

NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

Glissement de la neige sur les toits en pente Taylor, D. A.

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/10.4224/40002054>

Digeste de la construction au Canada; no. CBD-228F, 1984-11-01

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

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=06c30934-1e39-4739-ada6-79dd93385614>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=06c30934-1e39-4739-ada6-79dd93385614>

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-228-F

Glissement de la neige sur les toits en pente

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.

Publié à l'origine en mai 1984.

D.A. Taylor

Introduction

De nombreux bâtiments ont des toits en pente. Depuis quelques années, les toitures inclinées en verre et en métal sont devenues courantes pour les grands bâtiments urbains. Le calcul de ces toitures, même pour une inclinaison aussi faible que 10° , requiert une double attention: les toitures doivent pouvoir supporter les surcharges de neige importantes^{1,2,3} et tenir compte du risque que la neige glisse et se détache du toit, créant des conditions dangereuses pour les passants, les véhicules, d'autres toits ainsi que pour les installations mécaniques et électriques.

Mécanique du glissement

La figure 1 illustre les forces en présence lorsque de la neige s'accumule sur un toit en pente. La masse de la neige, A , tend à glisser le long de la pente θ et se déplace sous l'action de la composante Q de son propre poids, W , parallèle à la surface du toit ($Q = W \sin \theta$). Elle est toutefois retenue par le frottement et la cohésion à la surface de glissement. Les forces de cohésion et de frottement sont très variables, même d'un jour à l'autre, et sont fonction du climat, de la température, des pertes de chaleur du bâtiment et de la rugosité de la surface du toit. De plus, la masse de neige A est retenue par les forces de tension et de compression T et C . T provient de la neige gelée adhérent au toit ou accrochée au faîte et C , de la neige gelée adhérent au débord de toit.

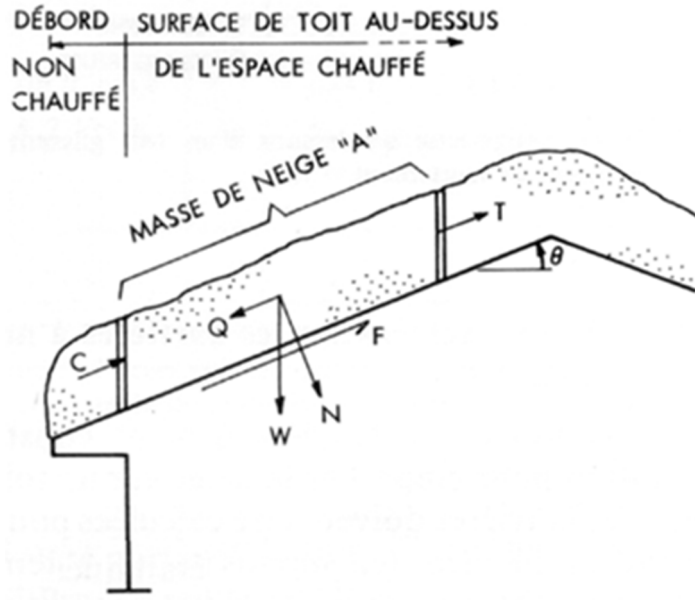


Figure 1. Forces s'exerçant sur la masse de neige "A" sur un toit en pente (C - compression; T - tension; W - poids; N - force normale; Q - force de glissement = $W \sin \theta$; F - force de frottement)

Normalement, il y a glissement lorsque les pertes de chaleur par le toit élèvent au-dessus de 0°C la température dans la couche de neige isolante et la fait fondre, lubrifiant la surface du toit et supprimant les forces de cohésion et de frottement. Le glissement se produit également lorsque le rayonnement solaire qui traverse une fine couche de neige fait fondre cette dernière à la surface du toit. La neige peut aussi glisser si elle s'accumule sur une mince couche de givre (comme dans les montagnes de l'Ouest du Canada) ou si elle recouvre une couche de glace lubrifiée par une pluie qui la traverse. À la suite de ce phénomène, une fissure se forme habituellement près du faîte et réduit la force de tension à zéro. Le glissement se produit lorsque la résistance à la compression qui s'exerce au débord de toit ne peut s'opposer à la masse de neige non retenue.

La température de la surface d'un toit non isolé est proche de celle de l'air avec lequel cette surface est en contact. Toutefois, à de basses températures de l'air, il ne suffit que d'une mince épaisseur de neige pour assurer l'isolation nécessaire et faire fondre la neige à la surface du toit. Par exemple, pour un toit de verre constitué d'un double vitrage avec une lame d'air intercalaire de 12 mm ($RSI = 0,3$ ou $R = 1,69$),⁴ il suffit de moins de 2 cm de neige pour porter à 0°C la température de l'interface toit-neige lorsque la température est de 20°C à l'intérieur et de -5°C à l'extérieur. Pour une couverture en métal dont la sous-face possède une isolation $RSI = 1,76$ ($R = 10$), il faut environ 10 cm de neige. Si la température extérieure tombe à -10°C, l'épaisseur de neige correspondante est d'environ 10 cm sur le verre et d'environ 20 cm sur le métal. Dans tous ces exemples, une couche de neige isolante plus épaisse entraînerait une fonte importante à la surface du toit⁵ et, par conséquent, une couche de neige fondante suffisamment épaisse pour permettre à la neige de glisser par dessus les petits obstacles comme les profilés de 10 à 15 mm de hauteur qui forment l'encadrement des vitrages. Pour ces calculs, la valeur d'isolation présumée pour la neige était de $RSI = 4,58/m$ ($R = 0,66/po$).⁶,

Obstacles s'opposant au glissement

Bien que le glissement puisse se produire facilement sur des toits simples, il peut être empêché ou freiné par des événements, des cheminées, des lucarnes, des gouttières, des barrières à neige, des murs en surélévation et des noues (y compris les noues des bâtiments en L). Avec des chutes de neige abondantes et des températures proches de 0°C ou supérieures à 0°C, lorsqu'il pleut ou que les pertes de chaleur par le toit sont importantes, le glissement peut endommager ou arracher les cheminées ou les éléments en saillie (figure 2). De tels éléments

devraient être en haut de la pente ou se prolonger jusqu'en haut pour empêcher que la neige s'accumule derrière eux. Il devrait y avoir également suffisamment d'espace au dessous du débord de toit pour permettre à toute la neige de tomber, sinon elle peut s'accumuler sur le sol jusqu'au toit et empêcher ensuite tout glissement de se produire.



Figure 2. Au premier plan, sur le sol, cheminée arrachée d'un toit métallique en pente sous l'action d'une forte surcharge de neige. Remarquez la neige retenue par ce qui reste de la cheminée. Mt. Washington(C.-B.) (photo - D. Cronmiller, Comox, C.-B.)

Zone dangereuse au-dessous des toits en pente

Il faut éviter le stationnement des véhicules et la circulation des piétons au-dessous des toits en pente, en plaçant par exemple des barrières autour de la zone dangereuse. Si la neige glisse, elle peut tomber loin du débord de toit, à une distance qui ne peut être évaluée qu'approximativement en calculant la trajectoire de la masse de neige qui tombe (figure 3). Par exemple, une masse de neige partant du faite de la structure illustrée à la figure 3 et qui glisse selon un frottement égal à zéro tombera sur le sol à environ 5 m du débord de toit. Etant donné qu'il s'exerce toujours un certain frottement en fonction de la rugosité du toit, de la température, et parfois de la pluie, il s'agit d'une limite extrême. À cause du frottement, l'accélération décroît de $g(\sin\theta)$ à $g(\sin\theta - \mu\cos\theta)$, alors que θ est la pente, μ le coefficient de frottement du glissement, et g l'accélération de la pesanteur. Si la couverture du toit est en acier ou en aluminium peint ($\mu \approx 0,05$), la trajectoire ne sera que légèrement modifiée, et si elle est en verre ($\mu \approx 0,02$) elle le sera encore moins.⁷ À moins que la surface ne soit très rugueuse, il est donc plus prudent de retenir zéro comme valeur du frottement.

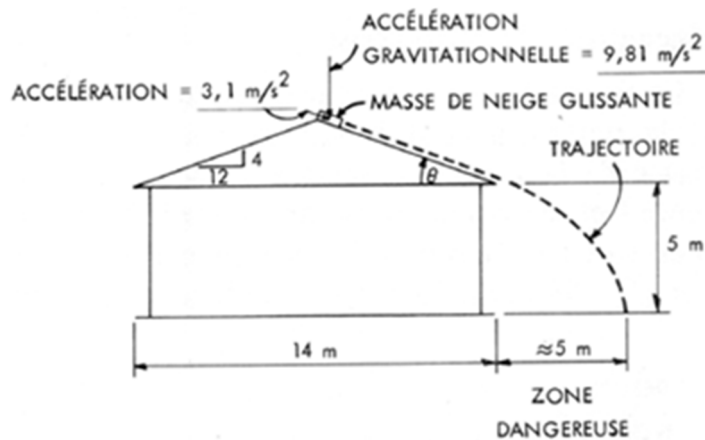


Figure 3. Zone dangereuse au-dessous d'un toit glissant (coefficient de frottement ≈ 0)

Forces latérales exercées sur les barrières à neige et autres obstacles

L'installation d'une barrière à neige constitue une solution pour empêcher la neige sur un toit de glisser. Ces barrières doivent être calculées pour les forces de cisaillement (en supposant le frottement égal à zéro) entre la neige et la surface du toit, notamment sur les couvertures métalliques ou en verre. Les forces exercées par la neige qui est sur le point de glisser sont considérables. Par exemple, la force exercée sur une barrière à neige au bord inférieur d'un toit de 6 m de longueur dont la pente est de 18° (4 pour 12) et qui est recouvert d'une couche uniforme de neige de 60 cm peut atteindre 2,7 kN par mètre de longueur de barrière (185 lb/pi) pour une masse volumique de la neige de $2,35 \text{ kN/M}^3$ ou 15 lb/pi^3 (figure 4).

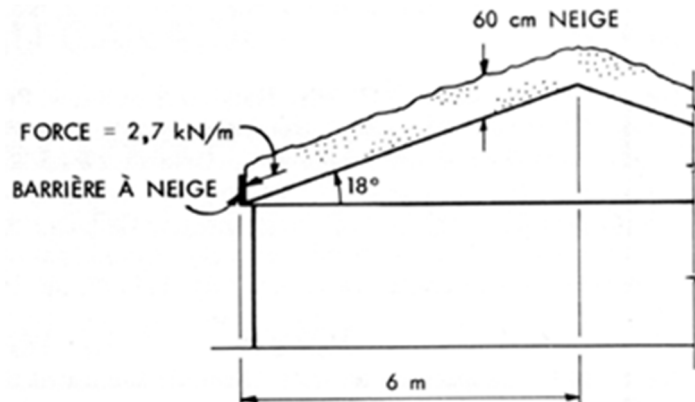


Figure 4. Forces s'exerçant sur une barrière à neige au débord d'un toit métallique incliné à 18° (masse volumique de la neige = $2,35 \text{ kN/m}^3$)

Examinons l'exemple d'un toit métallique de 6 m de longueur dont la pente est de 45° et qui comporte un mur en surélévation (figure 5). Cet exemple illustre les forces de réaction sur le plat du toit qui doivent être prises en compte, à savoir, une importante charge verticale supportée par le platelage de toit et une importante charge horizontale supportée par le frottement et, si la résistance au frottement est insuffisante, par le mur en surélévation.

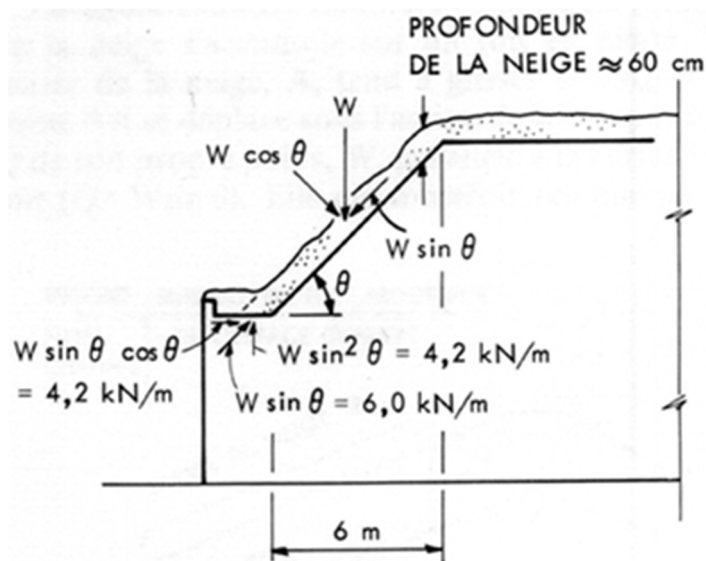


Figure 5. Forces exercées par la neige sur la surface plate d'un toit métallique incliné à 45° (masse volumique de la neige = $2,35 \text{ kN/m}^3$)

Lors de l'installation d'une barrière à neige destinée à prévenir le glissement, on doit vérifier la capacité portante du toit et la résistance limite de la barrière. La réduction de la charge de calcul sur une pente autorisée par la plupart des codes du bâtiment peut être justifiée en partie par l'enlèvement de la neige par glissement et en partie par d'autres facteurs comme un bon écoulement, l'angle naturel de repos de la neige et l'énergie cinétique des cristaux de neige qui empêche leur immobilisation sur la pente. Si une réduction est autorisée parce que le toit est lisse, ou tiède et lisse, cette réduction ne doit pas être utilisée pour la vérification de la capacité portante d'un toit avec barrière à neige. Le Commentaire sur les surcharges dues à la neige du Supplément du Code national du bâtiment (CNB) 1980⁸ n'autorise aucune réduction pour la texture de la surface ou les pertes de chaleur, et peut donc être utilisé pour la vérification du calcul. Comme les dispositions du CNB résultent en grande partie de l'observation des toits de bardeaux d'asphalte, ou du moins s'appliquent plus particulièrement à ce type de toit, il serait avisé d'utiliser une équation de réduction de la pente encore plus prudente que celle du CNB lorsqu'on prévoit installer des dispositifs pour retenir la neige.

De plus, pour éviter d'augmenter l'accumulation de la neige, la hauteur d'une barrière devrait être inférieure à l'épaisseur de neige correspondant à la charge de calcul. Il s'agit toutefois de déterminer de combien elle devrait être inférieure. Dans les montagnes de l'Ouest du Canada où les conditions sont telles que le givre s'accumule rapidement, la couche supérieure (30 cm) de neige qui recouvre une fine couche de givre au-dessus du sommet des barrières peut provoquer une "avalanche", semblable à celles qui se produisent sur les versants de montagne. Toutefois, dans la plupart des autres régions, la barrière pourrait probablement être inférieure d'environ 30 cm à l'épaisseur de calcul. Il faudrait également prévoir suffisamment d'espace au-dessous de la barrière à neige (25 à 50 mm) pour permettre l'écoulement de l'eau de fonte et des pluies d'hiver.

Problèmes dus à la glace et à l'eau de fonte provenant de la neige retenue

Les pertes de chaleur par le toit et le soleil de fin d'après-midi font fondre la neige accumulée sur une pente, entraînant la formation de chandelles et de digues de glace.⁹ Lorsque la pente d'un toit surplombe un trottoir ou l'entrée d'un bâtiment, les gouttes d'eau qui tombent peuvent produire une accumulation de glace et constituer un danger pour les piétons.

Conclusion

Pour bien calculer les surcharges dues à la neige, le concepteur d'un toit en pente doit tenir compte de deux impératifs: 1) le toit doit pouvoir supporter la surcharge prévue, et 2) des

mesures doivent être prises pour empêcher la neige de glisser et de constituer un danger pour les personnes ou les biens qui se trouvent au-dessous, ou encore, il faut interdire l'accès aux endroits dangereux et prévoir une signalisation appropriée pendant la saison d'enneigement.

Références bibliographiques

1. Taylor, D.A., A Survey of Snowloads on the Roofs of Arena Type Buildings in Canada. Canadian Journal of Civil Engineering, 1979, Vol. 6, No. 1, pp. 85-96.
2. Taylor, D.A., Roof Snow Loads in Canada. Canadian Journal of Civil Engineering, 1980, Vol. 7, No. 1, pp. 1-18.
3. Taylor, D.A., Snow Loads for the Design of Cylindrical Curved Roofs in Canada: 1953-1980. Canadian Journal of Civil Engineering, 1981, Vol. 8, No. 1, pp. 63-76.
4. Fundamentals Volume, Design Heat Transmission Coefficients. American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers Handbook, 1981, Chapter 23, Atlanta, Georgia.
5. Turenne, R.G., L'effet de l'augmentation d'isolant thermique sur les membranes de couverture bitumineuses exposées.

Note d'information sur la construction n° 4, Division des recherches en bâtiment, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa, 1977, 5 p.

6. Williams, G.P. and Gold, L.W., Snow Density and Climate. Transactions Eng. Institute of Canada, 1958, Vol. 2, No. 2, pp. 91-94.
7. Gray, D.M. and Male, D.H., eds., Handbook of Snow: Principles, Resources, Processes, Management and Use. Pergamon Press Canada Ltd., Willowdale, Ontario, 1981, 776 p.
8. Supplément du Code national du bâtiment du Canada, 1980; Commentaire H. Surcharges dues à la neige. Conseil national de recherches du Canada, Ottawa, CNRC 17724F, pp. 198-211.
9. Baker, M.C., La glace sur les toits, **Digest de la construction au Canada n° 89**. Division des recherches en bâtiment, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa, 1967, 4 p.