

## NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

### Possibilités de bris d'origine thermique des vitrages doubles scellés Sasaki, J. R.

For the publisher's version, please access the DOI link below./ Pour consulter la version de l'éditeur, utilisez le lien DOI ci-dessous.

#### **Publisher's version / Version de l'éditeur:**

<https://doi.org/10.4224/40001133>

*Digeste de la construction au Canada, 1973-08*

#### **NRC Publications Archive Record / Notice des Archives des publications du CNRC :**

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=815da97d-a27c-4b21-8f9e-adc956ed27f4>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=815da97d-a27c-4b21-8f9e-adc956ed27f4>

Access and use of this website and the material on it are subject to the Terms and Conditions set forth at

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/copyright>

READ THESE TERMS AND CONDITIONS CAREFULLY BEFORE USING THIS WEBSITE.

L'accès à ce site Web et l'utilisation de son contenu sont assujettis aux conditions présentées dans le site

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/droits>

LISEZ CES CONDITIONS ATTENTIVEMENT AVANT D'UTILISER CE SITE WEB.

**Questions?** Contact the NRC Publications Archive team at

PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca. If you wish to email the authors directly, please see the first page of the publication for their contact information.

**Vous avez des questions?** Nous pouvons vous aider. Pour communiquer directement avec un auteur, consultez la première page de la revue dans laquelle son article a été publié afin de trouver ses coordonnées. Si vous n'arrivez pas à les repérer, communiquez avec nous à PublicationsArchive-ArchivesPublications@nrc-cnrc.gc.ca.

## Digeste de la Construction au Canada

Division des recherches en construction, Conseil national de recherches Canada

**CBD 129F**

# Possibilités de bris d'origine thermique des vitrages doubles scellés

Publié à l'origine en août 1973

J.R. Sasaki

### Veillez noter

Cette publication fait partie d'une série qui a cessé de paraître et qui est archivée en tant que référence historique. Pour savoir si l'information contenue est toujours applicable aux pratiques de construction actuelles, les lecteurs doivent prendre conseil auprès d'experts techniques et juridiques.

On utilise depuis assez longtemps déjà (Tableau I) des ensembles scellés à vitrerie double présentant de faibles coefficients anti-solaires et des valeurs basses de U (**CBD 101F**). Assez souvent, malheureusement, les bureaux d'étude négligent de tenir compte du fait que les ensembles scellés dont le comportement thermique est le meilleur sont sujets à des tensions d'origine thermique plus fortes que les ensembles scellés à vitrerie double ne présentant pas de caractéristiques spéciales. Ces tensions ne suffisent pas, à elles seules, à entraîner le bris de verres de bonne qualité. Il n'en est plus de même si elles s'ajoutent à d'autres tensions déjà présentes dans le verre. Le présent Digeste étudie les causes des tensions d'origine thermique et indique les moyens de minimiser ces dernières.

**Tableau I. Caractéristiques thermiques de quelques types de double vitrage scellé (Espace d'Air de ½ Pouce)**

Doubles vitrages scellés	Transmission solaire	Réflectance solaire	Coefficient anti-solaire	Valeur U (Hiver) Btu/h/ft <sup>2</sup> /°F
1. Deux vitres transparentes	0.64	0.13	0.81	0.50
2. Vitre extérieur -- absorbant la chaleur Carreau intérieur -- transparent	0.37	0.07	0.55	0.50
3. Vitre extérieure -- réfléchissant la chaleur	0.13	0.25	0.26	0.50

(enduit fort émissif)				
4. Vitre extérieure -- réfléchissant la chaleur (enduit peu émissif)	0.16	0.33	0.25	0.31
Vitre intérieure -- transparente				
5. Vitre extérieure -- transparente				
Vitre intérieure -- réfléchissant la chaleur (enduit peu émissif)	0.16	0.48	0.32	0.31

De nombreux facteurs exercent une influence sur les tensions d'origine thermique qui se présentent dans les vitrages doubles scellés. Parmi eux figurent les conditions de l'environnement extérieur, le type de construction de double vitrage, la qualité du verre utilisé, les modèles de fenêtres et de vitres, le type et l'emplacement des dispositifs anti-solaire, enfin la disposition des éléments terminaux des systèmes de chauffage et de refroidissement. Il est indispensable, si l'on désire éliminer les problèmes de bris, de tenir compte de ces facteurs dès le stade du bureau d'étude.

Les deux carreaux d'un double vitrage scellé subissent des tensions d'origine thermique. Lorsque l'air extérieur est frais, la radiation solaire induit, sur le carreau extérieur, des tensions thermiques. On désigne par l'expression "bris solaire" les défaillances ainsi causées. C'est au printemps et en automne que les doubles vitrages scellés situés sur les façades est et ouest subissent les tensions maximales induites par le soleil. Le maximum se présente en hiver pour les façades exposées au sud.

Le bris thermique de la vitre intérieure se produit ordinairement lorsque la température de l'air extérieur est très basse, et qu'il existe, sur cette vitre, un échauffement localisé. En vue de distinguer ce phénomène du bris dû à la chaleur solaire, on s'y réfère sous le terme de "bris dû au froid". Les vitres intérieures de tous les doubles vitrages scellés qui se trouvent dans un bâtiment éprouvent en hiver, à des degrés divers, des tensions thermiques. Ils présentent donc tous des possibilités de bris dû au froid.

Ce même ensemble de conditions engendre les tensions thermiques qui se manifestent à la fois sur les deux vitres d'un double vitrage scellé (Figure 1). Une contrainte de traction prend naissance au bord d'une vitre de verre lorsque la température y est inférieure à celle qui règne au centre. La vitre se brise lorsque cette tension, jointe aux autres tensions des bords, dépasse la résistance périmétrique du verre. Il importe de mettre en évidence le fait que, sur les doubles vitrages scellés, le bris thermique n'est pas fonction de la seule tension thermique. Il dépend aussi, dans une large mesure, de la résistance des bords de la vitre (**CBD 60F**) et des tensions créées, sur ceux-ci, par des facteurs tels que la flexion du verre, les contraintes imposées aux bords, et les tensions résiduelles du verre.

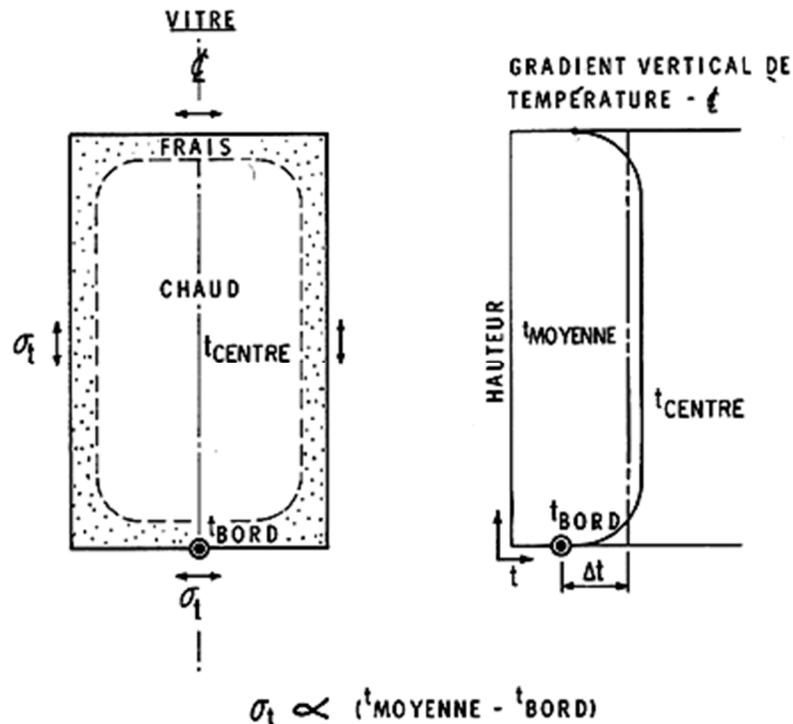


Figure 1. Contrainte thermique de traction,  $\sigma_t$ .

La différence existant entre la température moyenne de la vitre et la température régnant aux bords constitue une mesure des possibilités de bris thermique. Suivant certaines sources, le bris d'un verre normal non endommagé ne doit pas se produire, en l'absence de tensions secondaires, lorsque cette différence de température est inférieure à 60 degrés Fahrenheit environ. Si d'autres tensions sont présentes, ou si l'on utilise du verre de mauvaise qualité, le bris peut se produire à des valeurs plus faibles. Les possibilités de bris d'une vitre augmentent lorsque le centre du carreau reçoit plus de chaleur que les bords, ou en perd plus rapidement que ces derniers. Ces remarques sont valables à la fois pour les vitres intérieures et extérieures d'un vitrage double scellé.

### Potentiel de Bris Solaire de la Vitre Extérieure

Par temps frais et en l'absence de radiation Solaire, la vitre extérieure d'un vitrage double scellé est relativement frais tant aux bords qu'au centre. S'il est soudainement soumis à la radiation Solaire, la température de sa partie centrale s'élève du fait des radiations qu'elle absorbe, tandis que les bords, abrités des radiations directes, subissent des hausses de température beaucoup plus faibles. La différence existant entre les vitesses de chauffage du périmètre et du centre de la vitre engendre une différence de température, d'où résulte une tension thermique.

Les principaux facteurs dont dépend l'importance des tensions thermiques de la vitre extérieure sont l'absorptance de ce dernier, la réflectance de la vitre intérieure, et la résistance thermique de l'air intermédiaire. La tension thermique est, par suite, élevée lorsque la résistance de l'air intermédiaire est forte; ce cas se présente lorsque les faces de l'espace intermédiaire sont couvertes d'un enduit métallique peu émissif.

Le Tableau I donne une liste des caractéristiques thermiques principales de quelques types de double vitrage scellé. Une analyse des caractéristiques d'absorption et de réflexion, exécutée conformément aux indications du **CBD 101F**, conduit à plusieurs remarques intéressantes. Dans un vitrage double dont la vitre intérieure comporte une couche réfléchissante à faible pouvoir émissif, la vitre extérieure accuse une tension thermique plus élevée que dans le cas d'un vitrage double transparent. Les vitrages doubles dont la vitre extérieure absorbe ou

réfléchit la chaleur subissent des tensions encore plus élevées. Lorsqu'on utilise des vitrages doubles scellés de ce genre présentant des coefficients anti-solaires bas, il est donc très important d'examiner avec grand soin tous les autres facteurs qui pourraient augmenter la contrainte de traction existant sur le périmètre du virage double.

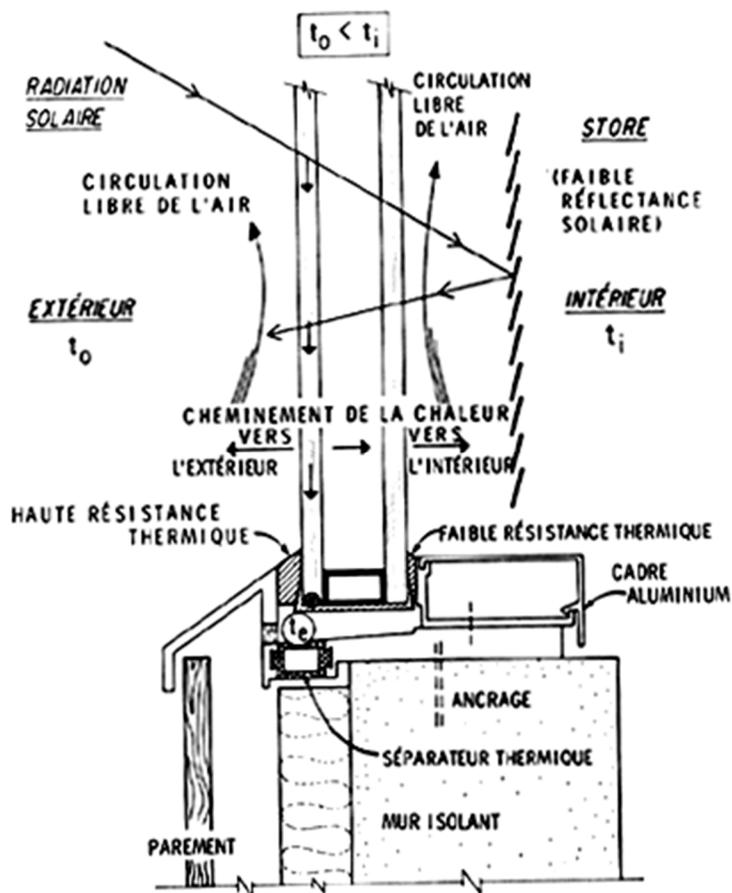


Figure 2. Facteurs affectant la possibilité de bris de la glace extérieure dû à la radiation solaire.

La Figure 2 met en évidence d'autres facteurs qui affectent la contrainte thermique de traction de la vitre extérieure. Ce sont la réflectance d'un dispositif anti-solaire intérieur, la résistance thermique existant entre le périmètre de la vitre et les parties fraîches du cadre ou du mur de support, la profondeur du listel d'encadrement et le store qu'il projette sur le périmètre de la fenêtre, et le mouvement de l'air au-dessus de cette dernière. Un rideau ou un store de couleur claire augmente la tension thermique périmétrique en causant plus d'absorption que la vitre extérieure. On ne doit donc pas, dans un bureau d'études, spécifier des dispositifs de protection intérieure de couleurs claires en même temps qu'une fenêtre possédant déjà, par elle-même, un faible coefficient antisolaire. La réduction minimale du coefficient antisolaire d'ensemble d'une fenêtre semblable, procurée par l'emploi de stores de couleurs claires plutôt que moyennes ou sombres, est, en général, sans commune mesure avec l'accroissement du risque de bris solaire.

Dans le cas d'un cadre en aluminium semblable à celui que représente la Figure 2, on peut réduire notablement les tensions thermiques présentes dans la vitre extérieure, en utilisant un matériau de vitrerie possédant une résistance thermique élevée à l'extérieur et basse à l'intérieur, et en ancrant le cadre de fenêtre sur la partie chaude du mur. Il est facile de réaliser cette disposition lorsque, conformément aux recommandations des **CBD 50F** et **94F**, l'isolant se trouve à l'extérieur de la partie du mur formant charpente. Ce modèle de fenêtre, qui isole de l'environnement extérieur le périmètre du double vitrage scellé, présente aussi l'avantage de

minimiser, par temps froids, la condensation sur le cadre intérieur et sur les surfaces de verre, et de réduire, ainsi qu'on va l'expliquer, les risques de bris de la vitre intérieure.

Un profond listel d'encadrement ou un dispositif extérieur portant store sur le périmètre du double vitrage scellé tendent à augmenter les tensions thermiques périmétriques. Leur emploi est, par suite, à exclure, à moins qu'on ne contrebalance, au moyen des dispositions avantageuses de vitrerie et d'ancrage de cadre décrites ci-dessus, les effets nuisibles de la protection périmétrique.

Toute restriction apportée à l'écoulement de l'air au-dessus des surfaces intérieures ou extérieures de la fenêtre tend à élever la température régnant au centre de celle-ci, et, par suite, à augmenter la tension thermique présente dans la vitre extérieure. On devra donc choisir les emplacements des dispositifs de protection intérieure et extérieure de manière à permettre à l'air de circuler dans des conditions raisonnablement satisfaisantes entre ces derniers et la surface de la fenêtre.

### **Possibilités de Bris dû au Froid de la Vitre Intérieure**

Sur le panneau intérieur, la cause principale de tension périmétrique thermique réside dans l'effet produit, sur le double vitrage scellé, par la différence des températures intérieures et extérieures de l'air. La construction des vitrages doubles scellés est telle, que la résistance thermique de l'espace vide intérieur est supérieure à celle de l'espaceur périmétrique. Il en résulte que, par temps froid, la température moyenne de la vitre intérieure excède la température périmétrique.

Un double vitrage scellé réfléchissant la chaleur dont les deux vitres sont pourvus d'un revêtement à faible pouvoir émissif, possède, concernant l'espace vide, une résistance plus grande et une valeur U plus faible qu'un double vitrage transparent, un double vitrage absorbant la chaleur, ou un double vitrage réfléchissant la chaleur pourvu d'un revêtement à pouvoir émissif élevé. Du fait de la plus forte résistance de l'espace vide, ce type de double vitrage présente cependant, en ce qui concerne la vitre intérieure, une plus forte tension thermique. Lorsqu'on utilise des vitrages doubles réfléchissants à faible pouvoir émissif, on doit donc, en vue d'éviter les problèmes de bris dû au temps froid, porter une attention particulière aux plans du cadre de fenêtre, à la disposition des rideaux intérieurs et à l'élément terminal de radiateur (Figure 3).

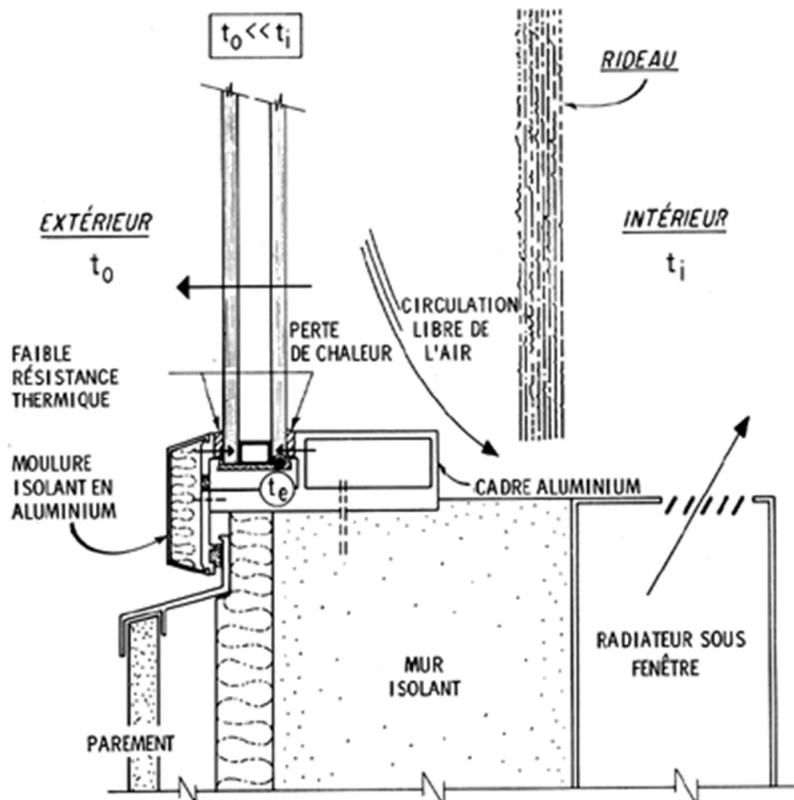


Figure 3. Facteurs affectant les possibilités de bris de la glace intérieure dû au temps froid.

Les cadres de fenêtres et les détails de vitrerie de nature à procurer, au périmètre du double vitrage scellé, un environnement chaud, réduisent la tension thermique de la vitre intérieure autant que de la vitre extérieure. On peut donc utiliser un détail de fenêtre semblable à celui que représente la Figure 2 pour réduire la tension thermique de la vitre intérieure. La Figure 3 représente un autre type de fenêtre susceptible, lui aussi, de réduire la tension. Une moulure isolante en aluminium sépare de l'environnement extérieur froid le membre principal du cadre; on utilise, en outre à l'intérieur et à l'extérieur, un matériau de vitrerie à faible résistance thermique de manière à assurer un bon contact thermique entre le périmètre du double vitrage et le membre principal du cadre. L'exposition à l'air intérieur d'une importante surface de cadre, et l'ancrage de celui-ci à la partie chaude du mur, garantissent la présence d'un cadre chaud. Lorsqu'on installe directement un double vitrage scellé dans un panneau de mur pré-coulé ou en maçonnerie, on doit l'isoler thermiquement de la partie froide du mur au moyen d'un isolant ou d'un matériau de vitrage à haute résistance, de manière à minimiser les pertes de chaleur provenant des bords.

Il convient de ne pas installer de rideaux intérieurs sur le côté de la pièce où est situé un élément chauffant placé sous une fenêtre; l'air chaud emprisonné augmentera en effet la tension thermique présente dans la vitre intérieure. On doit les suspendre entre le radiateur et la fenêtre avec un espace libre suffisant, en haut et en bas, pour permettre à l'air de circuler librement entre la pièce et l'espace situé derrière le rideau. Cette dernière précaution contribue à empêcher la condensation sur les surfaces intérieures des fenêtres.

On devra diriger l'écoulement d'air provenant des radiateurs à convection forcée situés sous la fenêtre de manière à l'écartier de celle-ci; on évitera ainsi un chauffage localisé du panneau intérieur qui pourrait entraîner une forte augmentation de tension thermique. Le type de contrôle utilisé dans le cas de radiateurs placés sous les fenêtres peut également agir sur la tension thermique. Un contrôle modulé est préférable à un contrôle ne permettant que l'ouverture ou la fermeture. Ce dernier permet au double vitrage scellé de se refroidir pendant

les périodes d'arrêt; lorsqu'on donne ensuite au radiateur sa pleine puissance, par contre, le centre de la vitre intérieure s'échauffe beaucoup plus rapidement que les bords; il en résulte une tension thermique élevée.

La radiation solaire constitue un dernier facteur susceptible d'affecter la tension thermique régnant sur la vitre intérieure de vitrage double réfléchissant la chaleur et possédant une faible valeur de U. Les calculs indiquent que la radiation solaire augmente la tension thermique sur la vitre intérieure si ce dernier, et non la vitre extérieure, est muni d'un revêtement à faible pouvoir émissif. Les études, en nombre d'ailleurs limité, qui ont été exécutées sur des cas réels de bris des vitrages doubles scellés existants dans des bâtiments, n'ont cependant révélé aucune relation définie entre radiation solaire, bris de vitre intérieure, et emplacement du revêtement réflecteur.

Il reste à examiner une dernière question. Elle concerne l'emplacement à donner, dans les vitrages doubles qui réfléchissent la lumière, au revêtement à faible pouvoir émissif. On sait que la radiation solaire engendre une tension thermique élevée dans la vitre extérieure lorsque le revêtement se trouve à l'intérieure de ce dernier. Les calculs indiquent qu'une tension thermique aussi importante pourrait prendre naissance dans la vitre intérieure si le revêtement se trouvait sur la surface extérieure de ce dernier. À ce jour, aucune expérience pratique n'est venue confirmer ce qui précède. Aucun des deux emplacements ne présentant d'avantage marqué sur l'autre, on peut aussi bien installer le revêtement faiblement émissif sur la vitre extérieure; on obtient ainsi, en effet, un coefficient anti-solaire plus bas.

## **Résumé**

Les deux feuilles de verre vitrages doubles scellés en usine sont exposés aux bris thermique. La vitre extérieure subit d'importantes tensions d'origine thermique lorsque la radiation solaire atteint, par temps froid, le double vitrage scellé. La possibilité de bris est même plus élevée pour les ensembles dont les vitres extérieures consistent en vitres absorbant ou réfléchissant la chaleur que dans le cas des vitrages doubles possédant des glaces extérieurs transparents. La vitre intérieure est soumise à une tension thermique élevée lorsque la température de l'air extérieur est très basse, et que le double vitrage subit un chauffage localisé. La possibilité de bris de la vitre intérieure est plus grande, dans le cas des vitrages doubles réfléchissant la chaleur et présentant une faible valeur U, que dans le cas des éléments transparents absorbant ou réfléchissant la chaleur avec pouvoir émissif élevé.

Les valeurs mesurées et calculées des tensions thermiques relatives aux vitres intérieures et extérieures des vitrages doubles scellés indiquent que la tension thermique ne saurait, à elle seule, produire des bris de vitre. On n'observe de nombreux cas de bris que si la tension thermique s'accroît du fait d'autres contraintes de traction ou si l'on utilise du verre fragile ou endommagé. En l'absence d'une méthode sûre permettant de calculer la probabilité de bris thermique des vitrages doubles scellés, il convient d'utiliser au mieux, au stade des plans, tous les facteurs susceptibles de réduire les risques de bris. Il en est particulièrement ainsi dans le cas des doubles vitrages munis de vitres qui absorbent ou réfléchissent la chaleur.