

Déterminer la dilatation des vitrages en conditions estivales

Dans [Les Dossiers du CSTC 2018/2.7](#), nous relations des cas de pathologies spécifiques aux petits vitrages isolants en conditions anticycloniques hivernales. Or, de nouveaux cas de pathologies se sont présentés pour des triples vitrages de petites dimensions dont les cavités étaient supérieures à 12 mm... mais en conditions estivales cette fois !

E. Dupont, ing., chef adjoint du service 'Spécifications', CSTC

Explication du phénomène

Deux différences importantes sont à noter :

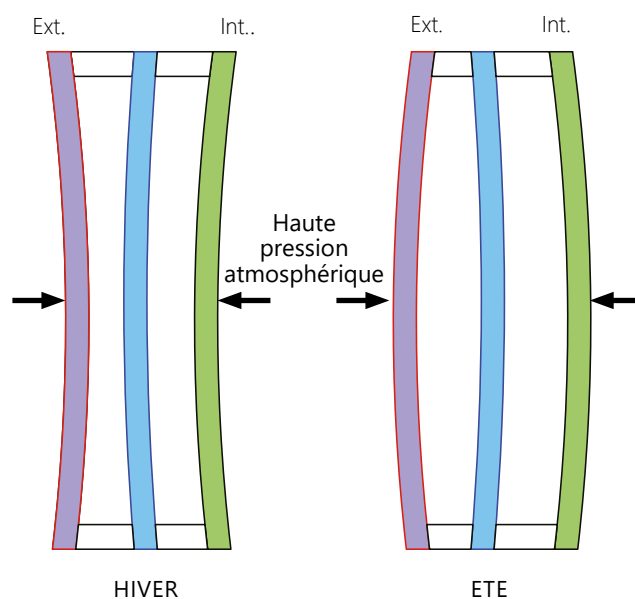
- en **conditions anticycloniques hivernales**, le gaz contenu dans les cavités des vitrages isolants se contracte en raison des pressions atmosphériques élevées et des basses températures. Ceci entraîne une accentuation des sollicitations sur les vitrages. Les barrières de scellement sont moins affectées puisqu'elles sont alors comprimées
- en **conditions anticycloniques estivales**, bien que l'effet des hautes pressions atmosphériques soit cette fois-ci favorable, la combinaison du rayonnement solaire (principalement) et de la température (dans une moindre mesure) engendre une augmentation des sollicitations aussi bien sur les vitrages que sur les scellements hermétiques.

Le comportement du vitrage en hiver et en été est illustré par la figure ci-contre.

Révision de la norme

La norme NBN S 23-002-2 a récemment été révisée et tient compte des récents développements au sein des comités techniques européens de normalisation ('CEN TC 129 – Verre dans la construction' et 'CEN TC 250 – Eurocodes structuraux').

Les cas de pathologies estivales étant relativement nouveaux, les différents comités n'ont pas été en mesure de définir des paramètres de calcul permettant de les éviter. Une note intégrée à l'annexe B de la norme précise néanmoins qu'un **calcul précis de la température au sein des lames de gaz** est recommandé en cas de vitrage fortement absorbant (facteur d'absorption de l'énergie solaire $\alpha_g \geq 45\%$). La note ne détaille toutefois pas les conditions de ce calcul.



Comportement du vitrage avec contraction du gaz en hiver et dilatation en été.

Facteurs d'influence en été

En été, la pression dans la cavité est influencée par :

- **la longueur du petit côté du vitrage** : les longueurs comprises entre 300 et 600 mm sont les plus critiques
- **l'absorption solaire du vitrage (α_g)** : une absorption solaire supérieure à 45 % nécessite une attention particulière, car elle peut engendrer une température problématique
- **l'épaisseur des intercalaires** : la pression dans les cavités étant fonction du volume de gaz contenu, la somme des épaisseurs des cavités des petits vitrages doit idéalement

Situation anticyclonique estivale.

Paramètres de calcul	Situation anticyclonique estivale
Température extérieure	29 °C
Température intérieure	27 °C
Irradiation solaire	<ul style="list-style-type: none"> • Façade : 750 W/m² • Toiture plate : 920 W/m² • Toiture inclinée 1.040 W/m²
Pression atmosphérique minimale lors du scellement	97.500 Pa
Pression atmosphérique maximale lors du scellement	102.500 Pa
Pression à l'instant 't'	102.500 Pa
Température minimale de référence lors du scellement	18 °C
Température maximale de référence lors du scellement	23 °C
Altitude du site de pose	0 m
Altitude du site de production	150 m

être limitée à 24 mm ou 2 x 12 mm

- la **rigidité du vitrage isolant** : les éléments entravant sa déformabilité, tels que les croisillons, les petits bois externes collés sur le vitrage ou les verres extrêmement rigides (antiballes, par exemple) augmentent la pression interne, ce qui peut provoquer des désordres (pertes d'étanchéité, rupture du vitrage, ...).

Le calcul se révèle délicat en situation estivale puisque, outre le facteur d'absorption, il convient de combiner deux autres paramètres essentiels pour déterminer la température au sein des lames de gaz, à savoir : **l'irradiation solaire et la température de l'air extérieur.**

La combinaison des valeurs extrêmes de ces deux paramètres mènerait à des sollicitations irréalistes. Dès lors, comme pour les autres cas de charge envisagés par la norme NBN S 23-002-2, cette combinaison critique a fait l'objet d'un développement sur la base de données climatiques belges. Un logiciel a permis de les combiner à n'importe quel moment de l'année. Une combinaison raisonnable consisterait à considérer :

- l'irradiation solaire maximale en distinguant le cas de la façade verticale, celui de la toiture plate et celui de la toiture inclinée
- la température de l'air extérieur correspondant à la moyenne des températures maximales journalières mesurées sur le mois le plus chaud.

Voici quelques détails concernant les trois cas :

- celui d'une **façade verticale** : l'orientation à l'ouest le 22 juillet à 18 h combine les conditions les plus défavorables : 752 W/m² et 29 °C. L'orientation à l'est se révèle légèrement plus favorable, car elle bénéficie de températures matinales plus fraîches. L'orientation au sud n'est pas critique puisque, au moment d'enregistrer les températures les plus élevées, le soleil se trouve très haut dans le ciel et a donc un impact plus faible (590 W/m²)

- celui d'une **toiture plate** : l'exposition maximale a lieu à 14 h et combine les paramètres d'un rayonnement solaire de 920 W/m² et une température de l'air extérieur de 29 °C
- celui d'une **toiture inclinée** : l'orientation plein sud d'une pente de 30° à 14 h combine les paramètres les plus critiques : 1.040 W/m² et 29 °C.

Bien qu'il soit conseillé d'utiliser les valeurs spectrales des vitrages et les conditions du projet étudié, il serait donc possible de compléter le tableau 20 de la norme NBN S 23-002-2 par le tableau ci-dessus.

En fonction de la composition du vitrage et de son exposition aux éléments climatiques, la pression générée dans les cavités des petits vitrages ou des vitrages rigides peut s'avérer considérable. Ainsi, pour un triple vitrage classique (4/16/4/16/4) de 0,5 m sur 1 m soumis aux conditions estivales reprises dans le tableau ci-dessus, la température dans la cavité extérieure sera de 51 °C et la pression de 2.250 Pa, soit l'équivalent d'un vent soufflant en continu pendant plusieurs heures à 216 km/h. Le vitrage n'y résistera donc pas. Si un vitrage absorbant est choisi comme verre extérieur, la pression peut cette fois grimper jusqu'à 3.302 Pa, soit l'équivalent d'un vent soufflant à 262 km/h.

Dans cette situation, les vitrages (ou les compartiments de vitrage équipés de petits bois) dont le côté le moins large mesure entre 400 et 550 mm et dont la somme des épaisseurs des cavités de gaz est supérieure à 24 mm présentent une **forte probabilité de rupture ou de perte d'étanchéité**. Il est donc conseillé :

- d'éviter autant que possible de concevoir des doubles ou des triples vitrages dont les dimensions sont comprises entre 400 et 600 mm et dont la somme des épaisseurs de cavités dépasse 24 mm
- d'éviter, pour ces vitrages, d'utiliser des verres très absorbants et des éléments rigidifiants tels que des petits bois, ...