

NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

Caractéristiques thermiques des fenêtres à contrechâssis

Wilson, A. G.; Brown, W. P.

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/10.4224/40001019>

Digeste de la construction au Canada, 1967-09

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

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=d86225ff-e863-41cf-9b69-982cca5ce3c0>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=d86225ff-e863-41cf-9b69-982cca5ce3c0>

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 58F

Caractéristiques thermiques des fenêtres à contrechâssis

Publié à l'origine en septembre 1967

A.G. Wilson et W.P. Brown

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.

Les fenêtres offrent d'habitude une aire de moindre résistance à l'écoulement calorique que les autres éléments des murs de pourtour d'un bâtiment. En hiver, par conséquent, les températures de la face interne les plus faibles se trouveront aux fenêtres, et l'humidité relative qu'il est possible de maintenir dans les locaux est limitée par la condensation sur les vitres. C'est pour cette raison que les fenêtres à contrechâssis sont largement utilisées au Canada en vue de réduire les pertes caloriques, et pour permettre l'accroissement de l'humidité relative (voir les **CBD 1F** et **4F**).

Les propriétés thermiques des fenêtres à contrechâssis dépendent des caractéristiques tant de la lame d'air interne que du dormant et des châssis mobiles. Le comportement en service dépend aussi de la profondeur de l'embrasure, de l'emplacement de la fenêtre par rapport aux éléments de construction voisins, de la proximité de bouches de chaleur, de l'existence d'un courant d'air chassé sur la vitre interne et de l'installation de stores ou de rideaux. Quand on établit les caractéristiques des fenêtres en vue de pouvoir maintenir une certaine humidité dans les locaux en hiver, il est nécessaire de tenir compte de divers facteurs qui affecteront leur comportement au point de vue thermique. De même, quand on calcule le niveau d'humidité à maintenir dans l'édifice, on doit avoir présentes à l'esprit les limites imposées par les fenêtres.

Le digeste **CBD 32F** expose les méthodes de calcul de la somme calorique transmise et de la température moyenne d'une lame d'air typique enclose par les vitres, établie à l'aide des valeurs moyennes de la conductance des lames d'air et des surfaces; les valeurs de la transmission calorique, en fonction de la largeur de la lame d'air, sont indiquées dans le digeste **CBD 46F**. On établit souvent la valeur maximale tolérable de l'humidité dans un bâtiment, pour une température externe définie, en fonction des températures moyennes ainsi calculées des faces internes des vitres (**CBD 4F**). La température réelle de la face interne de la vitre intérieure dépend cependant de la hauteur du point correspondant en raison des variations, selon cette même hauteur, de la température de la lame d'air et des conditions physiques affectant la transmission de chaleur aux surfaces. Les températures à la partie inférieure de la

vitre sont notablement plus faibles que celles qu'indiquent la détermination des conductances moyennes, dans le cas où la convection de l'air s'effectue naturellement, ou si le courant d'air induit est faible; en conséquence quelque condensation s'y produit à des taux d'humidité plus faibles que prévu.

Températures d'une fenêtre typique

La figure 1 indique les variations caractéristiques de la température en fonction de la hauteur pour une fenêtre à contrechâssis typique, de 5 pieds de hauteur, comprenant deux vitrages fixés dans des huisseries isolantes et séparés par une lame d'air de quatre pouces. Les chiffres sont établis pour une convection naturelle à l'intérieur et une convection forcée (le vent) à l'extérieur. Pour plus de commodité, la température y est exprimée comme un indice pour lequel les températures extérieure et intérieure sont respectivement 0 et 1. L'indice d'une fenêtre réelle tombe entre ces limites. Plus il est élevé, plus la température est forte. La température réelle de surface T , pour toute valeur des températures extérieure et intérieure T_e et T_i est donnée par la relation

$$T = T_e + \text{indice} (T_i - T_e)$$

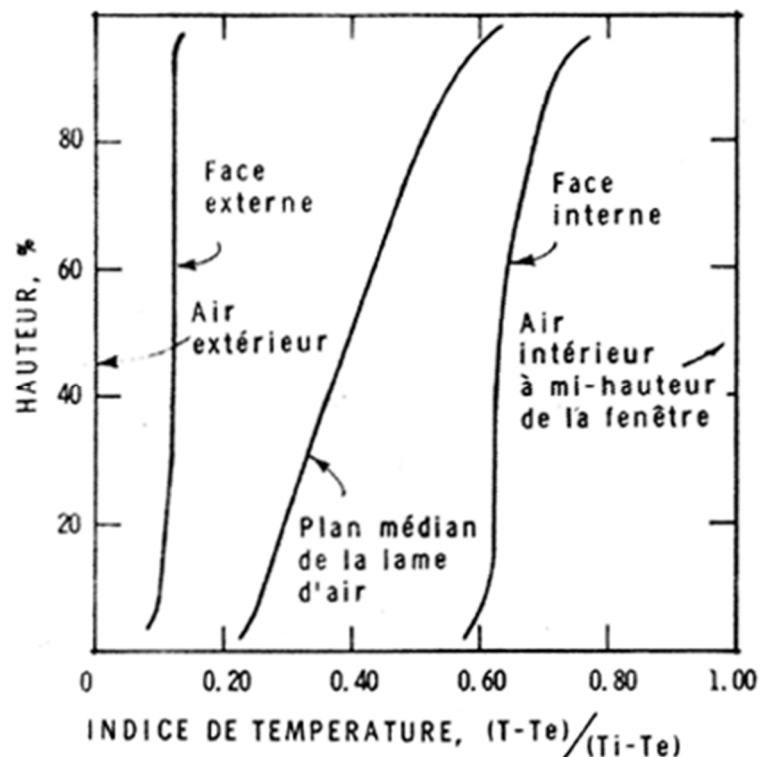


Figure 1. Distribution des indices de températures au long de la médiane verticale de la fenêtre

L'indice de température est utile pour la comparaison les caractéristiques de la température de la face interne des fenêtres. Les valeurs en tous points sont indépendantes des caractéristiques réelles de la température de l'air si les conductances des surfaces restent les mêmes. Les valeurs de l'humidité relative extérieure, qui entraîneraient de la condensation à la face interne de la vitre pour certaines valeurs de l'indice de température et des températures de l'air extérieur et intérieur, sont tirées immédiatement d'un diagramme psychrométrique dont un exemple est montré à la figure 2, pour une température intérieure de 74° F.

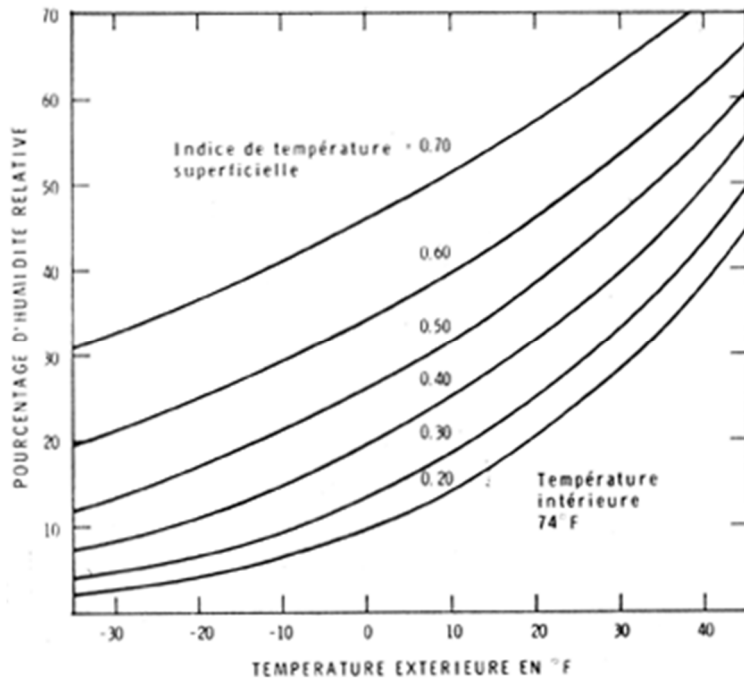


Figure 2. Pourcentage d'humidité relative induisant la condensation

Les mesures réalisées à l'aide d'un ensemble théorique de double vitrage (voyez la fig. 1) indiquent que les minimums de la température de surface interne ne sont pas très affectés par l'épaisseur de la lame d'air et se produisent toujours à la partie inférieure de la vitre. L'indice correspondant de température minimale d'une fenêtre de cinq pieds de haut est d'environ 0.57, et celui d'une fenêtre de 2 pieds $\frac{1}{2}$ est d'environ 0.55. L'indice à mi-hauteur atteint 0.63 pour toutes les épaisseurs de lames d'air, à l'exception des lames très minces. Celui qui correspond aux températures moyennes de la face interne est d'environ 0.65. On peut se rendre compte à l'examen de la figure 2 qu'à une température extérieure de 0°F le taux d'humidité relative correspondant à la température moyenne des faces internes atteint environ 40 pour cent et que le taux correspondant à la température de surface de la partie inférieure de la vitre est de 30 pour cent. Les températures de la vitre à la base de la fenêtre sont plus basses s'il existe un rebord ou un angle rentrant gênant la transmission de chaleur par convection naturelle. L'indice de température à la partie inférieure de la vitre peut atteindre 0.54 et moins.

Une infiltration excessive de l'air de l'extérieur vers la base de la lame d'air, qu'elle soit accidentelle ou destinée à la ventilation, peut abaisser notablement l'indice minimal de la température de surface interne. Des mesures réalisées en laboratoire ont indiqué que l'infiltration d'un tiers à un demi pied cube d'air par minute par pied de fissure abaissera le minimum de l'indice de température de surface d'une fenêtre à contrechâssis typique de 0.57 à 0.50. Les infiltrations réelles d'air dans les fenêtres conformes aux normes concernant les fuites d'air (**CBD 25F**) n'atteignent vraisemblablement pas ces chiffres. Un effet similaire se produit à propos d'une fenêtre de 5 pieds de hauteur dans laquelle sont pratiqués des orifices de ventilation équivalents à environ trois trous d'un quart de pouce de diamètre par pied de largeur, à la base et au sommet de la lame d'air.

Huisseries métalliques et coupures thermiques

Les valeurs ci-dessus de l'indice de température des fenêtres à contrechâssis fournissent une base pour l'évaluation du comportement thermique des installations réelles de fenêtres. Ces fenêtres possèdent une huisserie et un châssis mobile. Les températures des faces internes de ces éléments ne doivent pas être plus basses que les températures minimales d'une fenêtre à contrechâssis typique si l'on veut profiter au maximum des avantages de ces fenêtres. On y parviendra aisément si ces huisseries sont en bois ou en matériau à faible conductance

calorique. Quand la huisserie est en métal, et qu'un pont thermique continu existe entre l'intérieur et l'extérieur, la température de sa face interne sera beaucoup plus basse, voisine de celle d'un vitrage simple, (indice de température d'environ 0.25 pour un vent de 15 mi/h). Si l'on veut obtenir des températures de face interne atteignant au moins celle de la vitre intérieure, un isolement doit être incorporé dans les huisseries métalliques. La Commission des cahiers des charges du gouvernement canadien appelle cet isolement une "coupure thermique complète", dans ses descriptions de fenêtres en aluminium.

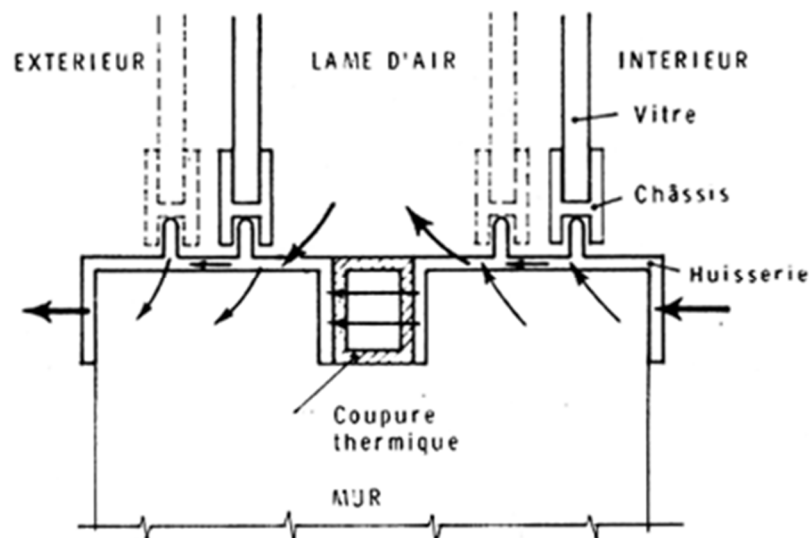


Figure 3. Flux de chaleur au travers de l'huisserie d'une fenêtre à contrechâssis munie d'une coupure thermique

Il est d'usage courant de construire les huisseries métalliques en deux parties liées structuralement par un élément relativement rigide et isolant (fig. 3). Une méthode de construction semblable est utilisée pour les châssis mobiles métalliques à double vitrage. Comme la résistance thermique du métal est très faible, la résistance thermique d'une coupure thermique complète doit être équivalente, en première approximation, à celle de la lame d'air. La température de surface de la partie inférieure de la vitre est cependant nettement plus faible que la moyenne, ce qui diminue les conditions requises de résistance thermique. L'efficacité de la coupure thermique est augmentée au fur et à mesure que son épaisseur s'accroît et que décroît sa section perpendiculairement au flux calorifique.

Ce dernier est réparti de façon fort complexe dans le voisinage de l'huisserie (voir les flèches indiquant sa direction à la fig. 3). La réduction de la résistance à l'écoulement calorifique en tout point de l'huisserie tend à accroître la température de sa face interne; la réduction de la résistance thermique à l'écoulement de la chaleur vers l'extérieur a l'effet inverse. L'accroissement du rapport entre la surface interne de l'huisserie et sa surface externe produit en conséquence une élévation de la température de sa face interne. A ce point de vue, un large rebord métallique intérieur fixé à l'huisserie a un effet favorable, contrairement à l'effet d'un large seuil extérieur. Des échanges calorifiques ont lieu entre l'huisserie et la lame d'air; il est désirable de réduire au minimum l'aire d'huisserie intérieure en contact avec la lame d'air et d'augmenter celle de l'huisserie extérieure.

Des échanges de chaleur se produisent également avec le mur adjacent. Pour obtenir des températures de surface optimales, il est préférable d'établir les liens structuraux avec la partie du mur la plus chaude et d'y fixer la fenêtre aussi étroitement que possible. Si la fenêtre est en retrait par rapport à un mur bien isolé sur sa face interne, l'huisserie fait corps, à moins d'être parfaitement isolée, avec la partie du mur la plus froide et constitue de ce fait un pont thermique (voir le digeste [CBD 44F](#)).

Caractéristiques des fenêtres réelles

En raison de la distribution complexe de l'écoulement calorifique les caractéristiques de la température de surface des huisseries et châssis mobiles métalliques ne peuvent être encore calculés avec précision. Il est généralement préférable de posséder les résultats d'essais de laboratoire appropriés. La DRB a mené des recherches sur diverses fenêtres d'aluminium de type domiciliaire assemblées rigidement par des isolants en vue de réduire au minimum les échanges de chaleur avec les murs adjacents; ces essais, qui ont fourni une base normalisée de comparaison, ont indiqué que les conditions requises pour l'obtention d'une coupure thermique complète sont facilement réalisables par des tracés différents. Dans ces conditions normalisées, l'indice de température correspondant aux températures minimales de la face interne de l'huisserie et du châssis mobile varie habituellement entre 0.55 et 0.57 dans le cas où il n'existe qu'une convection naturelle de l'air du côté chaud. Des éléments de vinyle rigide à section rectangulaire sont souvent utilisés comme coupures thermiques, leur épaisseur variant généralement entre un quart de po. et 1 po. On emploie également le bois. L'index de température minimale des fenêtres en service peut ne pas correspondre aux résultats des essais, car il dépend du voisinage d'autres éléments de construction et d'autres facteurs.

Les robustes huisseries métalliques souvent utilisées dans les bâtiments commerciaux ou dans les grands édifices réclament des coupures thermiques plus difficiles à dessiner si l'on veut que les caractéristiques thermiques soient équivalentes de celles des fenêtres à contrechâssis typiques. En raison de leur poids plus élevé et des tendances naturelles aux inégalités de mouvement entre les éléments intérieurs et extérieurs soumis à des températures très différentes, les huisseries doivent être fixées par des attaches plus résistantes pour les rendre solidaires. En outre, la lame d'air est souvent plus mince, ce qui réduit l'espace disponible pour la coupure thermique. Là où il est nécessaire que le niveau de température superficielle soit optimal, on doit prendre en considération l'utilisation de deux huisseries ou deux châssis mobiles séparés par une large lame d'air, et dont le joint avec le mur est soigneusement calculé de façon à constituer l'équivalent d'une coupure thermique complète.

Les fenêtres à doubles vitres scellées constituent un cas particulier, car la cale d'écartement, et la gorge métallique le cas échéant, fournissent une voie de moindre résistance au flux de chaleur. Cette disposition affectera plus ou moins les températures de la face interne de la vitre selon le niveau des températures des éléments avoisinants et la profondeur d'engagement des vitres dans leur cadre. Il se produit une très forte chute du gradient de température à la rive de la vitre, et l'indice de température au joint entre vitre et cadre peut s'abaisser jusqu'à 0.33, alors qu'à un pouce plus haut il atteint 0.53 (voir **CBD 46F**). Les mesures réalisées à l'aide d'ensembles de vitres scellées dans divers types de fenêtres munies de coupures thermiques montrent que l'indice minimal de température pour la vitre peut atteindre la forte valeur de 0.44 à 0.48 dans le cas d'un chauffage par convection naturelle. Bien que ce ne soit pas encore pratique courante, on peut établir des huisseries et des cadres pour doubles vitres scellées, dessinés de façon à fournir un niveau optimal de température de la face interne de la vitre. La température minimale de la vitre sera cependant inférieure à celle d'une fenêtre typique à contrechâssis.

Les valeurs de l'indice de température fournies jusqu'ici concernent la fenêtre chauffée à l'intérieur par convection naturelle, la bouche de chaleur en étant éloignée. Un chauffage installé sous la fenêtre et la convection forcée entraîneront un accroissement de la température de la face interne, causé par l'élévation de la température de l'air adjacent à la fenêtre et par la conductance superficielle (**CBD 52F**). Les résultats dépendront de la disposition du système de chauffage et du rebord interne, et du type de fenêtre. Les mesures exécutées indiquent qu'avec un chauffage continu sous la fenêtre l'indice minimal de température d'une fenêtre à contrechâssis munie d'une coupure thermique complète pourrait atteindre jusqu'à 0.60 et 0.65 avec des convecteurs de chaleur; et il est possible d'obtenir des indices minimaux atteignant 0.60 à 0.70 avec une convection forcée de l'air. On peut également accroître l'indice minimal des fenêtres possédant de mauvaises coupures thermiques, mais sa valeur n'atteindra pas le chiffre possible avec une fenêtre munie de coupures thermiques complètes. L'indice d'une huisserie ou d'un cadre peut par exemple être porté de 0.30 (la bouche de chaleur en étant éloignée) à 0.40 ou 0.45 par l'installation d'un système de chauffage sous la fenêtre.

De forts gradients de température aux rives du carreau interne d'une double vitre scellée sont accrus par la convection forcée de l'air parfois jusqu'au point de fêlure de la vitre (**CBD 46F**). Les gradients seront généralement plus forts si la bouche de chaleur est située entre la fenêtre et des stores ou des rideaux fermés.

L'effet produit par des stores ou des rideaux dépend en général de la valeur de l'isolement qu'ils constituent entre la fenêtre et la source de chaleur. Si la bouche de chaleur est située entre les premiers et la fenêtre, les températures superficielles sont accrues. Si la bouche de chaleur est éloignée et que le store est fermé, la température superficielle interne de la vitre peut s'abaisser fortement, à moins qu'on ait pris la précaution d'établir une libre circulation de l'air entre l'espace adjacent à la vitre et la pièce d'habitation.

Transmission de la chaleur par les huisseries

La transmission globale de chaleur au travers des fenêtres à contrechâssis peut être influencée par la disposition des huisseries et des cadres. Leur effet peut être exprimé sous forme d'un "facteur de réalisation" ("application factor") équivalent au rapport entre la perte thermique globale au travers de la fenêtre considérée et celle de la fenêtre de type fondamental sous les mêmes conditions d'expérience (NRC 7788).

Le facteur de réalisation dépend des caractéristiques de transmission thermique de l'huisserie (ou du cadre), de la proportion de l'aire totale de la fenêtre qu'elle occupe et des conditions de transmission superficielle de la chaleur. Les renseignements disponibles sur le facteur de réalisation sont maigres. Les mesures réalisées par la Division des recherches en bâtiment indiquent que ce facteur atteint l'unité quand les huisseries possèdent un indice minimal de température de 0.55 environ et qu'il existe une convection naturelle de l'air à l'intérieur; il atteint 1.3 pour des doubles vitres scellées dans des huisseries ou des cadres métalliques dont l'indice est de 0.33, et qui occupent 20 pour cent de l'aire totale de la fenêtre. On peut s'attendre à obtenir des valeurs plus fortes pour des huisseries métalliques sans coupure thermique. En conséquence, des huisseries mal isolées peuvent causer d'importantes pertes thermiques aux fenêtres. Les huisseries et cadres en bois possèdent un facteur de réalisation inférieur à un, reflétant ainsi leur supériorité au point de vue thermique.

L'accroissement de l'indice de température au moyen de convection forcée de l'air et de l'installation d'un système de chauffage sous la fenêtre augmente les pertes thermiques tant par l'huisserie que par le cadre, quel que soit le type de la fenêtre. Et le pourcentage de ces pertes sera plus fort pour une fenêtre munie de mauvaises coupures thermiques.

Conclusion

Il est très important, lors du choix de fenêtres à contrechâssis pour une certaine utilisation, de posséder tous renseignements concernant les caractéristiques de températures de leur face interne. Le choix des fenêtres peut être influencé par le niveau désiré ou prévu d'humidité relative intérieure et par la quantité maximale de condensation tolérable. Les limites des possibilités thermiques des fenêtres à contrechâssis doivent être connues quand on calcule le taux d'humidité qui régnera dans un bâtiment. Il est nécessaire de déterminer les caractéristiques des températures de surface pour quelques applications particulières et pour quelques types de fenêtres. On doit normaliser les conditions d'essai pour un classement thermique des fenêtres d'utilisation générale, particulièrement en ce qui touche aux éléments de construction voisins et aux conditions de transmission thermique des surfaces.

Les renseignements ainsi obtenus, bien qu'ils n'aient qu'une valeur de comparaison, suffisent pour choisir les fenêtres dans la plupart des cas. On peut évaluer les fenêtres par l'observation des températures de surface ou de la condensation. Les températures de surface d'un élément fondamental comprenant deux vitres séparées par une lame d'air enclose, observées dans des conditions d'essai normalisées, donnent une excellente base de comparaison. S'il est nécessaire de préciser le rendement thermique sous des conditions particulières de service, les essais de fonctionnement doivent reproduire tous les traits essentiels de l'installation réelle. Cependant de tels essais sont longs et coûteux, et ne sont justifiés que dans des cas bien particuliers.

Les huisseries ou les cadres de mauvaise réalisation au point de vue thermique, non seulement accentuent les difficultés causées par les condensations superficielles, mais aussi causent une forte augmentation des transmissions de chaleur au travers des fenêtres à contrechâssis. Les mesures précises sont difficiles, et il est généralement préférable de définir le rendement thermique d'une fenêtre par les températures de surface mesurées dans les conditions normalisées. La température minimale de surface d'une huisserie ou d'un cadre ne devrait théoriquement pas être plus faible que celle d'une fenêtre à contrechâssis typique dans des conditions semblables. C'est un objectif qu'atteignent quelques fenêtres, mais de nombreux types en usage courant n'y parviennent pas.