

## NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

### Application des notions fondamentales pour la conception des toitures Handegord, G. O.; Baker, M. C.

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/10.4224/40001107>

*Digeste de la construction au Canada; no. CBD-99F, 1971-11*

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

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=ac261e7b-c25a-4895-9321-17f64e0922ae>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=ac261e7b-c25a-4895-9321-17f64e0922ae>

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 99F**

# **Application des notions fondamentales pour la conception des toitures**

*Publié à l'origine en novembre 1971*

*G.O. Handegord et M.C. Baker*

### **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 notions fondamentales pour la conception des toitures ont été exposées dans le digeste 67F. D'autres digestes ont étudié en détail divers problèmes comme la résistance au soulèvement dû à l'action du vent, la conception des solins, les charges et les fléchissements de la charpente et l'hygrothermique, bref, tous les facteurs particuliers qu'on doit identifier et en évaluer l'influence relative dans l'élaboration d'une toiture qui donnera les meilleurs résultats. Le présent Digeste tente d'analyser les toitures multicouches classiques, et d'apporter certaines suggestions aptes à en améliorer le rendement.

La toiture illustrée à la Figure 1 représente la disposition la plus courante, qui consiste en une dalle de béton armé sur laquelle on applique un vaporifuge, un isolant rigide et un système multicouche, du bitume et du gravier. On considère que ce toit est plat, et très souvent on place des drains à l'emplacement des poteaux pour simplifier la pose de la tuyauterie et faciliter le camouflage des conduites pluviales à l'intérieur du bâtiment. Les gradients de température calculés représentant les conditions extrêmes rencontrées en hiver et en été sont superposés sur la section du toit. L'hiver, on suppose que la température est de 73°F et que la température extérieure est de -27°F, avec un ciel clair la nuit. L'été, on suppose qu'il fait 75°F à l'intérieur et 90°F à l'extérieur, en plein soleil et que le coefficient d'absorption solaire est de 0.75.

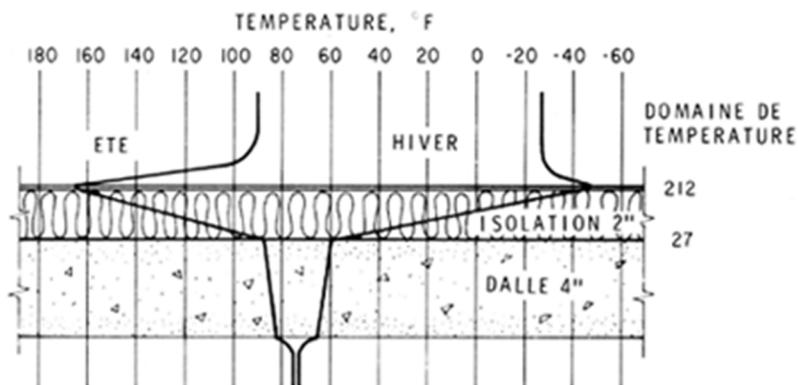


Figure 1. Toiture de béton avec isolation thermique

La mise en place d'un isolant du côté extérieur de la dalle confère à celle-ci une température relativement constante durant toute l'année. Dans les conditions prévues, la variation de température n'est que de 27°F. Ce sont les conditions les plus favorables en ce qui concerne la dalle, étant donné qu'on élimine les problèmes occasionnés par la dilatation et le retrait de la dalle en rapport avec les autres éléments de la charpente. Toutefois, si l'on considère la succession des étés et des hivers, la toiture est exposée à des variations rigoureuses de température, variation qui s'accroît à mesure qu'augmente l'efficacité thermique de l'isolation. En supposant les conditions illustrées à la Figure 1, le degré de température au niveau de la toiture multicouche est de 212°F. Tout en améliorant l'environnement thermique de la dalle de la charpente, un tel arrangement augmenterait les mouvements différentiels thermiques entre le système multicouche et la dalle. On présume que ce facteur contribue à la fissuration du système multicouche.

Le coefficient de retrait thermique des membranes bitumineuses est élevé et augmente à mesure qu'il y a une baisse de température (**CBD 74**). Si la membrane garde les mêmes dimensions que la dalle, elle subira une déformation causée par la chaleur, et l'importance de cette déformation dépendra de son retrait possible par rapport à la dalle. Si l'on considère les propriétés des nouvelles toitures multicouches soumises aux essais de laboratoire, la déformation uniforme calculée dans des conditions rigoureuses de basses températures est inférieure à la déformation à la rupture requise. Cependant le facteur de sécurité peut être faible, et il est possible que des faiblesses localisées dans la membrane ou des augmentations localisées de déformation se produisent à des endroits tels que les joints isolants.

On pourrait résoudre ce problème en utilisant des couvertures qui ont une plus grande flexibilité et une déformation plus élevée à la rupture, à basse température. Étant donné que la fissuration semble résulter de la concentration du mouvement, des joints de dilatation peuvent être employés là où l'on sait qu'il y a déplacement dans la dalle ou le matériau isolant. Lorsqu'on ne peut prévoir ces endroits ou qu'ils sont trop nombreux pour qu'on utilise les joints de dilatation, on peut penser à fixer la membrane ici et là. Qu'on utilise la méthode discontinue ou celle du galon sur joints ou tout autre système patenté, c'est un moyen de réduire la déformation de la toiture, causée par un mouvement localisé dans le support.

Les hautes températures extrêmes auxquelles les multicouches sont exposées dans ce cas sont aussi indésirables, parce qu'elles peuvent contribuer à la détérioration de la toiture en accélérant l'oxydation, le pressurage ou le fluage du bitume. Ainsi, on peut dire que la toiture ne se trouve pas dans le milieu thermique le plus souhaitable pour lui permettre de remplir sa fonction dans l'ensemble du système.

Le système illustré à la Figure 1 comporte également des inconvénients du point de vue humidité. La déflexion élastique normale de la dalle de la charpente, qui s'ajoute à la déflexion due au fluage, a tendance à former des dépressions entre les supports de charpente qui laissent l'eau s'accumuler. Ce résultat, en lui-même, peut accélérer la détérioration de la toiture, et s'il se produit une rupture due à la détérioration ou à la fissuration, ou aux

dommages mécaniques, 1<sup>er</sup> "étang" ainsi formé constitue un réservoir qui augmente la quantité d'eau s'infiltrant dans le système. De plus, le vaporifuge, s'il est efficace, retiendra l'eau (résultant de la rupture) à l'intérieur du système, ce qui contribuera à détériorer davantage la toiture en favorisant la formation de plissements et de cloques, tout en réduisant l'efficacité de l'isolation.

Le vaporifuge, en fait, peut servir de deuxième toit plat, pour ce qui est de l'eau qui cherche à s'infiltrer à l'intérieur du bâtiment, et s'il est efficace, comme tel, les occupants peuvent tout à fait ignorer l'existence d'un problème dans la toiture. D'un autre côté, s'il n'est pas complet, il peut laisser s'infiltrer l'eau partout où il y a des ouvertures dans le vaporifuge ou la dalle, et cet endroit peut présenter très peu de relation avec l'endroit de rupture de la toiture.

En inclinant la toiture vers les drains, on contribue grandement à réduire la quantité d'eau qui s'infiltré à travers le système par les fissures de la membrane, et on doit reconnaître que la pente est une caractéristique pratique des plus souhaitables dans les toits. La réaction d'un système assurant le drainage par inclinaison de la dalle donne l'occasion de se servir du vaporifuge comme moyen d'éliminer l'eau qui réussit encore à s'infiltrer. En effet, le vaporifuge pourrait même être considéré comme la toiture multicouche primaire. Un des avantages évidents est le milieu thermique favorable.

La Figure 2 représente le même système de base que la Figure 1, sauf que la pente mène à un drain double. Les gradients de température à travers le système restent les mêmes, et l'on notera que la toiture multicouche inférieure subit les mêmes variations modérées de température que la dalle. Le mouvement différentiel entre la dalle et la toiture dû à la température est ainsi minime et la membrane demeure à une température qui est bien au-dessus de son point de fragilité. Des déformations localisées peuvent encore se produire à cause des fissures de retrait ou du déplacement de la dalle, mais la propagation de ces déformations à la toiture peut être réduite au minimum grâce au collage discontinu des deux en considérant bien l'adhérence requise pour résister au soulèvement dû à l'action du vent. A cet endroit, la toiture est aussi protégée contre la détérioration due aux autres facteurs climatiques comme l'action du rayonnement solaire et la circulation.

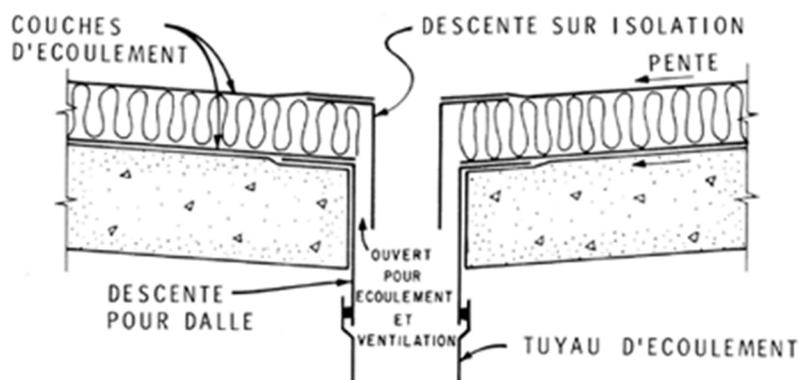


Figure 2. Toiture à double descente

Le drain inférieur, réduit à sa plus simple expression, pourrait se composer d'une section de tôle bridée reliée à la descente pluviale et bien scellée à la toiture au niveau de la dalle. Une pièce en métal coulée avec un serre-joint pour retenir le drain rigidement à la dalle et un joint à coulisse seront nécessaires dans les systèmes plus compliqués. Le drain supérieur pourrait fondamentalement être aussi une simple section bridée, de diamètre plus petit, bien scellée à la toiture supérieure. La dimension du drain supérieur devant absorber l'écoulement prévu sera le facteur déterminant qui donnera la dimension du drain inférieur et de la descente pluviale. Le drain supérieur devra probablement être rattaché au drain inférieur à plusieurs endroits autour du pourtour et pourra nécessiter un garde-gravier et un égouttoir, selon le type de toiture. La séparation des drains supérieur et inférieur pourrait aider à prévenir la condensation sur les tuyaux de drainage à l'intérieur du bâtiment au cours de l'hiver. Ce qui est encore plus

important, c'est que le drain double permettra la ventilation sous pression de l'isolation vers l'extérieur, tout en éliminant la possibilité de rupture du vaporifuge qui se produit habituellement à cet endroit avec un drain classique.

Comme système de ventilation sous pression, le drain double sera aussi efficace que les tuyaux d'évent en saillie généralement recommandés par certaines autorités. Comme les événements et les drains sont combinés, le nombre de pénétrations dans le toit se trouve réduit, de sorte qu'il y a moins de chance que la toiture coule, en raison d'un ouvrage de mauvaise qualité. Et il ne faut pas oublier que les tuyaux d'évent en saillie s'endommagent aussi très facilement. On peut s'attendre à ce que la ventilation sous l'isolation soit plus efficace que la ventilation par le haut pour laisser s'échapper la vapeur due à l'humidité. Presque toute la ventilation de vapeur d'humidité se fera probablement pendant l'été sous l'influence de la chaleur du soleil, chaleur qui favorise le déplacement de l'humidité vers la couche inférieure. Bien que le type d'isolation utilisé puisse diminuer le taux d'écoulement latéral de la vapeur et de l'eau dans l'isolation, les joints isolants procurent une certaine voie d'écoulement. La création de canaux latéraux à travers le collage discontinu du matériau isolant ou de rainures et de moulures chanfreinées à la face inférieure de l'isolant peut faciliter l'écoulement latéral de l'eau ou de la vapeur.

Si l'on considère le vaporifuge comme partie de la toiture multicouche, il faut le traiter comme il se doit, et cela à toutes les pénétrations et interruptions au niveau du toit. Il importe de faire très attention au détail, dans la conception et l'application: les solins appropriés à chaque pénétration de la dalle; et, aux grandes ouvertures - constructions hors-toit ou projections semblables au-dessus du toit - la construction, en certains cas, de sabots sur le côté de la pente en amont assure que l'eau dans le système n'est pas emprisonnée contre un mur vertical. Il se peut que, dans plusieurs constructions de toiture, la couche inférieure serve de toit temporaire pendant les travaux et que l'isolation et la pose de la toiture supérieure soient remises jusqu'à ce que la construction du bâtiment soit presque terminée. La toiture initiale aura l'avantage d'être posée sur un support moins compressible pendant la période où la circulation sur le toit est très intense, et tout dommage sera plus facilement remarqué et réparé avant l'application de l'isolant. On pourra faire une dernière inspection, lorsque tout danger de dommage subséquent sera écarté. Cette période donnera aussi l'occasion de faire des essais in situ sur l'application.

Afin de réduire la possibilité de plissements causés par l'absorption d'humidité des papiers-feutres hygroscopiques utilisés dans la construction de ce toit temporaire, l'emploi de feutres surfacés serait souhaitable. La surface enduite convient bien comme surface supérieure temporaire, et élimine l'application de bitume jusqu'à ce que l'isolant soit posé. Comme on sait qu'une certaine quantité d'humidité peut être emprisonnée pendant la construction ou qu'elle peut se faire un chemin à travers l'isolant, il serait souhaitable de protéger la face inférieure de la toiture supérieure contre la pénétration de l'humidité, si l'on doit la fabriquer à partir de feutres organiques. Un feutre surfacé comme première couche ou des joints isolants fixés seraient à conseiller pour aider à prévenir le plissement de la toiture.

Si l'on prend la toiture inférieure comme surface de drainage primaire, c'est que la toiture supérieure ne sert que de couche protectrice pour l'isolation en certaines circonstances. En effet, l'élimination de la couche supérieure est concevable si l'isolant employé n'est pas affecté par l'humidité. L'isolant doit être durable ou convenablement protégé, et il est nécessaire de prendre certains moyens appropriés pour l'accrocher à la surface de la dalle. Dans le cas des toitures-terrasses (**CBD 75**), ce système se révèle très prometteur avec des pavés ou des dalles qui procurent le poids nécessaire à protéger le système contre l'action du vent.

## **Conclusions**

Si l'on évalue le système de toiture décrit dans le présent Digeste, on constate qu'il s'éloigne des lignes traditionnelles de la conception des toitures, mais en fait il y a très peu de modifications quant aux matériaux ou leur disposition. Ceci illustre l'application des principes basés sur des études d'humidité et de chaleur qu'on peut résumer ainsi:

1. Une toiture isolée doit être conçue de façon à empêcher l'infiltration de l'eau à travers le système, tant de l'intérieur que de l'extérieur, ou à éliminer l'humidité qui se forme pendant et après la construction.
2. La première couche doit être conçue de façon à résister aux mouvements différentiels causés par son milieu, ou elle doit être placée dans un milieu ou de façon à réduire les contraintes qu'elle subira.

On peut atteindre ce but:

1. en inclinant la couche en direction des drains;
2. en protégeant la membrane sensible à l'humidité contre l'infiltration de l'eau ou de la vapeur d'eau;
3. en permettant aux espaces de relâcher leur pression à l'intérieur de l'assemblage;
4. en collant les couches ici et là au support;
5. en plaçant la couche primaire sous l'isolation.