

La condensation dans les fenêtres des bâtiments historiques à vocation modifiée

par *W.C. Brown*

Lorsqu'un édifice du patrimoine est modifié pour servir à une autre fin, les changements apportés à l'environnement intérieur peuvent occasionner des problèmes de condensation. Cet article fait état d'une évaluation de certaines fenêtres de la maison Laurier faite par des chercheurs de l'IRC et visant à déterminer leur capacité de contrôler la condensation.

L'évaluation d'un bâtiment à valeur patrimoniale, couramment appelé « historique », en vue de prévoir sa performance dans de nouvelles conditions exige que l'on détermine : la vocation précise du bâtiment; les niveaux de température et d'humidité relative qui seront nécessaires; les conditions climatiques existant à cet endroit (c'est-à-dire la température de calcul en hiver, qui est connue pour toutes les localités canadiennes); enfin, la performance effective de l'enveloppe du bâtiment, qui peut être évaluée grâce à un programme de surveillance. Il se peut que celui-ci montre que le bâtiment satisfait aux critères définis et donc qu'il n'a pas à subir de modifications.

Les chercheurs de l'IRC avaient pour mission :

- 1) d'étudier le bâtiment afin de déterminer quels composants de l'enveloppe exigeaient un examen plus poussé;
- 2) de recommander au besoin la mise en oeuvre de stratégies d'exploitation ou d'actions de rénovation visant à améliorer la performance hygrothermique des différents composants de l'enveloppe.

Modification de la vocation de la maison Laurier

La maison Laurier, qui est un lieu historique national, a été construite à Ottawa en 1878. L'ancienne résidence des premiers ministres canadiens Sir Wilfrid Laurier et Mackenzie King est devenue un musée.

Au moment où la maison Laurier était la demeure des premiers ministres, la température et l'humidité relative (HR), en hiver, étaient probablement de 18 °C et entre 20 et 30 %. Cependant, la vaste collection d'objets historiques qu'on y trouve maintenant exige, en hiver, des conditions intérieures constantes de 21 °C et de 35 % d'H.R.

La maison Laurier étant un musée, il faut que l'enveloppe du bâtiment permette de contrôler la condensation dans les conditions d'exploitation actuelles. Cette capacité dépend de la conception et du mode de construction des composants de l'enveloppe, ainsi que des environnements intérieur et extérieur. (La température de calcul pour Ottawa, en hiver, est de -25 °C.)



Figure 1. La maison Laurier

Publié par

Institut de
recherche
en construction

IRC

Le niveau élevé d'humidité nécessaire dans la maison devenue musée et la basse température de calcul pour Ottawa, en hiver, laissent croire qu'une forte condensation pourrait se produire sur les fenêtres et dans les murs. Les documents portant sur l'entretien de la maison Laurier ne contiennent pas d'informations précises sur la tenue passée du bâtiment au plan de la condensation, mais les taches d'eau observées sur les appuis d'un grand nombre de fenêtres indiquent que ce phénomène s'est produit.

Pour cette raison et parce que les fenêtres sont particulièrement exposées à la condensation (car c'est habituellement le composant de l'enveloppe du bâtiment qui a la résistance thermique la plus faible), on a d'abord procédé à l'évaluation des fenêtres de la maison Laurier.

À noter que la présence de condensation sur les fenêtres n'indique pas nécessairement que le problème se pose aussi pour les murs. De même, les stratégies visant le contrôle de la condensation sur les fenêtres peuvent différer de celles qui concernent les murs.

Afin de déterminer si les fenêtres d'époque étaient capables de contrôler la condensation, ainsi que de prévoir leur comportement dans un musée, les chercheurs de l'IRC ont équipé certaines d'entre elles de thermocouples dans le cadre d'un programme de surveillance.

Surveillance de la température dans le cas des fenêtres d'époque

La maison Laurier comporte deux types de fenêtres :

- des fenêtres à châssis à guillotine simple, en bois;
- des fenêtres à la française à vitres plombées, à châssis métallique

Toutes les fenêtres sont à simple vitrage et toutes les doubles fenêtres sont à châssis de bois. Dans le cas des fenêtres à châssis à guillotine simple, les doubles fenêtres sont à l'extérieur; dans celui des fenêtres à la française, qui ouvrent vers l'extérieur, elles sont à l'intérieur.

Afin d'évaluer la résistance à la condensation, les chercheurs ont choisi deux fenêtres de chaque type (voir figure 2). L'une d'elles était moins étanche à l'air que l'autre, c.-à-d. qu'une

Principes du contrôle de la condensation

Pour qu'il y ait condensation, il faut qu'une surface soit à la température de rosée de l'air adjacent ou au-dessous. La température de rosée est celle à laquelle la vapeur contenue dans un mélange air-vapeur commence à se condenser. Il peut se former de la condensation sur le vitrage, le battant ou les éléments du châssis des fenêtres, car celles-ci sont généralement plus froides que les autres composants de l'enveloppe du bâtiment.

Une des façons de mesurer les risques de condensation que présente l'environnement intérieur est de déterminer sa température de rosée, qui dépend de sa teneur en humidité. Par exemple, lorsque la température de l'air est de 21 °C et l'HR de 35 %, la température de rosée est d'environ 5 °C.

L'indice de température (I_x), qui définit la relation entre d'une part la température de la face intérieure d'une fenêtre ou d'un mur et d'autre part sa température extérieure et ses caractéristiques thermiques, sert à mesurer la résistance à la condensation. Cet indice s'exprime ainsi :

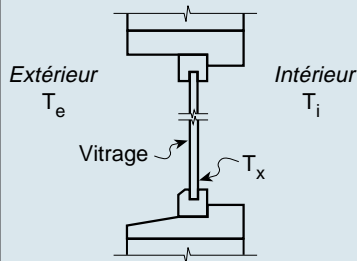
$$I_x = \frac{(T_x - T_e)}{(T_i - T_e)}$$

où

T_x est la température de la face intérieure;

T_e est la température de l'air extérieur;

T_i est la température de l'air intérieur.



On peut déduire de la formule de l'indice de température que plus la température de la face intérieure de la fenêtre se rapproche de celle de l'air intérieur, plus la résistance à la condensation est grande. La résistance du vitrage à la condensation dépend donc de sa performance thermique, et par conséquent de sa conception.

On peut augmenter la résistance à la condensation en améliorant la performance thermique de la fenêtre.

L'indice de température, qui est normalement constant dans l'éventail des conditions auxquelles sont soumis les bâtiments, peut être considéré comme une caractéristique du composant.

Pour réduire le plus possible la condensation sur la face intérieure, il faut que l'indice de température soit élevé si l'humidité relative intérieure est forte et/ou si la température de calcul extérieure est froide.

Lorsqu'on connaît l'indice de température d'une fenêtre ou d'un mur, ainsi que la température de calcul, en hiver, pour le bâtiment en question, on peut déterminer facilement l'humidité relative intérieure que cette fenêtre ou ce mur peut supporter sans risque de condensation. On peut aussi calculer de la même façon l'indice de température nécessaire pour qu'un composant supporte une HR donnée. Par exemple, dans les locaux exigeant une HR de 30 % et une température de 21 °C, l'indice de température des fenêtres doit être de 0,60 si l'on veut éviter la condensation.

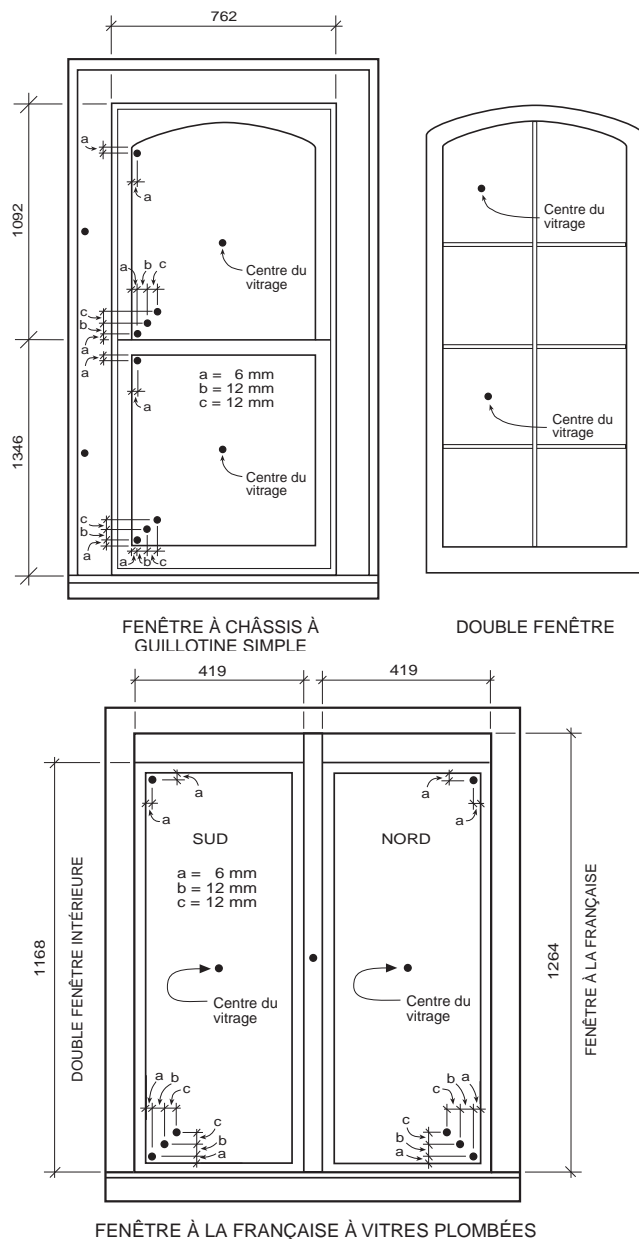


Figure 2. Emplacement des thermocouples sur les fenêtres. Les thermocouples ont été placés dans les coins des fenêtres (où la température est généralement la plus basse et, par conséquent, où il y a plus de danger de condensation), ainsi qu'au centre (où il y a le moins de risques de condensation). Cette façon de faire permet de déterminer non seulement l'indice de température en un point donné, mais aussi la zone de la fenêtre où il risque de se produire de la condensation. Dans le cas des fenêtres à châssis à guillotine simple, on a placé les thermocouples autour du châssis afin d'établir si son mode de construction (c.-à-d. la présence de contrepoids) avait un effet néfaste sur le comportement du châssis au plan de la condensation. On a aussi installé des thermocouples sur la double fenêtre afin de mieux pouvoir déterminer comment elle contribue à la performance globale de la fenêtre.

a été laissée telle quelle alors que l'autre a été étanchéisée du côté intérieur. Toutes les fenêtres ont fait l'objet de surveillance pendant au moins une semaine, à la fin de février et au début de mars, au moyen de thermocouples que l'IRC a installés en divers points des fenêtres pour enregistrer la température.

Les données recueillies ont servi à calculer l'indice de température à ces endroits, et celui-ci

a permis de déterminer la résistance à la condensation (le risque de condensation) d'une fenêtre donnée. Les risques de condensation que présente une fenêtre peuvent être évalués dans des conditions autres que celles qui produisent effectivement la condensation; autrement dit, l'évaluation n'a pas à être effectuée dans des conditions de condensation.

L'équipe de l'IRC a aussi mesuré la température et l'humidité relative de l'air intérieur, de l'air extérieur et de l'air provenant d'un diffuseur se trouvant dans le plancher, ainsi que l'humidité relative dans l'espace entre une fenêtre à châssis à guillotine simple et sa double fenêtre.

Lors de la réalisation des essais de fenêtres, la température intérieure a été maintenue à 22 ou 23 °C et l'HR, entre 20 et 30 %.

Afin d'obtenir des données représentatives, on a conservé, pendant la durée du programme de surveillance, les conditions normales d'utilisation des pièces de manière à ne pas modifier l'environnement thermique des fenêtres. Par exemple, les stores des fenêtres à châssis à guillotine simple ont été laissés mi-fermés. Les fenêtres à la française n'étaient pas munies de stores.

Résultats de l'évaluation des fenêtres

La mesure de l'indice de température des deux types de fenêtres a montré qu'il y aurait condensation à -10 °C ou à une température extérieure plus basse si les conditions intérieures étaient de 21 °C et de 35 % d'HR. Étant donné que la température de calcul pour Ottawa, en hiver, est de -25 °C, il est certain qu'une condensation importante se produira sur les fenêtres si l'on ne prend pas de mesures pour l'empêcher.

Fenêtres à châssis à guillotine simple en bois.

Il se produira de la condensation sur la double fenêtre (extérieure) à moins qu'on n'étanchéise la fenêtre elle-même pour empêcher les fuites d'air par les trous et les matériaux perméables à l'air. Toutefois, il n'y aura pas de condensation sur le châssis de bois de la fenêtre principale.

Fenêtres à la française en métal. L'indice de température des fenêtres à la française en métal indique qu'il se produira de la condensation à moins que les doubles fenêtres, qui se trouvent du côté intérieur, ne soient rendues étanches à l'air.

Comment réduire la condensation sur les fenêtres d'époque

Face au problème de condensation dans les fenêtres de la maison Laurier, on peut :

1. Accepter le fait qu'il se produira de la condensation et être prêt
 - a) à essuyer l'eau chaque jour sur les appuis de fenêtres

- b) et à refaire chaque année la finition des surfaces.
2. Modifier l'environnement intérieur des fenêtres de façon à ce que la face intérieure soit à la température de rosée de l'air adjacent ou au-dessus, ce qui évite la condensation.
 3. Améliorer la performance thermique des fenêtres.

C'est la première solution qui exige le moins d'intervention influant sur le caractère historique du bâtiment, mais elle nécessite un engagement permanent de la part du propriétaire, qui doit faire en sorte que l'accumulation d'humidité soit temporaire et veiller à faire refaire régulièrement les surfaces. La deuxième solution exige une intervention importante, une source de chaleur et/ou d'air sec devant être assurée. Elle ferait en sorte que le point de rosée de l'air adjacent à la fenêtre soit moins élevé que la température de celle-ci. C'est probablement la troisième solution qui permettrait le mieux d'éviter la condensation sur les fenêtres; c'est pourquoi nous l'examinerons de près.

Dans le cas d'un bâtiment historique, le choix de la stratégie à adopter dépend de la mesure dans laquelle l'authenticité historique ou l'esthétique initiale doivent être préservées, ainsi que des budgets d'exploitation et d'entretien dont on dispose. Ainsi, même si la troisième solution semble être la meilleure, il peut y avoir des facteurs qui la rendent inacceptable ou non applicable.

Amélioration de la performance thermique des fenêtres d'époque

Les améliorations à apporter dépendent du type de fenêtre et de leurs conditions de service.

Fenêtres à châssis à guillotine simple en bois. On peut améliorer la performance thermique du vitrage de ces fenêtres de l'une ou l'autre façon suivante :

- en remplaçant les vitres simples de la fenêtre principale par des doubles vitrages isolants à faible émissivité;
- en posant une troisième épaisseur de vitrage (la double fenêtre constituant la deuxième), simple ou double, à l'intérieur.

L'une ou l'autre de ces mesures assurera une amélioration de la performance thermique suffisante pour réduire la condensation à un niveau acceptable. (Dans les deux cas, aucune modification ne serait apportée à la double fenêtre extérieure.)

Dans le cas de la maison Laurier, il se trouve que le châssis des fenêtres en bois est assez épais pour recevoir un double vitrage isolant à vitres de 3 mm et lame d'air de 13 mm. Ce double vitrage à intercalaire en aluminium a, lorsqu'il comporte un revêtement à faible émissivité, une résistance thermique d'environ RSI 0,35 au centre et RSI 0,20 sur le bord. Des intercalaires utilisant la technologie du bord chaud permettraient d'améliorer encore la performance thermique sur le bord de ce vitrage, en particulier dans les coins.

La pose d'une troisième épaisseur de vitrage à l'intérieur assurerait une lame d'air supplémentaire qui contribuerait à élever la valeur RSI de la fenêtre en question. Il en résulterait une augmentation de la température de la face intérieure de la fenêtre, ce qui aurait pour effet d'empêcher la condensation.

Fenêtres à la française en métal. On peut améliorer la performance thermique de ces fenêtres en remplaçant les doubles fenêtres (intérieures) à vitrage simple par des doubles vitrages isolants à faible émissivité du même type que dans le cas des fenêtres à châssis à guillotine simple.

Il faudrait veiller à ce que ces doubles vitrages isolants soient étanches à l'air pour éviter que la vapeur d'eau produite par les fuites d'air se condense sur les fenêtres à la française. (C'est toujours la fenêtre située le plus à l'intérieur qui doit être étanche à l'air.)

Conclusion

En connaissant les caractéristiques des fenêtres au point de vue condensation, les propriétaires de bâtiments historiques qui envisagent de modifier leur vocation peuvent déterminer s'il convient de prendre des mesures pour empêcher la condensation ou si les fenêtres peuvent, sans faire l'objet de modifications, offrir une performance acceptable dans les conditions prévues.

W.C. Brown est agent de recherche supérieur au sein du Laboratoire de l'enveloppe du bâtiment, à l'Institut de recherche en construction du CNRC.

© 1997
Conseil national de recherches du Canada
Mai 1997
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://irc.nrc-cnrc.gc.ca>