



## Ventilation

De nombreux petits bâtiments et habitations sont construits avec un vide sous toit entre le plafond de l'étage supérieur et le platelage de la couverture. Quand un espace de ce genre existe au-dessus d'un intérieur occupé, il faut prendre des mesures pour le ventiler suffisamment. Une ventilation adéquate peut réduire le risque de formation d'une condensation dommageable et la formation de digues de glace pendant la saison froide, et d'une accumulation excessive de chaleur pendant les mois d'été. Le présent bulletin passe en revue les exigences en matière de ventilation des espaces sous les toits et les moyens de le faire.

### La condensation

Autrefois, la plupart des habitations et des bâtiments n'étaient pas construits de façon à économiser l'énergie. Il était rare d'installer des contre-portes et contre-fenêtres, et la plupart du temps elles laissaient échapper de l'air et de la chaleur. Dans ces conditions, l'humidité se trouvant à l'intérieur était également transportée vers l'extérieur avec les fuites d'air et à travers les fissures et les ouvertures. Parfois, le propriétaire d'une maison à charpente en bois pouvait avoir observé que la peinture se décollait du bardage en plaques, mais la plupart du temps, sauf s'il était difficile de conserver la chaleur à l'intérieur et d'éviter les courants d'air, on observait peu de problèmes.

La crise du pétrole du début des années 1970 a fait naître le besoin d'économiser les carburants et d'améliorer l'efficacité thermique des bâtiments. Pour économiser l'énergie, on a travaillé à réduire les fuites d'air dans l'enveloppe du bâtiment et augmenter la quantité d'isolant dans les murs et les toits. Il en est résulté une humidité plus élevée à l'intérieur et des températures plus faibles dans les vides sous toits. Ces deux conséquences, à leur tour, ont fait augmenter la possibilité de condensation dans les vides sous toits par temps froid. Pour réduire cette condensation, il faut bien ventiler ces espaces et s'assurer que les plafonds soient suffisamment étanches à l'air.

La condensation, si elle n'est pas contrôlée, peut avoir de graves conséquences. Elle peut provoquer la détérioration prématurée des matériaux de la couverture, la dégradation ou la corrosion des éléments de charpente, une perte de la valeur d'isolation thermique de l'isolant et des dommages aux finis intérieurs. Les vides sous toits humides peuvent constituer un milieu favorable à la croissance de moisissure et de champignons susceptibles d'être dangereux pour la santé des occupants.

L'humidité se transmet dans les vides sous toits à partir des secteurs habités par diffusion causée par une différence de pression de la vapeur d'eau et par les fuites d'air provoquées par des différences de pression de l'air causées par le vent, l'effet de cheminée et la ventilation mécanique. Cette dernière pourrait être particulièrement importante dans les bâtiments en hauteur dans lesquels il faut une pressurisation causée par un excédent considérable de l'apport d'air par rapport à sa sortie afin de surmonter les différences de pression causée par l'effet de cheminée aux étages inférieurs ou dans les maisons dont les systèmes de ventilation assurent uniquement un apport d'air. La pressurisation accroît les problèmes de condensation causés par l'exfiltration de l'air intérieur humide. Quand l'air chaud

pénètre dans un vide sous toit froid, il se refroidit et sa capacité de retenir l'eau 100, la température de saturation de l'eau), il se produira de la condensation.

L'activité humaine produit beaucoup d'humidité. Les principales sources de vapeur comprennent la cuisson des aliments, les bains, les douches, la lessive, les plantes vertes et les appareils à combustion non ventilés. Les occupant(e)s des habitations dégagent une quantité considérable d'humidité en respirant et en transpirant. Bien que la plupart des nouvelles habitations soient dotées de ventilateurs dans les salles de bains et les cuisines, ce matériel ne suffit pas pour éliminer toute l'humidité excessive ainsi produite. De plus, le confort des humains dépend d'une gamme définie de niveaux d'humidité relative. Les lignes directrices de l'American Society of Heating, Refrigeration & Air Conditioning Engineers (ASHRAE) suggèrent que 50 p. 100 d'humidité relative est le niveau le plus souhaitable pour assurer le minimum d'infections transmises par l'air. Toutefois, ce niveau d'humidité relative pourrait être trop élevé pour la plupart des habitations du Canada pendant l'hiver et provoquer des problèmes dus à la condensation. Pendant l'hiver, le genre de fenêtres d'une habitation va affecter considérablement le niveau maximum permis d'humidité relative. Par exemple, pour éviter d'endommager les appuis de fenêtres et contrôler la croissance de champignons, l'humidité relative à l'intérieur ne devrait pas en général dépasser 35 p. 100 si les fenêtres comportent un double vitrage. Dans le cas des fenêtres à triple vitrage, on peut augmenter légèrement l'humidité relative, jusqu'à environ 40 p. 100. L'humidité relative maximale permise va varier selon le lieu géographique, le vent et la température de l'air extérieur.

Le flux de vapeur d'eau par diffusion à travers un matériau varie proportionnellement à la différence de pression d'eau à travers ce matériau et à la perméabilité du matériau. Si la pression de vapeur est plus élevée dans les secteurs habités que dans l'espace sous la couverture qui recouvre directement ces secteurs, l'humidité va traverser le plafond et se diminuer. Si la température de cet air baisse en dessous du point de rosée (la température à laquelle l'air a une humidité relative de 100 p. disperser dans cet espace. Dans la plupart des bâtiments occupés, on installe des pare-vapeurs pour ralentir le taux de diffusion, mais il est impossible de prévenir entièrement la diffusion. La diffusion à elle seule ne représente qu'une petite partie de l'humidité qui parvient à pénétrer le vide sous toit. La plus grande partie de l'humidité pénètre à cause des fuites d'air. L'air provenant des secteurs habités peut fuir dans le vide sous toit adjacent par de nombreuses voies, notamment les cheminées, les tuyaux d'évents, les fils électriques et autres services, les espaces laissés entre les finis de mur et la charpente et les fissures causées par la déflexion, la perte de volume ou le tassement. Les sècheuses, ainsi que les ventilateurs de salles de bains et de cuisines, ne devraient jamais diriger l'air vers le vide sous toit. Il ne faut pas installer les sorties de ventilation directement sous les avant-toits, parce que l'air chaud humide sera aspiré dans le vide sous toit.

### **Les digues de glace**

Les digues de glace se forment aux égouts des toitures en pente à la suite d'une combinaison de neige sur la couverture, de température extérieure en dessous du point de congélation, de pertes de chaleur du bâtiment ou de radiation solaire faisant fondre la neige, et d'une extrémité de neige libre où la glace peut se former. À mesure que la neige fond sur la couverture à cause de la perte de chaleur ou des rayons du soleil, elle descend la pente jusqu'à ce qu'elle atteigne l'égout de toit. L'égout de toit de la plupart des couvertures en pente se prolonge au-delà de l'espace intérieur chauffé, et la température de la surface au niveau de l'égout de toit est généralement rapprochée de la température de l'air ambiant.

Quand la température de l'air ambiant est en dessous du point de congélation, l'eau de fonte va se transformer en glace par contact avec l'égout de toit. La fonte et le gel progressifs provoqueront une accumulation de glace aux égouts de toit, empêchant l'eau de la couverture de s'écouler. Sur les couvertures dont le revêtement est composé d'unités superposées pouvant rejeter l'eau, l'eau pourrait remonter au niveau de la barrière de glace et s'infiltrer dans la couverture et les murs, provoquant des dommages considérables.

La source de cette eau est habituellement la neige fondante. Comme la neige est un bon isolant, la température dans un vide sous toit mal ventilé (et donc chaud) sera suffisante pour faire fondre la neige qui se forme sur le toit même par temps relativement froid. Bien que la cause principale de la fonte de la neige soit la perte de chaleur de l'intérieur du bâtiment, les rayons du soleil peuvent également dégager suffisamment de chaleur pour faire fondre la neige d'un toit. Par exemple, à Ottawa, suffisamment de lumière de soleil peut se transmettre à travers une couche de 150 mm de neige pendant une journée claire et ensoleillée pour provoquer la fonte à la surface de la couverture, quand la température extérieure est de moins 10 degrés C et la température du vide sous toit de moins 5 degrés C.

La perte totale de chaleur dépendra de la température intérieure, de la quantité d'isolant contenue dans la toiture, de la quantité d'air qui fuit les espaces intérieurs et de la ventilation entre l'isolant et la couverture. Il est pratiquement impossible d'éliminer complètement la formation de glace sur les couvertures en pente. On peut limiter considérablement la quantité d'accumulation de glace en assurant une isolation et une ventilation suffisantes. La continuité de l'isolant, permettant d'éliminer les points chauds, est aussi importante que la quantité d'isolant. On peut encore réduire le risque de formation de glace en augmentant la pente, en rendant la surface glissante pour que la neige glisse et tombe et en évitant d'installer des gouttières. Dans un bâtiment raisonnablement bien isolé, les exigences minimales en matière de ventilation, telles qu'indiquées dans le code du bâtiment, sont habituellement suffisantes pour réduire au minimum la formation de digues de glace.

La plupart des codes du bâtiment reconnaissent le risque de formation d'une digue de glace et contiennent des exigences concernant la protection des égouts de toit. Certains concepteurs et entrepreneurs sont allés plus loin en appliquant des membranes hydrofuges par-dessus la surface entière de la couverture avant l'application le revêtement de la couverture, afin de prévenir la pénétration d'eau causée par les barrières de glace ou la pluie transportée par le vent. Toutefois, cela risque d'accroître les problèmes se rapportant à une condensation dommageable. Ces membranes sont souvent imperméables à la vapeur, soulevant la possibilité de formation d'un piège de vapeur à l'intérieur du vide sous toit. Il faut faire très attention à la nécessité d'une ventilation suffisante lorsque des revêtements de couvertures imperméables à l'eau et à la vapeur sont appliqués par-dessus les vides sous toits et les espaces sous les toits.

### **L'accumulation de chaleur**

L'association des fabricants canadiens de bardeaux d'asphalte (CASMA) a publié un bulletin intitulé « La bonne aération des couvertures en bardeaux d'asphalte ». On y explique que l'accumulation de chaleur aussi bien que d'humidité dans les vides sous toits est la cause principale de nombreux problèmes, y compris les boursouffures, la déformation et le gondolage des bardeaux. On a exprimé la théorie selon laquelle une mauvaise ventilation des vides sous toits peut provoquer une accumulation excessive de

chaleur et le réchauffement des platelages. Comme la chaleur est la cause principale du vieillissement des matériaux, on a dit que cette accumulation de chaleur contribue à la détérioration de nombreux matériaux recouvrant la couverture. Bien qu'une étude récente de Simpson, Gumpertz & Heger Inc. ait démontré que le lieu géographique, l'orientation des bâtiments et la couleur de la couverture exercent une influence beaucoup plus considérable sur la température de la surface de la couverture que la ventilation sous cette couverture, on suggère souvent qu'une ventilation insuffisante est la cause des problèmes concernant la performance de la couverture. Les fabricants de matériaux pourraient refuser de reconnaître la garantie s'il pouvait être démontré que le vide sous tout était insuffisamment ventilé.

### **La ventilation des vides sous toits**

On peut ventiler les vides sous toit par des moyens naturels ou mécaniques. Dans les climats nordiques, la ventilation naturelle est la méthode la plus courante. Le vent provoque une pression positive du côté exposé au vent et une pression négative du côté sous le vent d'un bâtiment. Par conséquent, l'air extérieur est entraîné dans le vide sous toit dans les zones de pression positive et extrait de cet espace dans les zones de pression négative. Le taux de remplacement de l'air dans le vide sous toit dépend de la vitesse et de la direction du vent.

La ventilation naturelle peut également se produire à cause de l'effet de cheminée. À mesure que l'air se réchauffe, sa densité diminue, il devient plus léger et commence à monter. Un jour ensoleillé (en hiver), la température intérieure du vide sous toit est normalement plus élevée que la température extérieure (à cause des rayons du soleil et de la perte de l'air intérieur). La chaleur aura tendance à monter vers la partie supérieure du vide sous toit. Les échanges d'air qui se produisent de cette façon sont facilités par les ouvertures de prise d'air dans la partie inférieure du vide sous toit et les ouvertures de sortie d'air dans la partie supérieure. Contrairement à la ventilation par l'action du vent, la ventilation par effet de cheminée est plus constante, car elle dépend uniquement des différences de température de l'air. On peut optimiser la ventilation naturelle en utilisant en même temps l'effet de cheminée et l'action du vent.

### **Les types de vides sous toit**

Si les éléments de charpente supportant le platelage ne supportent pas en même temps le plafond, le vide sous toit est habituellement assez grand et facile à ventiler. La circulation de l'air se fait en fonction de la géométrie et du volume du vide sous toit. Si les éléments de charpente supportent aussi le plafond, comme dans le cas des couvertures plates et des plafonds cathédrale, le vide sous toit est relativement petit et plus difficile à ventiler, surtout lorsqu'il est bien isolé avec d'épaisses couches d'isolant. Les couvertures de ce genre ont donc besoin d'une meilleure ventilation que les couvertures ordinaires avec vide sous toit.

Lorsque le vide sous toit est relativement grand, par exemple des entretoits froids et inhabités sous des pentes de plus de 1:6, l'aire totale nette de ventilation devrait être d'au moins 1/300e de l'aire du plafond isolé. Ces événements peuvent être installés dans les soffites, les parois des lucarnes, la surface de la couverture ou à plusieurs de ces endroits, mais ils doivent être répartis de façon à assurer une ventilation croisée efficace.

Dans le cas des toits plats ou à faible pente (avec des pentes de moins de 1:6) comme les plafonds cathédrale, le secteur total ventilé devrait être au moins deux fois plus grand, soit 1/150e de l'aire du

plafond isolé. Une couverture à faible pente réduit la quantité de ventilation qu'on peut obtenir par l'effet de cheminée, et la présence de grandes quantités d'isolant réduit souvent l'espace de ventilation entre l'isolant et la sous-couche de la couverture. Dans ces couvertures, l'humidité aura tendance à se condenser sur la surface froide de la sous-couche de la couverture et des éléments de charpente, parce qu'elle ne peut se dissiper sur une grande surface, comme elle le pourrait dans le cas des couvertures comportant un vide sous toit.

On peut améliorer la ventilation de couvertures de ce genre en installant des languettes d'au moins 38 mm par 38 mm à angles droits par rapport aux poutrelles de la couverture. Cela permet au vent provenant de n'importe quelle direction de ventiler le vide sous toit, à la condition que des événements de couvertures soient installés sur tous les côtés exposés.

Il pourrait ne pas être nécessaire de poser des languettes si la pente de la couverture est de 1:6 ou plus, à la condition que les éléments de charpente du toit soient posés dans la même direction que la pente du toit, que chaque espace entre les poutrelles soit ventilé séparément et qu'on laisse un espace libre d'au moins 63 mm entre la sous-couche de la couverture et le dessus de l'isolant. Lorsque des couvertures plates ou recouvrant des plafonds cathédrale sont très isolées, il est possible que la profondeur de la charpente de couverture ordinaire n'ait pas laissé assez d'espace de ventilation entre l'isolant et la sous-couche. L'utilisation de fermes à semelles parallèles pourrait donner une profondeur additionnelle, et leur treillis facilitera la circulation de l'air à travers le vide sous le toit.

Comme le petit vide sous toit des couvertures plates et des couvertures recouvrant des plafonds cathédrale rend pratiquement impossible l'inspection du vide sous toit, il est important de maintenir au minimum les fuites d'air à travers le plafond et d'assurer une ventilation suffisante.

### **Les types d'événements**

Les événements de soffite, de couverture, de faîte, de pignons, ou une combinaison de certains de ces types d'événements, peuvent servir à ventiler les vides sous toit. Tous les événements doivent être conçus de façon à empêcher la pluie, la neige et les insectes de pénétrer.

Des orifices de ventilation dans l'avant-toit, le long du dessous du porte-à-faux de la couverture peuvent être continus, ou se composer d'événements séparés les uns des autres. Les événements de soffite permettent à l'air de circuler facilement à travers le vide sous toit, à partir de toutes les directions d'où pourrait venir le vent.

Une combinaison d'orifices de ventilation dans l'avant-toit avec des événements dans la partie supérieure de la couverture permettra d'accroître encore plus la ventilation. Le passage de l'air provenant du soffite ne devrait pas être obstrué par l'isolant. On devrait installer des déflecteurs ou des chicanes de façon à maintenir un espace entre l'isolant et le dessous du platelage. Les événements devraient être posés au faîte ou près du faîte, lorsqu'on les utilise en combinaison avec des orifices de ventilation dans l'avant-toit. Si on utilise uniquement des événements de couverture, seule une petite quantité d'air se trouvant immédiatement près des événements sera déplacée. La règle générale est que la moitié de la ventilation devrait être assurée aux égouts de toit, et l'autre moitié au faîte ou près du faîte.

On installe parfois des événements à turbine près de la partie supérieure de la couverture. Il s'agit d'un assemblage tournant de lames hélicoïdales déplacées par le vent, qui aspirent l'air du vide sous toit. Toutefois, si une succion se crée à l'intérieur du vide sous toit parce que l'approvisionnement de l'air

provenant de l'extérieur est insuffisant, l'humidité pourrait être aspirée des espaces habités à travers le plafond et aggraver ainsi le problème posé par la condensation.

Dans les climats nordiques, l'utilisation de ventilateurs mécanique pour améliorer la ventilation pourrait aider à rafraîchir les espaces habités par temps chaud. Toutefois, ils pourraient présenter des problèmes en hiver. En expulsant l'air du vide sous toit, ils risquent de faire baisser la pression d'air à l'intérieur de cet espace par rapport à la pression de l'air à l'intérieur de la maison. La pression négative qui en résultera risque de faire augmenter la quantité d'air humide se dégageant à travers le plafond. Par temps froid, ces fuites plus considérables vont à leur tour provoquer une condensation accrue. De plus, certains de ces ventilateurs créent des courants d'air assez forts pour déplacer l'isolant particulaire.

Le système de ventilation le plus efficace comporte des événements de faîtage continus, combinés à des ouvrants de ventilation de l'avant-toit. Ce système permet une ventilation uniforme et continue du vide sous toit en combinant l'action du vent et l'effet de cheminée. Les événements de faîtage comportent des ouvertures continues le long du faîtage. Comme ils sont installés dans une zone de pression négative, ils peuvent servir d'ouvertures d'échappement de l'air pour toutes les directions du vent. Quand le vent frappe le faîtage à angles droit, l'air pénètre dans le vide sous toit en traversant les ouvrants de ventilation de l'avant toit du côté opposé au vent et quitte le vide sous toit soit par les ouvertures aux avant-toits qui se trouvent sous le vent ou au faîtage. Lorsqu'il y a peu ou pas de vent, l'effet de cheminée permet une certaine circulation de l'air à l'intérieur du vide sous toit. L'air chaud montant qui s'échappe à travers les événements de faîtage sera remplacé par l'air plus frais pénétrant à travers l'avant-toit.

Quel que soient les dispositifs de ventilation choisis, il est absolument nécessaire qu'ils soient bien situés. Si on place les événements d'entrée et de sortie trop près les uns des autres, ou si on n'assure pas un équilibre approprié, il pourrait se former des poches d'air stagnant à l'intérieur du vide sous toit, qui bloqueront tout simplement la ventilation. S'il est impossible d'assurer un équilibre suffisant du système, on recommande que l'entrée soit plus forte que la sortie, parce que la plupart des problèmes sont causés par une entrée d'air insuffisante.

### **Les restaurations**

On soulève souvent la question de la nécessité d'événements additionnels lorsqu'on ajoute de l'isolant dans le vide sous toit d'une habitation existante. Les restaurations offrent une bonne occasion d'inspecter le vide sous toit pour déceler des signes de problèmes d'humidité causés par la condensation. Si la ventilation existante des vides sous toit existants est conforme aux codes du bâtiment pertinents, si on ne constate aucun indice de problèmes d'humidité et si les conditions d'occupation intérieure restent les mêmes, il pourrait être judicieux de ne pas modifier le système de ventilation. D'un autre côté, si on observe des signes d'humidité excessive, il serait préférable de corriger le problème en améliorant l'imperméabilité à l'air des plafonds plutôt qu'en accroissant la zone totale de ventilation. Il y a une loi des rendements décroissants. Ajouter des événements risque de créer une pression négative dans le vide sous toit et d'augmenter les fuites d'air à travers le plafond.

## Conclusion

Il n'est pas rare de constater une mince couche de condensation ou de gel sous le platelage par temps très froid. Cela ne signifie pas nécessairement l'existence de problèmes de ventilation. Par temps très froid, l'air extérieur peut retenir très peu d'humidité. La plus grande partie de l'humidité qui parvient à pénétrer le vide sous toit se condense lorsqu'elle entre en contact avec la sous-couche froide. L'air froid dans le vide sous toit n'est pas efficace pour enlever la condensation parce qu'il a une faible capacité d'absorber l'humidité. Par conséquent, du gel va se former sous le platelage. Dans la plupart des cas, cela ne devrait pas vous inquiéter. Quand l'air se réchauffera, par exemple vers la fin de l'hiver, sa capacité d'absorber l'humidité va augmenter et plus d'humidité sera enlevée à mesure que les conditions de séchage vont s'améliorer.

De nombreux propriétaires d'habitations font l'erreur de penser que des gouttes d'eau au plafond ou des taches d'humidité signifient que la couverture est endommagée ou fuit. Il arrive souvent que la cause véritable ne soit pas une défectuosité de la couverture, mais plutôt la conséquence d'une ventilation insuffisante du vide sous toit, combinée à des fuites d'air excessives. Une ventilation adéquate du vide sous toit peut aider à réduire les risques de condensation, de formation de digues de glace et de nombreux autres problèmes sur la couverture.

## Références :

1. Forgues, Y.E. « La ventilation des toitures isolées », Note sur la construction n° 57, Conseil national de recherches Canada, Institut de recherche en construction (Ottawa, 1985).
2. CASMA, « La bonne aération des couvertures en bardeaux d'asphalte » Fiche technique n° 1 (1992)
3. Strother, E.F. et Turner, W.C. Thermal Insulation Building Guide. Robert E. Krieger Publishing Company (Malabar, Floride, 1990)
4. Cash, C.G. et Lyon, E.G. "What's the Value of Ventilation?" Professional Roofing (Mars 2002)
5. Baker, M.C. Roofs, Multiscience Publications Limited (Montréal, 1980)

*Les opinions exprimées ci-dessus sont celles du Comité Technique National de l'ACEC. Ce bulletin technique est distribué dans le but de véhiculer des renseignements pertinents sur l'industrie de la couverture. Les énoncés, commentaires, opinions et conclusions, s'il y a lieu, ne constituent pas un avis techniques définitifs, nous invitons le lecteur à solliciter l'avis d'un professionnel en génie ou en architecture. Aucune responsabilité ne sera assumée par l'ACEC, l'un des officiers ou directeurs de même que par des membres ou employés sur l'interprétation et l'utilisation que le lecteur pourra faire des renseignements contenus dans ce bulletin.*