1	2,4	2,6
Métal	6	4,0	4,3	3,1	3,4
	8	3,9	4,2	3,0	3,3
	10	3,8	4,1	2,9	3,2
	12	3,7	4,0	2,9	3,2

2.4. caractéristiques acoustiques

A défaut de mesures effectuées sur des fenêtres équipées de vitrages isolants, on retiendra les valeurs conventionnelles ci-dessous pour l'indice d'affaiblissement acoustique aux bruits de trafic routier des fenêtres dont la classe d'étanchéité à l'air est A_2 ou A_3 :

- deux verres de 3 mm : 24 dB(A)
- deux verres de 4 mm : 27 dB(A)
- deux verres de 5 ou 6 mm : 28 dB(A)

2.5. caractéristiques énergétiques et lumineuses

Composition	Réflexion énergétique	Absorption énergétique	Transmission énergétique	Facteur solaire	Transmission lumineuse
2 vitres ou glaces claires					
3 + 3	0,14	0,11	0,75	0,78	0,84
4 + 4	0,13	0,15	0,72	0,76	0,81
5 + 5	0,13	0,18	0,69	0,74	0,80
6 + 6	0,13	0,20	0,67	0,72	0,80