

## NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

### Ponts thermiques dans les bâtiments

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

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/10.4224/40000917>

*Digeste de la construction au Canada, 1965-11*

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

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=f118933c-068b-47f5-91b9-e04892184388>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=f118933c-068b-47f5-91b9-e04892184388>

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 44F**

## Ponts thermiques dans les bâtiments

*Publié à l'origine en novembre 1965*

*W.P. Brown-et A.G. Wilson*

### **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 murs et les toits tels qu'on les réalise aujourd'hui comportent souvent des parties qui offrent, aux déperditions de chaleur, une résistance inférieure à celle de la construction principale. Si ces parties ne donnent qu'une mauvaise isolation thermique, cela provient en général de ce que des éléments de construction à haute conductibilité thermique passent, en partie ou en totalité, au travers de matériaux à plus faible conductibilité. On les désigne, dans ce Digeste, par l'expression "ponts thermiques".

Les ponts thermiques peuvent nuire sérieusement au comportement thermique des bâtiments. Pendant la période de chauffage, la température de la face interne d'un pont thermique est inférieure à celle des matériaux adjacents. Elle peut même être plus basse que celle d'un vitrage double. Aussi est-il parfois impossible, sans provoquer des condensations de surface, de maintenir l'humidité relative désirée (**CBD 42F**). La différence entre les gradients thermiques dans le pont et les matériaux adjacents provoque l'apparition de contraintes qui peuvent détériorer les constructions. La température de la face externe d'un pont thermique est plus élevée que celle du mur adjacent. Il peut en résulter un plus fort mouillage du mur causé par la fusion de la neige que le vent y pousse. Ce fait augmente les possibilités de détérioration par des gelées ultérieures. Bien qu'en général on ne considère pas cet état de choses comme important en soi, les ponts thermiques augmentent les déperditions de chaleur des bâtiments. Les ponts thermiques constitués par les entretoises et assemblages sont habituellement l'obstacle majeur à la conception d'un mur-rideau ne devant transmettre qu'un nombre déterminé de calories. Les températures plus basses de la face interne des ponts thermiques peuvent aussi provoquer des dépôts de poussières.

Les ponts thermiques sont souvent constitués par des poutres ou des piliers d'acier ou de béton incorporés dans les parties extérieures des murs ou des toits. Les dalles de plancher et les cloisons forment des ponts entre les matériaux isolants appliqués sur les faces internes des murs. Si ces éléments forjettent hors du mur, ils forment des "ailettes" à grande surface thermodiffusive. Les entretoises métalliques des murs creux constituent un autre type de pont thermique qu'on rencontre couramment dans les constructions en maçonnerie. De sérieuses complications peuvent aussi survenir aux cadres et châssis des fenêtres métalliques (**CBD 4F**), ainsi qu'aux montants métalliques des murs-rideaux; ces éléments constituent, à travers le

mur, des ponts thermiques complets ou partiels; ils forment souvent une "ailette" dépassant à l'extérieur.

Il est possible de surmonter immédiatement les difficultés que créent les ponts thermiques en appliquant des isolants sur tout l'extérieur d'un bâtiment, de manière à enclôre tous les éléments de la construction, sauf l'écran de pluie (**CBD 40F**) qui n'exige qu'un minimum d'ossature. Dans la plupart des constructions du type classique, cependant, il existe beaucoup de dispositions gênantes au point de vue thermique. En vue de fournir les critères permettant de reconnaître l'existence d'un pont thermique, puis d'en pallier les conséquences, on traitera dans ce Digeste quelques exemples qui mettront en évidence les facteurs influençant le comportement thermique des ponts.

### Étude des ponts thermiques

La figure 1 représente un élément de construction en béton lourd (conductivité thermique,  $k = 12$  unités thermiques britanniques /heure/pied carré/°F par pouce). Cet élément constitue un pont au travers d'un mur en béton léger ( $k = 2.4$ ), mais ne traverse pas le revêtement intérieur de plâtre. Les gradients de température dans l'élément de construction et dans le mur adjacent ont été calculés selon l'hypothèse d'un écoulement de chaleur à une dimension. On suppose que les conditions décrites dans le **CBD 36F** sont réalisées, savoir: l'inexistence d'échanges de chaleur entre l'élément et le mur adjacent. Pour une différence de température de 100°F entre l'air intérieur et l'air extérieur, on calcule qu'il existe une différence de température ( $TD_c$ ) de 18°F entre la face interne du pont thermique et celle du mur adjacent. On remarquera que le pont est plus froid que le mur vers l'intérieur, et plus chaud que le mur vers l'extérieur. La chaleur doit donc se déplacer du mur vers le pont sur le côté chaud, et du pont vers le mur sur le côté froid (voir les flèches). Le calcul, cependant, ne tient pas compte de cet écoulement latéral de chaleur; aussi existe-t-il un écart entre les températures calculées et observées.

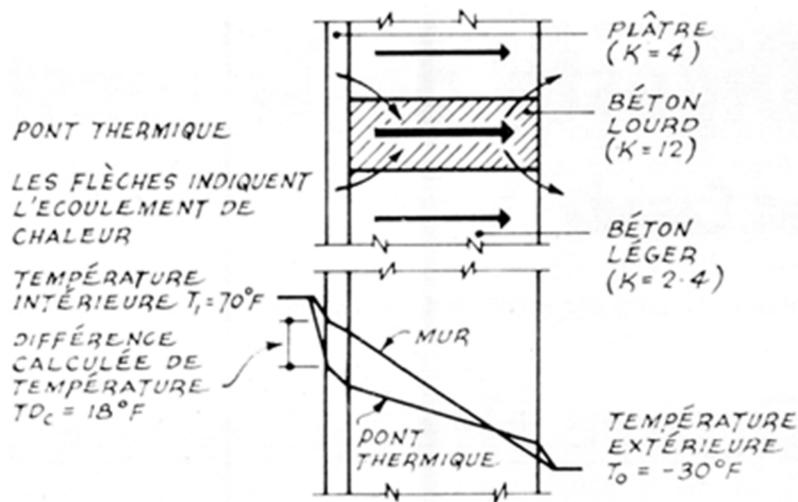


Figure 1. Gradients thermiques calculés.

La figure 2 indique la répartition des températures mesurées sur les faces internes de deux éléments de construction, de largeur différente, semblables à celui de la figure 1. Elle donne également, dans chaque cas, la différence entre la température de surface intérieure du mur, mesurée loin du pont, (température égale à la valeur calculée), et la température minimum mesurée contre la face interne du pont. Cette différence est désignée par  $TD_m$ . Ici aussi les chiffres sont basés sur une différence de température de 100°F entre l'intérieur et l'extérieur. Les valeurs de  $TD_m$  ou  $TD_c$ , pour toute autre différence de température, lui seront directement proportionnelles.

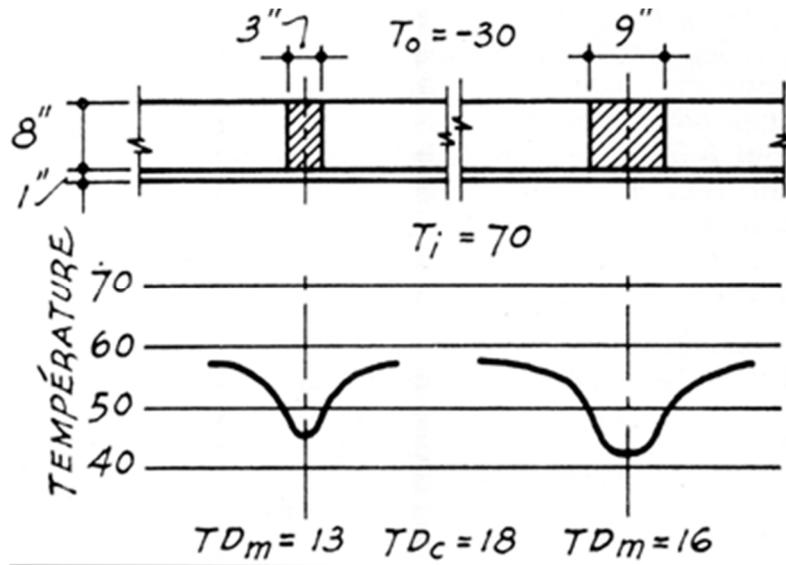
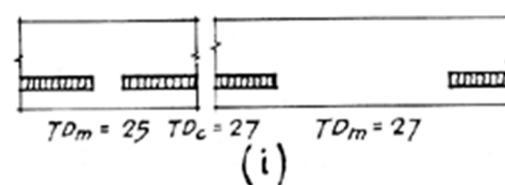
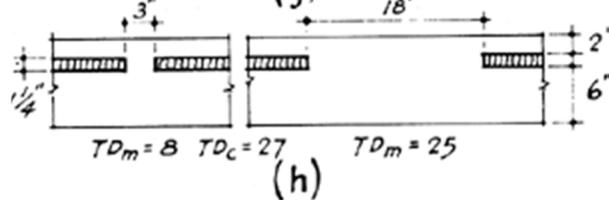
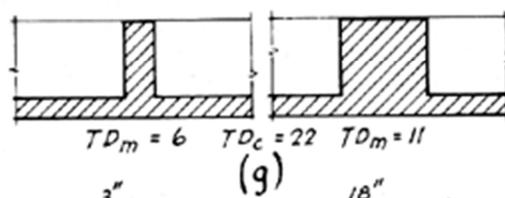
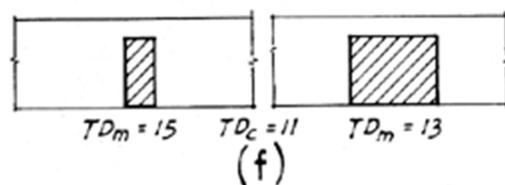
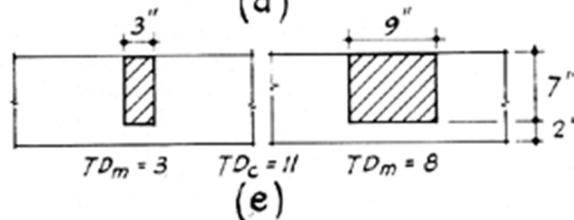
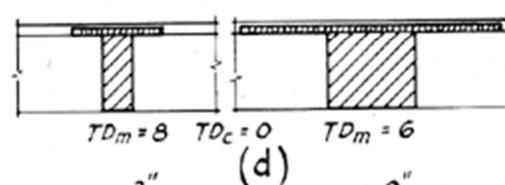
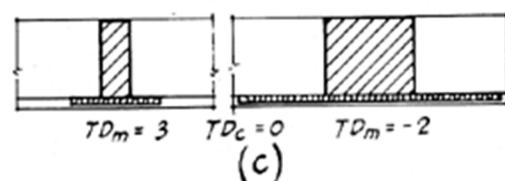
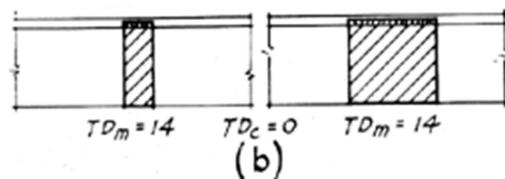
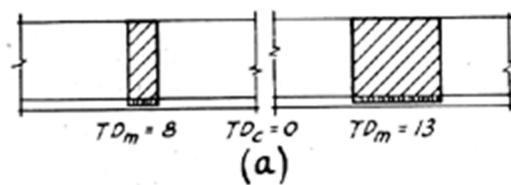


Figure 2. Températures de surface mesurées.

On peut remarquer que  $TD_m$  est inférieur à  $TD_c$  pour les deux largeurs d'éléments, et que  $TD_m$  tend vers  $TD_c$  lorsque la largeur croît. Ceci résulte d'un écoulement latéral de chaleur qui se produit entre l'élément de construction et le mur qui l'entoure; du côté interne du mur l'élément de construction est réchauffé, tandis que le mur adjacent est refroidi. Si l'élément est étroit, l'écoulement latéral de chaleur peut être suffisant pour maintenir la température de sa face externe considérablement au-dessus de la température prévue par la théorie. Si, par contre, l'élément est large, l'écoulement latéral de chaleur n'atteint pas sa région centrale, et la température minimale de la surface externe observée en fait est voisine de la valeur prédite par la théorie d'un écoulement de chaleur à une dimension. Avec ce type de pont, les températures réelles de la face externe sont plus élevées que celles prédites par la simple théorie.

On applique parfois des isolants à des ponts thermiques en vue d'augmenter les températures de leur face interne. L'efficacité de ces isolants dépend de la manière dont ils sont appliqués. La figure 3a montre des ponts thermiques semblables à ceux de la figure 2. L'isolant y couvre juste la face interne des éléments sur une épaisseur suffisante pour y donner la même valeur calculée de  $U$  que celle du reste du mur. Dans un cas semblable,  $TD_c = 0$ ; les mesures montrent cependant que  $TD_m = 8$  pour le pont étroit et 13 pour le pont large. Si l'isolant est placé d'une manière analogue sur les faces externes des éléments (figure 3b),  $TD_m = 14$  dans les deux cas. Placé de cette manière, l'isolant n'est pas très efficace pour augmenter les températures minimales des surfaces, bien que les répartitions des températures en surface soient modifiées.



TEMPÉRATURE EXTÉRIEURE (EN HAUT) =  $-30^{\circ}\text{F}$   
 TEMPÉRATURE INTÉRIEURE (AU BAS) =  $70^{\circ}\text{F}$

*Figure 3. Traits caractéristiques des températures de surface des ponts thermiques.*

Si l'isolant est placé à l'intérieur, les éléments de construction sont plus froids qu'en l'absence d'isolants. Il y a, vers l'intérieur, en provenance du mur adjacent, un plus grand écoulement latéral de chaleur vers l'élément. Les températures minimales de surface se présentent ainsi sur le mur adjacent à l'élément, et la température de l'élément est augmentée. Si l'isolant est à l'extérieur, l'écoulement latéral de chaleur, allant de l'élément vers le mur adjacent, dans sa partie externe, annule en grande partie l'efficacité de l'isolant.

Si l'isolant s'étend des deux côtés des éléments sur une largeur égale à ceux-ci (figures 3c et 3d), les températures de surface sont augmentées d'une manière appréciable, en particulier dans le cas d'isolation intérieure. La valeur négative de  $TD_m$  indique que la face interne du pont est plus chaude que la surface du mur. Si l'on voulait annuler  $TD_m$  en utilisant un isolant extérieur, il faudrait que cet isolant dépasse les éléments sur une largeur considérable. On remarquera que, lorsque les éléments sont isolés, les températures réelles des faces internes peuvent être plus basses que celles résultant des calculs basés sur un écoulement de chaleur à une dimension ( $TD_m$  est plus grand que  $TD_c$ ). Ceci contraste avec les résultats indiqués dans la figure 2 pour les ponts thermiques.

Dans le cas de ponts thermiques partiels en maçonnerie, si les éléments de construction ne traversent pas complètement le mur, les matériaux du mur, entre l'élément et la Surface du mur, agissent en partie comme un isolant. Si l'élément est placé vers l'extérieur (figure 3e), l'écoulement latéral de chaleur dans les matériaux du mur, sur le côté chaud, élève la température de la face du pont, et  $TD_m$  est inférieur à  $TD_c$ . Par contre, si l'élément de construction est placé vers l'intérieur (figure 3f), la face du pont est plus froide, et  $TD_m$  est supérieur à  $TD_c$ , comme cela se produit avec l'isolation extérieure.

On voit maintenant clairement qu'un moyen d'augmenter les températures de la face d'un pont thermique consiste à provoquer un écoulement latéral de chaleur, sur le côté chaud du mur, vers la zone du pont. Les ponts thermiques de la figure 3g sont semblables à ceux de la figure 2, à cela près que le revêtement de plâtre a été remplacé par deux Pouces de béton lourd.  $TD_m$  est moindre, bien que  $TD_c$  soit plus grand.

Les figures 3h et 3i donnent un nouvel exemple de l'effet produit par un écoulement latéral de chaleur sur la distribution des températures de surface. Elles représentent un panneau qui consiste en deux dalles de béton ( $k = 12$ ) entre lesquelles se trouve un isolant en mousse de polystyrène ( $k = 0.24$ ). Deux largeurs de joint  $y$  sont illustrées. La valeur de  $TD_c$  pour le panneau  $y$  est élevée, car la valeur de  $U$ , pour la section à hauteur du joint, est beaucoup plus élevée qu'à l'emplacement de l'isolant. Si, cependant, le joint est étroit, les variations réelles de température de surface sont grandement réduites par l'écoulement latéral de chaleur allant de la dalle lourde vers le joint, sur le côté chaud de l'isolant (figure 3h). Cet écoulement latéral de chaleur ne pénètre pas assez loin dans le joint le plus large pour modifier d'une manière appréciable les températures centrales. Si on inverse les dalles de manière que la dalle étroite soit à l'intérieur (figure 3i), l'écoulement latéral de chaleur dans la dalle intérieure est grandement réduit. Dans la dalle extérieure, il est augmenté en conséquence. Il en résulte un abaissement des températures de surface au niveau des joints.

Les âmes des blocs de béton creux et isolés, les entretoises dans les murs creux en briques ou les murs-rideaux métalliques, constituent des ponts thermiques semblables aux joints dans les panneaux isolés en béton. Dans la plupart des cas, les températures au contact des ponts de ce genre sont beaucoup plus élevées, que ne le prédit la simple théorie en raison de l'écoulement latéral de chaleur dans l'intérieur de la dalle ou à sa surface.

Des fuites thermiques se présentent souvent aux intersections mur-plancher ou mur-cloison. La figure 4a représente une dalle de béton lourd pénétrant dans un mur extérieur en maçonnerie légère. Les propriétés thermiques des matériaux sont les mêmes que dans la figure 2. On remarquera la similitude avec le pont thermique partiel de la figure 3f, à cela près que le pont dépasse à l'intérieur du bâtiment. La température de surface dit mur décroît vers l'angle

de la dalle, ce qui donne pour  $TD_m$  une valeur de 9, à comparer avec 13 pour le pont partiel. Si la dalle forjette à l'extérieur du mur, la valeur de  $TD_c$  est 11.

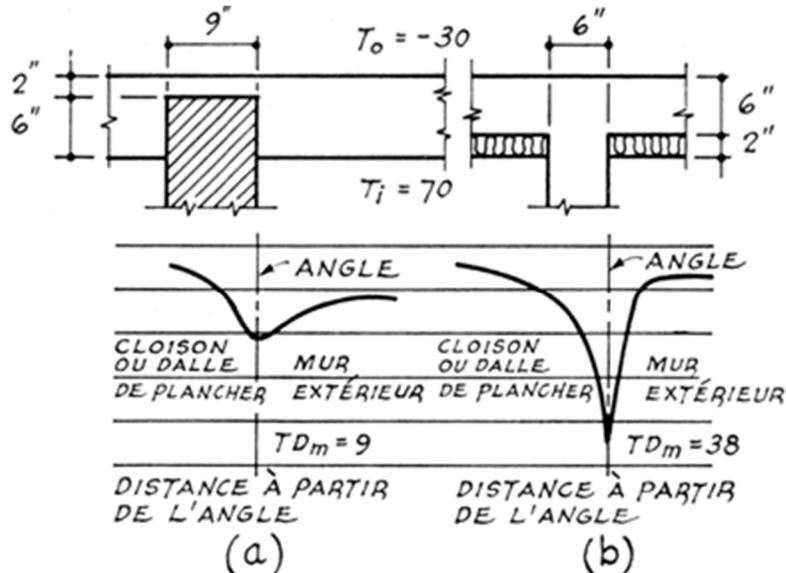


Figure 4. Températures de surface aux planchers et cloisons.

La répartition des températures dans le mur, à l'intersection des murs extérieurs et des cloisons, sera modifiée même si la cloison ne pénètre pas dans le mur. Ceci provient, en partie, d'une diminution de la convection de l'air dans les angles, ce qui a pour effet d'abaisser à cet endroit la température de surface. Cela provient aussi de l'influence de la cloison sur l'écoulement de chaleur vers la partie du mur que touche cette cloison. Si la conductibilité de la cloison est basse (maçonnerie légère), le transport de chaleur vers le mur sera réduit. Ceci, combiné avec la faible convection de l'air, provoquera un notable abaissement des températures de surface du mur à l'angle de la cloison.

Dans la figure 4b, une dalle de béton lourd ( $k = 9$ ) forme un pont à travers l'isolant ( $k = 0.22$ ) appliqué sur la surface intérieure du mur. La température à l'angle est fortement réduite par rapport au reste du mur extérieur, et  $TD_m$  est très grand. Cette situation empêche de maintenir, dans de nombreux bâtiments modernes à maçonnerie isolée, le niveau d'humidité relative qui, autrement, serait réalisable. La difficulté est encore aggravée si on laisse la dalle de plancher ou la cloison forjeter à l'extérieur pour former, par exemple, une dalle de balcon. Cette saillie forme une "ailette" qui augmente la perte de chaleur en provenance du mur, et abaisse d'une manière correspondante la température de surface intérieure. On peut vaincre la difficulté en isolant les deux faces intérieures de la dalle sur une distance suffisante à partir du mur, bien que ce ne soit pas toujours pratique, ni parfois même possible.

## Conclusion

L'application d'un isolant sur tout l'extérieur d'un mur fournit une solution idéale aux difficultés créées par les ponts thermiques. Bien qu'un revêtement léger soit nécessaire pour protéger le mur, le nombre et la dimension des attaches de supports qui traversent l'isolant sont petits. Ces attaches seront fixées à de grands éléments de construction à haute conductibilité, situés à l'intérieur par rapport à l'isolant; il ne devrait ainsi se produire aucun effet notable sur les températures de surface intérieure.

On ne saurait trop insister sur le fait qu'il est possible d'éviter un grand nombre des ponts thermiques qu'on trouve dans les constructions actuelles, ou de minimiser leurs effets, si on remarque leur existence dès les premiers stades de conception de la construction. Des calculs simples d'écoulement de chaleur à une dimension aideront beaucoup à identifier les difficultés que pourraient créer les ponts thermiques. Mais les températures calculées de cette manière peuvent s'écarter fortement de la réalité. On peut améliorer la façon d'employer les valeurs

calculées en les comparant à des relevés antérieurs de température, s'il en existe. Les chiffres utilisés dans ce Digeste ont été extraits de sources françaises et norvégiennes. Il existe des méthodes de calcul plus précises, mais elles sont ordinairement inapplicables en pratique, sauf dans le cas de formes extrêmement simples. Lorsque des profils compliqués exigent des données précises de température, on devra entreprendre les essais thermiques appropriés.