



PRÉVISION DU MOMENT DE L'EMBUAGE DES VITRAGES ISOLANTS

INTRODUCTION

Prévoir le moment inévitable où il faudra réparer ou remplacer les vitrages isolants (Figure 1) est un défi de taille pour les gérants d'immeubles. Ils doivent d'abord connaître la durée de vie probable des vitrages, puis recueillir régulièrement des données sur leur rendement réel. La planification du rendement des vitrages isolants et des ressources financières nécessaires à leur remplacement éventuel est de toute première importance pour les sociétés de copropriété.

Grâce aux observations effectuées dans un grand nombre d'immeubles ayant des composantes semblables, les gérants d'immeubles peuvent établir des corrélations entre les signes visibles de détérioration et le moment probable où ils auront à réparer ou à remplacer les vitrages isolants. En l'absence de signes visibles de détérioration, il est beaucoup plus difficile de prévoir le moment où surviendront les défaillances. On parle généralement de « défaillance » d'un vitrage isolant quand la visibilité à travers le vitrage est réduite par de la condensation (buée) qui se forme entre les panneaux de verre. Aucun signe visible ne permet habituellement de prévoir le moment où la défaillance se produira. De ce fait, les propriétaires d'immeubles ont du mal à déterminer les sommes qu'ils doivent mettre de côté en vue d'éventuels travaux de réparation et de remplacement.

Dans le cadre du Programme de subventions de recherche de la SCHL, la firme Gerald R. Genge Building Consultants Inc. a mené des travaux de recherche visant à évaluer les méthodes permettant de prévoir le moment

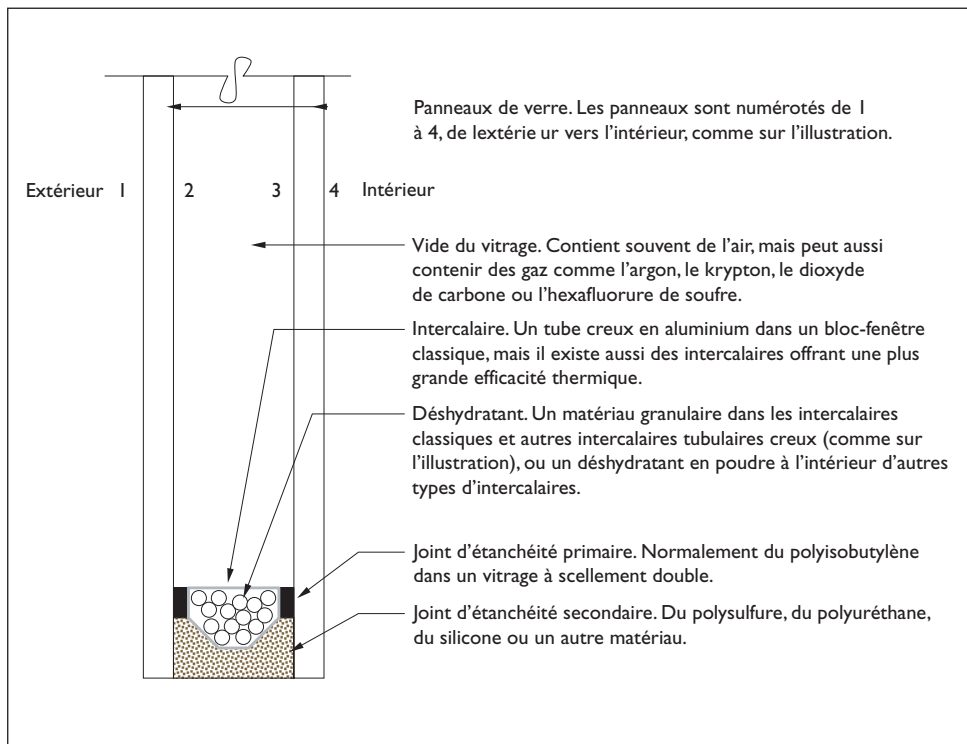


Figure 1 : Coupe transversale d'un vitrage isolant caractéristique

de la défaillance des vitrages isolants, de manière à pouvoir suggérer des moyens de mieux anticiper le moment des défaillances.

OBJECTIFS

La recherche dont il est ici question avait pour but de consigner des données sur la façon dont se produisent habituellement les défaillances des vitrages isolants et de suggérer des moyens d'aider les gérants d'immeubles à prévoir ces défaillances et à planifier les travaux de remplacement.

Voici un aperçu des objectifs visés :

- Rechercher dans la documentation sur le sujet de l'information sur le rendement et les modes de défaillance des vitrages isolants.
- Évaluer les méthodes existantes de prévision de la défaillance des vitrages isolants.
- Suggérer et tester de nouveaux outils de prévision.
- Recommander un plan d'action.

RENDEMENT DES VITRAGES ISOLANTS

Ce volet de la recherche consistait à étudier et à résumer l'information expliquant pourquoi et comment les défaillances des vitrages isolants se produisent. Le moment de l'embuage est en lien direct avec les facteurs suivants :

- **Taux d'humidité de la lame de gaz :** Celui-ci dépend de la quantité de vapeur d'eau adsorbée par le déshydratant au moment où celui-ci est exposé à l'air de l'usine. L'adsorption est la condensation de la vapeur d'eau sur la surface du dessiccant. Il n'y a pas de combinaison chimique. Si tel était le cas, il aurait de l'absorption. Si le déshydratant a adsorbé une grande quantité de vapeur d'eau pendant la fabrication du vitrage, son pouvoir d'adsorption se trouvera réduit par la suite et il suffira d'une moins grande quantité de vapeur d'eau se diffusant à l'intérieur du vitrage par les joints périphériques pour provoquer l'embuage.

- **Perméabilité et surface transversale des joints d'étanchéité sur le pourtour du vitrage :** Les joints d'étanchéité sur le pourtour des vitrages isolants n'ont pas tous la même perméabilité (figure 2). Les joints d'étanchéité de polyisobutylène sont ceux qui offrent la résistance la plus grande lorsqu'on les compare aux joints de polysulfure, de polyuréthane ou de silicone. Le volume d'air piégé à l'intérieur des vitrages isolants subit des variations qui entraînent la flexion des panneaux de verre vers l'extérieur ou vers l'intérieur du vitrage (figure

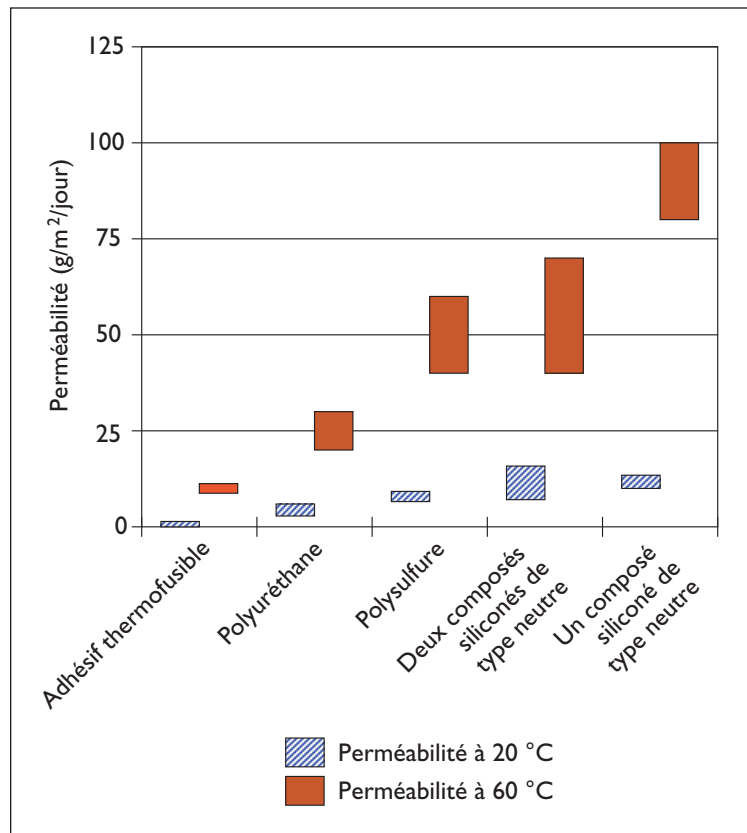


Figure 2 : Vitesse de transmission de la vapeur d'eau (perméabilité) à travers différents joints d'étanchéité de vitrages isolants

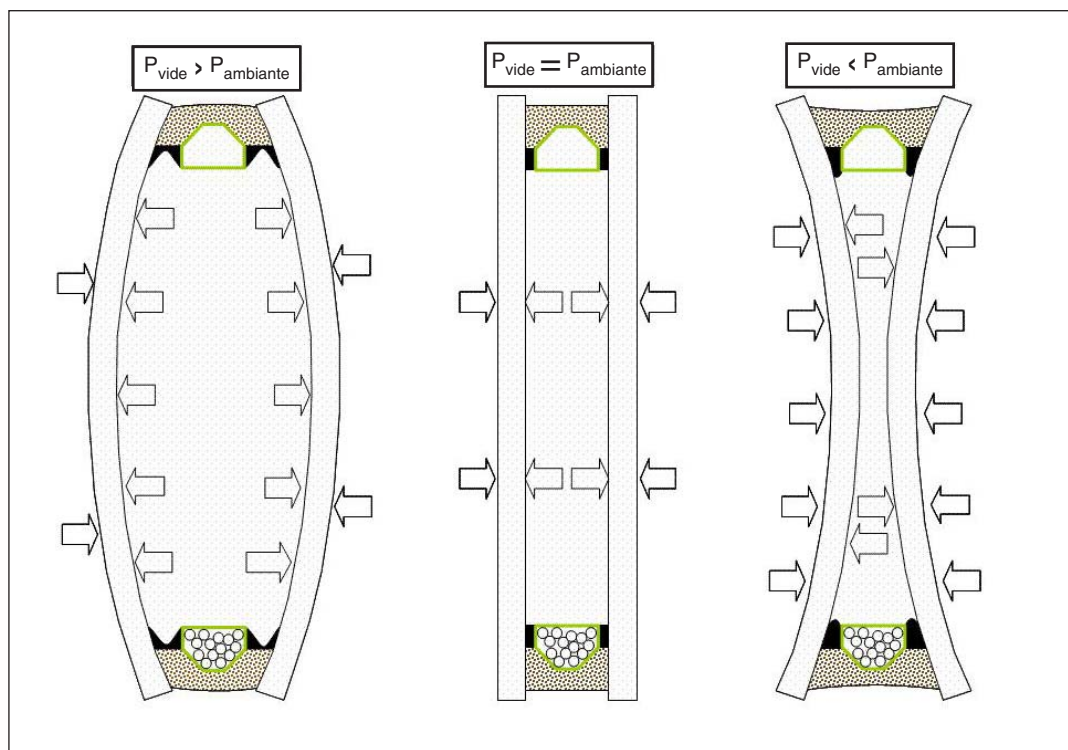


Figure 3 : Influence de la flexion des panneaux sur la configuration des joints d'étanchéité

3) et, du coup, l'étirement ou la compression des joints d'étanchéité périphériques. Or, ces mouvements influencent la longueur et la surface des joints d'étanchéité et, par conséquent, leur perméance.



Figure 4 : Appareil de mesure de la température du point de rosée : (À gauche) L'appareil est monté sur un vitrage isolant en contact avec le panneau de verre intérieur. Un thermomètre numérique inséré dans l'appareil mesure la température de celui-ci lorsqu'il est en contact avec le panneau. (À droite) L'appareil a été enlevé (sauf les ventouses), révélant un cercle de condensation ou de givre sur la face du panneau donnant sur le vide, directement sous la surface refroidie par le contact avec l'appareil.

- **Nature et quantité du déshydratant :** Le déshydratant dont est rempli l'intercalaire périmétrique doit adsorber la vapeur d'eau et tout composé volatil que peuvent contenir les scellants et les peintures. Plus la quantité de déshydratant est grande, plus grande sera la durée de vie du vitrage, et vice-versa.
- **Milieu de service :** L'écart entre la concentration de vapeur d'eau qui règne dans la lame de gaz et celle qui règne dans l'environnement auquel le joint d'étanchéité périmétrique est exposé à l'extérieur du vitrage a une incidence sur la durée de vie du vitrage. La vitesse de transmission de la vapeur d'eau à travers les joints d'étanchéité est plus grande quand les vitrages sont exposés à des milieux de service plus humides, avec pour conséquence de rapprocher le moment de l'embuage. Un contact prolongé avec de l'eau à l'état liquide amène une détérioration des joints d'étanchéité périmétriques et une accélération de l'embuage à l'intérieur du vitrage (on considère qu'il s'agit là de la cause la plus fréquente de l'embuage prématuré des vitrages).

MÉTHODE EXISTANTE DE PRÉVISION DE LA DURÉE DE VIE DES VITRAGES ISOLANTS

Une méthode de prévision du moment de l'embuage des vitrages isolants installés dans des immeubles a été proposée dans les années 1980 (Spetz). Cette méthode utilise une détermination indirecte de la température du

point de rosée dans le vide du vitrage isolant (figure 4) pour évaluer le degré de saturation du déshydratant que contient l'intercalaire, à partir de quoi est inféré le moment probable de l'embuage.

En établissant un rapprochement entre les mesures de la température du point de rosée et les données techniques fournies par le fabricant, il est possible d'évaluer la teneur en eau du déshydratant (les vitrages dont le déshydratant a une teneur en eau frôlant la saturation ont de fortes chances de s'embuer à court terme). Cette méthode conduit aux prévisions suivantes :

- Si la température du point de rosée est inférieure à -62 °C (-80 °F), il n'y a pratiquement pas d'humidité dans le vide du vitrage isolant, ce qui permet de prévoir que celui-ci restera clair pendant très longtemps.
- Si la température du point de rosée se situe entre -62 °C (-80 °F) et -18 °C (0 °F), le vide du vitrage renferme un peu d'humidité, ce qui laisse prévoir que le vitrage restera clair pendant moins longtemps que les vitrages pour lesquels la température du point de rosée est inférieure à -62 °C (-80 °F).
- Si la température du point de rosée se situe entre -18 °C (0 °F) et 0 °C ($+32\text{ °F}$), le vide du vitrage renferme beaucoup d'humidité, ce qui laisse prévoir que le vitrage isolant aura une durée de vie relativement courte. L'évaluation de la durée de vie utile restante nécessite de l'information sur la construction des vitrages, notamment sur la nature du déshydratant et son fabricant.

- Si la température du point de rosée est supérieure à 0 °C (32 °F), on peut s'attendre à ce que les surfaces vitrées exposées au vide du vitrage s'embuent de façon permanente avant deux ans.

La méthode comporte deux inconvénients importants. D'abord, elle oblige à se renseigner sur le type de déshydratant qui a été employé et sur son fabricant, si toutefois le fabricant du vitrage isolant est toujours en affaires et qu'il veut bien coopérer. Ensuite, il n'y a que la dernière prévision qui s'assortisse d'une mesure de la durée de vie restante (deux ans), ce qui ne laisse pas suffisamment de temps aux propriétaires pour accumuler la somme respectable nécessaire au remplacement des vitrages dans les gratte-ciel modernes.

MISE À L'ESSAI D'UNE MÉTHODE MODIFIÉE DE PRÉVISION DE LA DURÉE DE VIE

La mise à l'essai de la méthode modifiée reposait sur l'hypothèse qu'il devait être possible de surmonter les limites de la méthode existante en procédant de la même façon que lors de l'élaboration de la première méthode, c.-à-d. en faisant des mesures répétées de la température du point de rosée à différents moments. L'intention était d'appliquer une technique de mesure du rendement par des essais accélérés en laboratoire destinés à déterminer si la technique pouvait être utilisée avec succès pour prévoir le moment de l'embuage des vitrages.

Un fabricant accrédité de la région de Toronto a fourni à des fins d'essais 12 blocs-fenêtres à vitrage isolant de grandeur uniforme. Voici en quoi consistait le programme d'essais :

- examen initial des vitrages et destruction de trois d'entre eux pour mesurer la teneur en eau du déshydratant
- cycles répétés d'exposition à des niveaux élevés de température et d'humidité pour accroître le taux de transmission de la vapeur d'eau dans le vide du vitrage et ainsi augmenter dans celui-ci le taux d'humidité et la température du point de rosée
- mesure de la température du point de rosée dans les vitrages entre les cycles d'exposition
- élaboration de modèles mathématiques fondés sur les mesures prises lors des essais, dans le but de prévoir les températures du point de rosée futures et le moment de l'embuage. Les mesures ultérieures de la température du point de rosée ont été comparées aux valeurs prévues de manière à améliorer les modèles et à ne retenir que le meilleur.

L'objectif initial était de provoquer l'embuage uniquement par l'exposition à des niveaux élevés de température et d'humidité. Toutefois, du fait de contraintes de temps et de budget, il a fallu apporter des modifications aux méthodes d'essai de manière à accélérer la défaillance des vitrages. Comme il a été difficile de prévoir mathématiquement le moment de l'embuage des vitrages pendant le programme d'essais, l'élaboration des modèles a été repoussée jusqu'au moment où toutes les données d'essai ont été disponibles. Plusieurs modèles de prévision ont été mis à l'essai à l'aide du tableur Microsoft Excel, et l'un d'entre eux s'est révélé plus prometteur que les autres.

Le modèle de prévision utilise la fonction « Prévision » du programme Excel pour prévoir des valeurs futures à partir de données existantes. Cette fonction utilise surtout la moyenne et l'écart-type des données pour chacune des périodes de mesure.

La recherche fait ressortir les trois stades distincts de prévision du moment de l'embuage que voici :

Stade 1 : Température du point de rosée impossible à mesurer... aucune prévision possible

L'appareil utilisé pour mesurer sur place la température du point de rosée de la lame de gaz des vitrages isolants fait appel à du dioxyde de carbone à l'état solide (de la « glace sèche ») pour refroidir la surface d'un panneau vitré donnant sur le vide du vitrage jusqu'à ce que de la condensation se forme. Tant que la température du point de rosée de la lame de gaz est inférieure à environ -73 °C, elle ne peut pas être mesurée et il est par conséquent impossible de prévoir le moment de l'embuage.

Stade 2 : Prévision de la température moyenne du point de rosée

À partir du moment où les températures du point de rosée sont mesurables, il est possible de commencer à faire des prévisions quant au moment de l'embuage.

Il est proposé que la prévision du moment de l'embuage ne soit calculée qu'à partir du moment où il est possible de mesurer les températures du point de rosée pour la majorité des vitrages compris dans l'échantillon. Il est raisonnable de s'attendre à une prévision plus juste si les données (mesures des températures du point de rosée) sont plus nombreuses à chaque période de mesure. Il reste à déterminer à quel pourcentage des échantillons correspond la « majorité » nécessaire (51 %, 66 %, et le reste).

Voici les conclusions qui ont été tirées de cette analyse :

- Il faut au moins trois jeux de mesures des températures du point de rosée pour avancer une prévision du moment de l'embuage.
- L'exactitude de la prévision varie et est de plus en plus grande au fur et à mesure que s'accroît le nombre de températures du point de rosée connues.
- Il est possible d'accroître l'exactitude d'une prévision en étudiant attentivement les tendances à l'augmentation de la température du point de rosée, en comparant les tendances observées pour certains vitrages à celles qui sont observées pour l'ensemble des vitrages et en faisant des prévisions répétées sans les vitrages suspects.

Stade 3 : Extrapolation des prévisions

La même méthode qui est utilisée pour prévoir les températures moyennes du point de rosée futures (la fonction « Prévision » de MS Excel) peut aussi servir à prévoir l'écart-type futur entre les températures du point de rosée et la moyenne, et donc la variation future dans les températures du point de rosée. Cette méthode permettrait de prévoir à quel moment les vitrages qui ont des températures du point de rosée supérieures à la moyenne risquent de s'embuer.

CONCLUSIONS

Le rapport de recherche présente une méthode d'évaluation sur place de la durée de vie des vitrages isolants (moment de l'embuage) au terme d'une analyse des principes fondamentaux expliquant leur rendement, des facteurs qui agissent sur leur durée de vie et sur les méthodes actuelles de prévision de leur durée de vie. Il décrit l'expérience de laboratoire visant à confirmer la méthode qui a été utilisée, en présente les résultats et les analyse. Cette expérience a confirmé que les méthodes d'évaluation de la durée de vie des vitrages isolants risquent d'être peu fiables en l'absence de mesures faites sur place des températures du point de rosée.

Les prévisions du moment de l'embuage faites à partir des résultats de l'expérience et à l'aide des fonctions intégrées d'un tableur (MS Excel) se sont révélées précises une fois qu'elles ont été confrontées aux données réelles recueillies en laboratoire.

Il est par conséquent raisonnable de conclure qu'une méthode permettant de prévoir le moment de l'embuage des vitrages isolants a été mise au point et se révèle précise.

En bref, voici en quoi consiste la méthode :

- Établissement d'un échantillon représentatif de la population des vitrages isolants dans un immeuble donné. Vérification souhaitable visant à déterminer l'existence éventuelle de sous-populations pour lesquelles le moment de la défaillance pourrait être différent et qui nécessiteraient par conséquent un suivi distinct. Établissement d'échantillons multiples, au besoin.
- Mesures indirectes et périodiques de la température du point de rosée de la lame de gaz des vitrages faisant partie de l'échantillon :
 - Ces mesures devraient être effectuées par temps doux, car les températures du point de rosée peuvent être faites avant que ne s'installe le temps froid. Ceci permet d'obtenir davantage de séries de mesures de la température du point de rosée et, éventuellement, des prévisions à plus long terme du moment de l'embuage.
- Préparation des prévisions du moment de l'embuage après qu'au moins trois séries de températures du point de rosée ont été recueillies. Il est possible d'utiliser des outils de prévision facilement accessibles, comme la fonction « Prévision » du tableur MS Excel. Dès que des mesures sont prises, les prévisions du moment de l'embuage devraient être refaites de manière à améliorer leur exactitude.

RECOMMANDATIONS

Les résultats de la recherche font progresser la prévision du moment de l'embuage. Des travaux ultérieurs devraient poursuivre les objectifs suivants :

- Lors des évaluations faites en laboratoire, trouver un moyen de provoquer la défaillance des vitrages dans un délai qui ne nécessite pas le bris intentionnel du joint d'étanchéité périmétrique.
- Recueillir des données sur place et faire des prévisions du moment de l'embuage. Il faudrait choisir, aux fins des études, des immeubles qui possèdent des vitrages isolants dont on peut mesurer les températures du point de rosée. Cet exercice risque d'être long, le temps nécessaire variant en fonction de l'âge des vitrages à l'étude, des conditions qui influent sur leur durée de vie et de la gravité de ces conditions.

Directeur de projet : Luis de Miguel

Consultants pour le projet de recherche :
Gerald R. Genge Building Consultants Inc.

Ce projet a été réalisé (ou réalisé en partie) grâce au soutien financier de la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) dans le cadre de son Programme de subventions de recherche, subventions qui sont octroyées au terme d'un concours annuel. Les idées exprimées sont toutefois celles de l'auteur (ou des auteurs) et ne représentent pas la position officielle de la SCHL. Pour en savoir plus sur ce programme, visitez le site Web de la SCHL à www.schl.ca ou communiquez avec l'agent de projets, Recherche d'initiative privée, par courriel, à erp@cmhc-schl.gc.ca, ou par la poste à : Agent de projets, Recherche d'initiative privée, Programme de subventions de recherche, Division de la recherche et des politiques, Société canadienne d'hypothèques et de logement, 700 chemin de Montréal, Ottawa (Ontario) K1A 0P7.

Pour consulter d'autres feuillets *Le Point en recherche* et pour prendre connaissance d'un large éventail de produits d'information, visitez notre site Web à

www.schl.ca

ou communiquez avec la

Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

Téléphone : | 800 668-2642

Télécopieur : | 800 245-9274

©2005, Société canadienne d'hypothèques et de logement
Imprimé au Canada
Réalisation : SCHL

27-10-05

NOTRE ADRESSE SUR LE WEB : www.schl.ca

Bien que ce produit d'information se fonde sur les connaissances actuelles des experts en habitation, il n'a pour but que d'offrir des renseignements d'ordre général. Les lecteurs assument la responsabilité des mesures ou décisions prises sur la foi des renseignements contenus dans le présent ouvrage. Il revient aux lecteurs de consulter les ressources documentaires pertinentes et les spécialistes du domaine concerné afin de déterminer si, dans leur cas, les renseignements, les matériaux et les techniques sont sécuritaires et conviennent à leurs besoins. La Société canadienne d'hypothèques et de logement se dégage de toute responsabilité relativement aux conséquences résultant de l'utilisation des renseignements, des matériaux et des techniques contenus dans le présent ouvrage.