NRC·CNRC

NRC Publications Archive
Archives des publications du CNRC

Effets de l'amélioration de la conception des intercalaires sur la performance thermique des fenêtres

Elmahdy, A. H.

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/10.4224/40002891
Solution constructive; no. 58, 2003-09-01

NRC Publications Archive Record / Notice des Archives des publications du CNRC :
https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=900e020d-cbe7-4f43-810a-c94413979c94
https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=900e020d-cbe7-4f43-810a-c94413979c94

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.

National Research Council Canada | Conseil national de recherches Canada

Canada

CNRC · NRC

Solution constructive nº 58

Effets de l'amélioration de la conception des intercalaires sur la performance thermique des fenêtres

Par A.H. Elmahdy

Les possibilités de perte thermique et de formation de condensation sont plus élevées dans le cas des vitrages isolants munis d'intercalaires en métal, ce qui nuit à la performance thermique des fenêtres. Le présent document contient les résultats de travaux de recherche portant sur certains intercalaires de pointe susceptibles de contribuer à améliorer cette performance.

La mauvaise performance thermique des vitrages isolants (VI) augmente la perte thermique par les fenêtres et produit de la condensation susceptible de mener à la formation de moisissure et à la détérioration des murs et des fenêtres, surtout dans les climats froids. Les feuilles de verre d'un vitrage isolant sont séparées par des intercalaires, habituellement constitués d'aluminium ou d'acier. La conductivité thermique élevée de ces matériaux cause une perte thermique importante par les intercalaires et la partie connexe de la fenêtre, qu'on appelle aussi la bordure du vitrage (figure 1), ce qui augmente les risques de condensation.

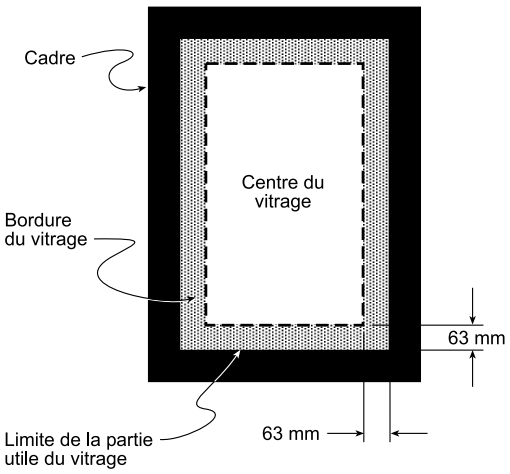

Figure 1. Schéma illustrant la bordure du vitrage

La bordure du vitrage désigne le périmètre entre la bordure du cadre ou du châssis et l'endroit où la température de la surface est la même que celle au centre du vitrage. Elle mesure environ 60 mm de largeur. Du côté chaud du vitrage isolant, c'est à la limite de la partie utile du vitrage que la température de la surface a tendance à être la plus basse, c'est-à-dire au point de rencontre entre le vitrage et le cadre ou le châssis. La température augmente vers le centre de la fenêtre et ce, jusqu'à ce qu'elle atteigne une valeur stable connue sous le nom de température au centre du vitrage. Les vitrages isolants dont la température de surface est élevée au niveau de la bordure sont moins sujets à la condensation.

Il est possible de déterminer la résistance à la condensation des fenêtres au moyen de la méthode de l'indice de température (TI). On peut trouver la description de la méthode dans la Solution constructive n° 5 et la norme CAN/CSA A440 relative aux fenêtres. La méthode établit un rapport entre la température de la surface intérieure du vitrage d'une part et la température extérieure et les caractéristiques thermiques de la fenêtre d'autre part.

La température de la bordure du vitrage dépend de divers facteurs, notamment la conception de l'intercalaire et le matériau du cadre. La performance thermique globale d'une fenêtre dépend toutefois du type d'intercalaire, du vitrage et du cadre (matériau de la bordure d'une fenêtre fixe) ou du châssis (matériau de la bordure d'une fenêtre ouvrante). Par

construction

Publié par

Institut de recherche en construction IRC

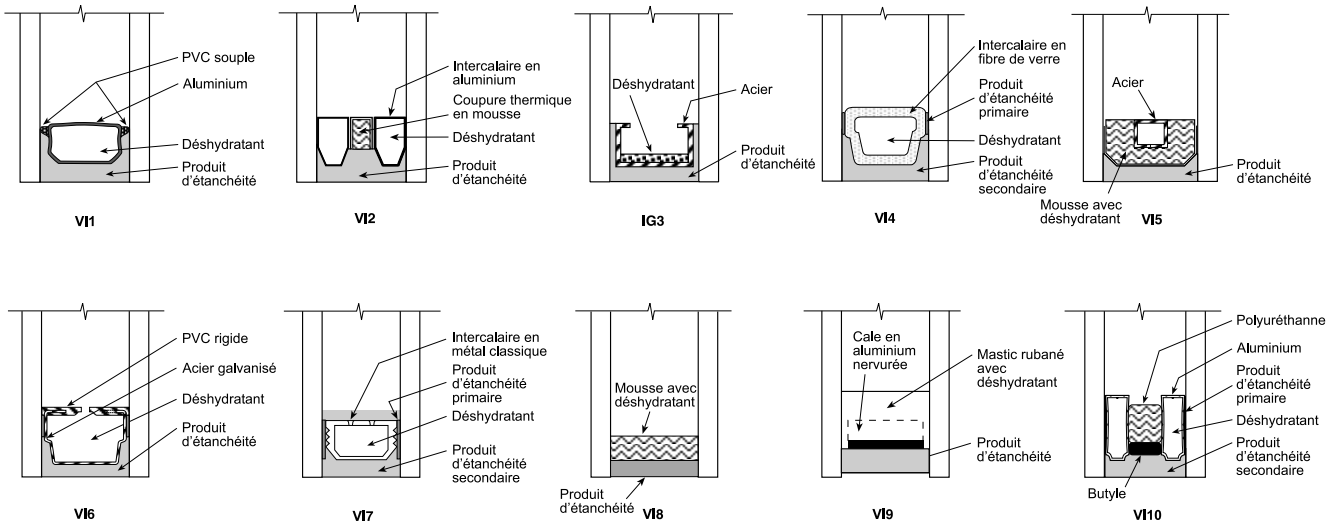

Figure 2. Schémas des dix intercalaires inclus dans la présente étude

conséquent, même si la résistance à la condensation est bonne, la performance thermique globale n'est pas nécessairement meilleure dans le cas d'une fenêtre dans laquelle la température dans la bordure du vitrage est élevée.

Il est à noter que les résultats présentés sous la rubrique « Les résultats de recherche de l'IRC » sont propres aux intercalaires et aux cadres qui ont été soumis à des essais et qu'on ne peut les extrapoler à d'autres configurations de fenêtres sans d'abord procéder à certains essais. Les cadres fabriqués avec les matériaux génériques mentionnés dans le présent document peuvent être conçus et assemblés de diverses façons, ce qui aura une incidence sur la performance de la fenêtre et risque de faire en sorte que celle-ci ne soit pas conforme aux résultats indiqués dans le présent document. La présentation des effets combinés de la conception des intercalaires et du type de cadre vise à montrer que ces effets existent bel et bien. Chaque cas doit faire l'objet d'un examen et d'essais distincts qui permettront d'en vérifier la performance.

Au cours de la dernière décennie, les fabricants ont mis au point un certain nombre de nouveaux intercalaires innovateurs. Il n'y a toutefois jamais eu de procédure servant à comparer la performance de nouveaux intercalaires à celle des intercalaires classiques. Pour obtenir une base de référence, les chercheurs de l'Institut de recherche en construction (IRC) du Conseil national de recherches Canada (CNRC) ont mené des études visant à évaluer la performance thermique des nouveaux modèles d'intercalaires.

Technologie des bordures chaudes

Les nouveaux modèles et les nouveaux matériaux d'intercalaires font partie de ce qu'on appelle la technologie des bordures chaudes (TBC). On appelle « à bordure chaude » les intercalaires qui sont moins conducteurs de chaleur que les modèles classiques dans la bordure du vitrage. Les intercalaires TBC comportent une coupure thermique ou sont faits d'un matériau peu conductible. L'utilisation de la TBC accroît la résistance à l'écoulement de la chaleur du côté chaud vers le côté froid du vitrage, ce qui réduit les risques de condensation. La technologie peut avoir une incidence bénéfique importante sur la quantité de chaleur perdue par la fenêtre et l'apparition de condensation sur la surface du vitrage. Cela est vrai surtout dans le cas des vitrages isolants à haute performance dont le verre est revêtu d'un enduit à faible émissivité et dont la lame est constituée d'un gaz lourd, tel que l'argon ou le krypton, ce qui a pour but d'améliorer la valeur d'isolation thermique du vitrage.

Résultats des recherches de l'IRC

Les effets de la conception des intercalaires sur les caractéristiques thermiques d'une fenêtre complète varient en fonction de nombreux facteurs, notamment les types de cadre et de vitrage utilisés. Dans le cadre de l'étude menée par l'IRC, on a évalué la performance thermique de 10 intercalaires différents (neuf intercalaires TBC et un intercalaire classique), d'abord sans cadre (non montés) et ensuite dans des cadres faits de divers matériaux (montés).

Vitrages isolants sans cadre

Chacun des 10 vitrages isolants (VI) (figure 2) a été conçu par un fabricant différent. Tous les vitrages comportaient une lame d'air et étaient faits de verre transparent; ils mesuraient 152 mm sur 1 200 mm. On a vérifié la perte thermique des vitrages, en effectuant des lectures de température de surface à mi-hauteur du vitrage. La figure 3 montre les températures de la surface du côté chaud des 10 VI sans cadre lorsque ceux-ci sont exposés à une différence de température de 38 K (21 °C du côté chaud et –18 °C du côté froid). On peut voir que c'est sur le modèle VI8 que la température de surface du verre est la plus élevée dans la bordure du vitrage. C'est donc ce modèle qui présente la meilleure performance en ce qui a trait à la réduction de la condensation. Dans le cas des modèles VI4 et VI9, la température était pratiquement la même et ce sont les vitrages qui présentaient la deuxième température la plus élevée. C'est dans le cas des modèles VI7 et VI5 que la

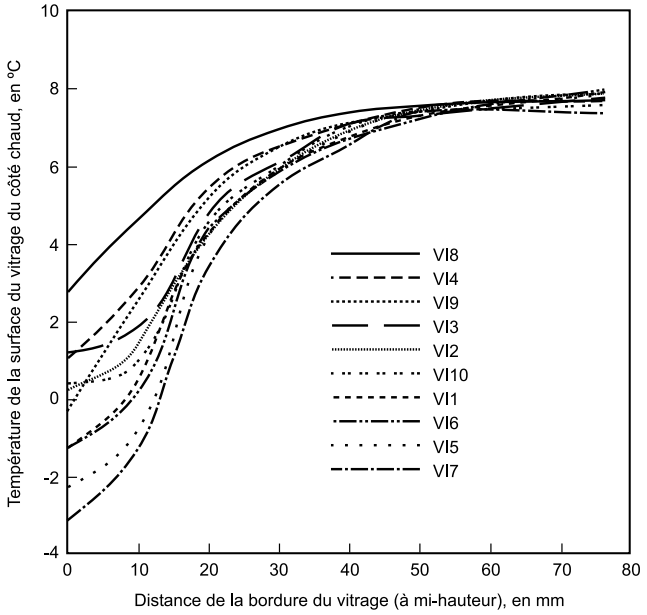

Figure 3. Températures de la surface du vitrage, du côté chaud du VI

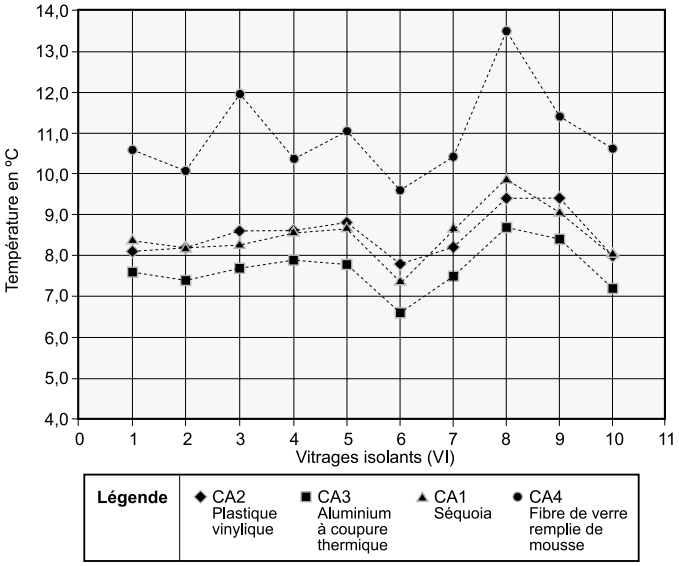

Figure 4. Effets du matériau du cadre sur la température de surface du vitrage à 10 mm de la limite de la partie utile du vitrage

température de surface dans la bordure du vitrage est la plus basse et la deuxième plus basse, respectivement. Même si la différence de température dans la bordure du vitrage n'était que de 6 K entre la meilleure et la pire performance, elle pouvait avoir des effets importants sur la résistance à la condensation.

La figure 3 montre également que plus on s'éloigne de la bordure du vitrage (c'est-à-dire des effets des intercalaires), plus les températures de la surface du verre sont semblables et ce, dans le cas de tous les modèles de VI.

Vitrages isolants dans un cadre

Les 10 modèles différents d'intercalaires posés dans des vitrages isolants (mesurant 1 000 mm x 1 000 mm) ont ensuite été soumis à des essais en tant que partie d'une fenêtre fixe complète. On a évalué les risques de condensation et la performance thermique globale propres à chaque fenêtre. On a pris des lectures de température dans différents plans horizontaux du côté chaud du vitrage. Quatre types de cadre (CA) ont été utilisés dans le cadre de l'étude, soit les types CA1 (séquoia), CA2 (plastique vinylique), CA3 (aluminium à coupure thermique) et CA4 (fibre de verre remplie de mousse).

La figure 4 illustre les effets des intercalaires TBC sur la température relevée à 10 mm de la limite de la partie utile du vitrage et ce, pour chaque modèle de VI et type de cadre, lorsque le vitrage est exposé à une différence de température de 38 K. C'est la combinaison du type CA4 et d'un intercalaire très isolé (VI8) qui a permis d'obtenir la température de la surface du vitrage la plus élevée au plan de 10 mm (et à presque tous les plans horizontaux dans la bordure du vitrage), et donc de réduire les risques de condensation. À l'inverse, c'est la combinaison du type CA3 et de l'intercalaire hybride (VI6) qui a donné la température de la surface du vitrage la moins élevée dans la bordure. Les températures mesurées de la surface du vitrage dans le cas des autres combinaisons se situaient entre les deux. Il est important de noter que les types de cadre utilisés aux fins des essais n'étaient pas destinés à être représentatifs des cadres qu'on trouve dans le commerce. Il s'agissait plutôt d'une gamme de modèles servant à déterminer si le type de cadre influe sur la performance de l'intercalaire. Les résultats des essais ont confirmé que la performance des intercalaires était toujours la même, peu importe le type de cadre utilisé.

Performance relative à la valeur R

La valeur R est une mesure de la résistance à l'écoulement de la chaleur du côté chaud vers le côté froid du vitrage. Plus la valeur R est élevée, meilleure est la réduction de la perte thermique de l'espace chauffé. La valeur R type d'une fenêtre se situe entre 0,5 et 0,8 $m^2 \cdot K/W$.

La valeur R globale est une mesure importante de la performance thermique d'une fenêtre et dépend du modèle d'intercalaire, du matériau (et de la conception) du cadre, et du vitrage. Elle est particulièrement affectée par les propriétés thermiques du matériau du cadre. Toutefois, même quand le matériau utilisé n'est pas du tout conducteur, la conception du cadre peut entraîner une réduction de l'efficacité du rôle joué par le matériau dans la performance thermique globale de la fenêtre.

La figure 5 illustre la valeur R globale de chacune des fenêtres qui ont été soumise à des essais. En général, le bois a une résistance thermique élevée. Ce sont par conséquent les types CA1 qui ont affiché la meilleure performance en ce qui a trait à la valeur R globale. En fait, de tous les cadres soumis à des essais, ce sont ceux du type CA1 qui ont permis

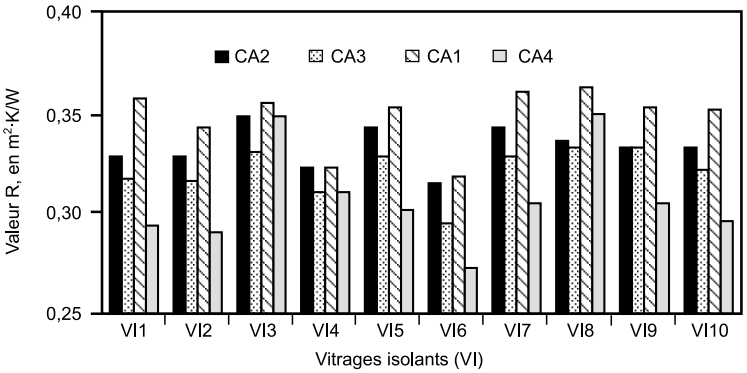

Figure 5. Comparaison des valeurs R globales des différents types de VI et de cadre

d'obtenir la meilleure valeur R globale et ce, peu importe le type d'intercalaire utilisé. Seuls les intercalaires VI4 et VI6 ont fait exception : la valeur R relative aux cadres de type CA1 et CA2 était alors à peu près la même dans les deux cas. Il vaut la peine d'examiner plus à fond les raisons d'une telle performance. Cela nécessitera une analyse approfondie des modèles d'écoulement de la chaleur et des profils de température.

La figure 5 montre également que, lorsqu'il était utilisé avec l'intercalaire TBC dont la performance (pour ce qui est de la valeur R) était la moins bonne (VI6), le cadre de type CA1 avait une valeur R qui n'était que légèrement inférieure à celle qu'il avait lorsqu'on le combinait à l'intercalaire TBC dont la performance était la plus élevée (VI8). Il n'est toutefois pas question de ne pas tenir compte de la valeur R légèrement plus élevée qu'on obtient en utilisant l'intercalaire VI8 dans un cadre de type CA1, puisqu'on obtient alors une température plus élevée au niveau de la bordure du vitrage, ce qui diminue les risques de condensation.

Bien qu'ils n'aient fait l'objet d'aucune étude dans le cadre du présent projet, on sait que certains autres facteurs ont également une incidence sur la valeur R d'une fenêtre, tels que le profil du cadre (l'épaisseur et la hauteur) et la déflexion du verre. Par temps froid, par exemple, le volume du gaz ou de l'air qui se trouve entre les feuilles de verre diminue, ce qui crée une zone de basse pression qui amène les feuilles de verre à fléchir vers l'intérieur. La déflexion a une incidence négative sur la valeur R globale de la fenêtre et peut annuler les gains en matière de performance découlant de l'utilisation de cadres et d'intercalaires améliorés.

Avantages pour l'industrie

Les intercalaires innovateurs (TBC) qu'on trouve dans le marché peuvent avoir des effets bénéfiques sur la température dans la bordure du vitrage (réduction de la condensation) et sur la valeur R globale (capacité de réduire la perte thermique). Les résultats de la recherche effectuée par l'IRC sur dix modèles différents d'intercalaires permettent à l'industrie de la construction de comparer les performances des divers modèles. Puisque le niveau de performance des fenêtres varie selon les exigences propres à chaque cas d'utilisation ou les moyens des propriétaires d'immeubles et des consommateurs, les fabricants peuvent utiliser les résultats comme point de référence et choisir les combinaisons appropriées d'intercalaires et de cadres qui leur permettront de satisfaire divers besoins. Ils pourront également les utiliser pour poursuivre leurs propres travaux de recherche et de développement visant à améliorer la performance thermique des intercalaires, puisque même de légères améliorations peuvent être importantes.

En général, les concepteurs de bâtiment doivent prescrire des fenêtres ayant un indice de température (IT) qui respecte les exigences dictées par les conditions climatiques et l'utilisation du bâtiment, ainsi qu'une valeur R globale qui respecte ou dépasse les exigences du code du bâtiment. Les résultats de la présente étude permettent aux concepteurs d'avoir une meilleure idée de ce qu'ils doivent faire pour obtenir les classements mentionnés plus haut. Ils soulignent également l'importance de prendre en compte tous les facteurs susceptibles d'avoir une incidence sur la performance thermique des fenêtres, tels que les types d'intercalaire, de cadre et de verre, dans tous les cas d'utilisation.

Bibliographie

1. Elmahdy, A.H. et T. Frank, Heat Transfer at the Edge of Sealed Insulating Glass Units: Comparison of Hot Box Measurements with Finite-Difference Modeling, ASHRAE Trans. vol. 99, partie 1, 1993.
2. Elmahdy, A.H. et T. Frank, La technologie des bordures chaudes (TBC) : Recherches récentes, « Glass Canada » 4(2), p. 5 à 7, 1992.

A.H. Elmahdy, Ph.D., *est agent de recherche principal du programme Enveloppe et structure du bâtiment de l'Institut de recherche en construction du Conseil national de recherches Canada.*

© 2003
Conseil national de recherches du Canada
Septembre 2003
ISSN 1206-1239

« Solutions constructives » est une collection d'articles techniques renfermant de l'information pratique issue de récents travaux de recherche en construction.

Canada

Pour obtenir de plus amples renseignements, communiquer avec l'Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa K1A 0R6.
Téléphone : (613) 993-2607 Télécopieur : (613) 952-7673 Internet : http://www.irc.nrc-cnrc.gc.ca