

BULLETIN TECHNIQUE #2

ISOLANTS DE COUVERTURES

Révisé Octobre 2002

1- DÉFINITIONS DES PRINCIPAUX ÉLÉMENTS.¹

FAMILLE DE L'ISOLANT

Pour fin de comparaison, les isolants de toiture en panneaux rigides ont été regroupés à l'intérieur de 8 groupes: fibre de bois, fibre minérale, fibre de verre, perlite, polystyrène expansé, polystyrène extrudé, polyisocyanurate, polyuréthane.

FIBRE DE BOIS

Ce type de panneau est constitué de fibres de bois, agglomérées ensemble par un liant; les panneaux peuvent être imprégnés et/ou enduits d'asphalte ou de paraffine.

FIBRE MINÉRALE

Ce type de panneau est constitué de fibres inorganiques, non métalliques et amorphes fabriquées à partir de roches, de laitier (sous-produit métallurgique) ou de verre, agglomérées ensemble par un liant.

FIBRE DE VERRE

Ce type de panneau est constitué de fibres de verre agglomérées ensemble par un liant. Il est généralement revêtu de papier kraft imprégné d'asphalte.

PERLITE

Ce type de panneau est constitué de roche volcanique granulée expansée (perlite) et de fibres cellulósiques agglomérées ensemble par un liant. Les panneaux sont enduits d'un revêtement spécifique qui empêche l'absorption excessive d'asphalte lors de l'application.

POLYSTYRÈNE EXPANSÉ

Produit en plastique alvéolaire fabriqué à partir de perles pré-expansées de polystyrène qui sont moulées selon la forme et les dimensions désirées et qui produit une structure rigide à alvéoles fermées.

POLYSTYRÈNE EXTRUDÉ

Produit en plastique alvéolaire fabriqué en une seule étape par extrusion et expansion du polymère de base en présence d'agents gonflants et qui produit une structure rigide à alvéoles fermées.

POLYISOCYANURATE - POLYURÉTHANE

Produit en plastique alvéolaire obtenu par la réaction d'isocyanates et de polyols expansés par un agent gonflant. Le matériau ainsi obtenu est normalement rigide et à alvéoles ouverts ou fermés. Divers parements peuvent être utilisés pour recouvrir les surfaces de l'âme.

PHÉNOLIQUE

Ce type d'isolant n'est plus disponible sur le marché depuis 1994 et fait présentement partie d'une surveillance étroite par les anciens manufacturiers à cause des possibilités de corrosion des supports métalliques.

L'isolant phénolique est présentement assujéti à certains règlements environnementaux avant son enfouissement à cause des acides qu'il peut générer avec les eaux de ruissellement. Pour toutes informations communiquer avec le Ministère de l'Environnement.

¹ Plusieurs des termes et définitions utilisés dans le présent bulletin technique sont inspirés de la norme CAN/ULC-S773-01, "Norme sur la terminologie de l'isolation thermique".

TYPES ET CLASSES DE L'ISOLANT

Les différentes normes applicables aux isolants regroupent parfois les propriétés de ces matériaux en types et en classes.

Ainsi, dans le cas des isolants de polystyrène, on retrouve 4 types d'isolant (I, II, III et IV). Toutes les propriétés décrites dans la norme varient selon le type.

Dans le cas des isolants de polyisocyanurate, on retrouve 3 types (1, 2 et 3) et 3 classes (1, 2 et 3). Là encore, les propriétés décrites dans la norme varient selon le type et la classe. En règle générale, les isolants de type 2 et 3 peuvent être utilisés sur un toit (les isolants de type 1 étant généralement réservés pour les murs). Noter que seuls les isolants de type 3 sont admissibles au Programme d'Assurance Qualité de l'AMCQ. Quant aux différentes classes, elles sont définies par la perméance à la vapeur d'eau du produit (classe 1: perméance $\leq 15 \text{ ng/Pa}\cdot\text{s}^2$ pour 25 mm d'épaisseur, classe 2: perméance $>15 - \leq 60 \text{ ng/Pa}\cdot\text{s}^2$ pour 25 mm d'épaisseur et classe 3: perméance $>60 \text{ ng/Pa}\cdot\text{s}^2$ pour 25 mm d'épaisseur). Toutes les classes d'isolant de polyisocyanurate peuvent être utilisées sur un toit.

LIANT INTERNE

Matériel ajouté en faible quantité au moment de la fabrication d'un produit fibreux ou granuleux afin de permettre l'adhérence entre les composantes.

ÂME

Partie du produit située entre deux épaisseurs, constituant le matériau principal du panneau isolant.

PAREMENT

Matériau de revêtement qui recouvre l'âme du panneau isolant.

LIANT DES FACES

Matériel utilisé pour faire adhérer les parements à l'âme des panneaux.

DIMENSION DES PANNEAUX

Indique les dimensions disponibles; l'AMCQ peut avoir des restrictions selon les applications. Les tolérances dimensionnelles prévues aux normes (selon les normes: largeur, longueur, épaisseur, planéité et équerrage) s'appliquent.

TOLÉRANCES DIMENSIONNELLES					
Dimension	Polystyrènes	Polyiso- cyanurates	Fibres minérales	Perlite	Fibre de bois
Largeur	-0.2% / + 0.4%	+4 / -2 mm	± 3 mm	+6 / -3 mm	+0 / -5 mm/m
Longueur	-0.2% / + 0.4%	+6 / -4 mm	-3 / +10 mm	+6 / -3 mm	+0 / -5 mm/m
Épaisseur	+4 / -2 mm si é. ≤ 75 mm +5 / -3 mm si é. > 75 mm	+4 / -1.5 mm si é. ≤ 55 mm +5 / -2.5 mm si é. > 55 mm	-1 / +3 mm	± 1.6 mm	$\pm 9\%$ si é. ≤ 12.5 mm $\pm 7\%$ si é. = 25.4 mm
Planéité	---	< 4 mm/m	---	---	---
Équerrage ≤ 1200 mm de longueur	< 3 mm	< 5 mm/m	---	< 6 mm	± 2 mm/m

é. = épaisseur

AGENT GONFLANT CAPTIF

Tous les isolants de mousse cellulaire utilisent un agent gonflant pour donner du volume à la mousse de plastique de base constituant le panneau isolant. Cet agent gonflant est en quelque sorte la levure des mousses de plastique. On retrouve plus de quatre types d'agents gonflants notamment:

1) CFC

Les chlorofluorocarbures sont des molécules composées d'atomes de chlore, de fluor et de carbone. Ils sont très stables; la conductivité thermique des CFC gazeux est plus faible que celle de l'air. Il est généralement reconnu que les CFC contribuent à l'appauvrissement de la couche d'ozone. Ces produits ne peuvent plus être utilisés au Canada comme agents gonflants.

2) HCFC

Les hydrochlorofluorocarbures sont des molécules composées d'atomes d'hydrogène, de chlore, de fluor et de carbone. Un atome de chlore est remplacé par un atome d'hydrogène ce qui permet de réduire d'environ 90% le risque d'appauvrissement de la couche d'ozone. Bien que le protocole de Montréal prévoit l'élimination totale des HCFC d'ici 2030, aucun HCFC-141b, qui est utilisé dans la fabrication des isolants de polyisocyanurates, ne pourra être utilisé au Canada à compter de 2010. Cependant, la majorité des manufacturiers canadiens cesseront volontairement d'utiliser ces produits d'ici 2003, date à laquelle les HCFC-141b seront bannis aux États-Unis.

3) HC (pentane)

Le pentane est une molécule de la famille des hydrocarbures (HC) qui ne contient pas de chlore et ainsi ne présente aucun risque de destruction de la couche d'ozone.

4) HFC

Les hydrofluorocarbures sont des molécules composées d'atomes d'hydrogène, de fluor et de carbone. Ces molécules n'endommagent pas la couche d'ozone.

CONDITIONNEMENT

Certaines normes stipulent que les matériaux doivent être conditionnés, aux conditions précisées aux normes applicables, avant de les soumettre aux essais prescrits. Ne pas confondre avec "mûrissement", voir ci-dessous.

MÛRISSEMENT

Le délai minimum de mûrissement requis par l'AMCQ avant livraison au chantier pour les isolants de polystyrène expansé est de 14 jours. Quant aux autres isolants de mousses cellulaires, leur mûrissement est généralement assez rapide pour ne pas occasionner d'inconvénients en chantier cependant, un mûrissement d'au moins 24 hrs/25 mm d'épaisseur pour les isolants de polyisocyanurate et d'au moins 28 jours pour les polystyrènes extrudés demeure souhaitable. Au besoin, vérifier les recommandations du fabricant. Il n'y a pas de mûrissement requis avec les isolants fibreux.

NORMES CANADIENNES

Tout isolant utilisé dans la construction d'une couverture doit être conforme aux exigences de l'une des normes suivantes:

- a) CAN/ULC-S701-01, "Norme sur l'isolant thermique en polystyrène, panneaux et revêtement de tuyauterie",
- b) CAN/ULC-S702-97, "Norme sur l'isolant thermique de fibres minérales pour bâtiments",
- c) CAN/ULC-S704-01, "Isolant thermique en polyuréthane et en polyisocyanurate: panneaux revêtus",
- d) CAN/ULC-S706-02, "Norme sur l'isolant thermique en fibre de bois pour bâtiments".

Ces normes définissent les exigences auxquelles doit satisfaire chaque famille d'isolant suite à des essais effectués selon les procédures de l'American Society for Testing and Materials (ASTM) ainsi que d'autres organismes. Les deux chiffres qui suivent le numéro de la norme dans le tableau synoptique (comme dans ULC-S704-01) correspondent à la dernière année de révision de cette norme.

AUTRES NORMES

Il n'existe pas de norme canadienne à jour s'appliquant aux isolants de perlite. Ces isolants doivent être conformes à la norme américaine suivante:

a) ASTM C 728-97^{e1} Standard Specification for Perlite Thermal Insulation Board

Par ailleurs, deux autres normes canadiennes sont fort utiles:

- a) CAN/ULC-S770-00 Méthode d'essai normalisée pour la détermination de la résistance thermique à long terme des mousses isolantes cellulaires.
- b) CAN/ULC-S773-01 Norme sur la terminologie de l'isolation thermique.

CERTIFICATION

Acte par lequel un organisme de certification indépendant reconnu témoigne qu'il est raisonnablement fondé de s'attendre à ce qu'une installation, un produit, un service ou un système soit conforme à des normes pertinentes ou à d'autres documents suite à un audit.

Dans le cas des isolants en polystyrène expansé, le terme s'applique également à une procédure d'assurance qualité (volontaire), telle que décrite dans la norme CAN/ULC-S701-01, visant à assurer leur conformité à cette norme. La liste des produits certifiés est contrôlée et mise à jour au moyen de mises à l'essai périodiques des produits et d'inspections d'usine.

CONTRÔLE DE LA QUALITÉ / ISO (QUALITY CONTROL / ISO)

Activités et mesures permettant de respecter les exigences de qualité.

L'Office des normes générales du Canada (ONGC) a adopté les normes de l'Organisation internationale de normalisation concernant l'assurance de la qualité (série ISO 9000), qui définissent les exigences des systèmes d'assurance et de contrôle de la qualité (AQ/CQ) qu'il faut maintenir pour satisfaire les critères des Programmes de listage des homologations et des certifications de l'ONGC intitulée "Exigences relatives aux systèmes d'inspection des fabricants dans le cadre des programmes d'homologation et d'inspection sur les listes d'accréditation."

2- PROPRIÉTÉS DES ISOLANTS

RÉSISTANCE THERMIQUE (RSI)

La résistance thermique est la propriété que possède un corps à s'opposer au passage de la chaleur. Pour ce faire, les deux essais suivants sont utilisés: ASTM C-518 et C-177 pour tous les isolants. Le C-518 est un essai où l'isolant est comparé à un autre morceau d'isolant ayant une valeur déjà connue. Le C-177 est un essai qui est fait directement sur l'échantillon.

Les isolants en mousse cellulaire conçus pour contenir un agent gonflant autre que l'air pendant plus de 180 jours doivent être soumis à l'essai de résistance thermique à long terme (RTL) conformément à la norme CAN/ULC-S770. La valeur de la résistance thermique à long terme des isolants de polyisocyanurate et de polystyrène extrudé est déterminée selon cette norme. Cette valeur RTL est définie comme la résistance thermique moyenne pondérée en fonction du temps sur une période de 15 ans, pour une épaisseur donnée. Cette valeur de résistance thermique à long terme doit être utilisée aux fins du calcul du rendement énergétique. À noter également que la valeur de résistance thermique de ces isolants n'est pas directement proportionnelle à l'épaisseur du panneau.

Les normes pour les mousses cellulaires font aussi référence à des valeurs de résistance thermique après conditionnement, (i.e. à des températures plus ou moins élevées pendant un certain temps); ces méthodes d'essai, ne sont que des outils de comparaison des différents isolants.

RÉSISTANCE À LA COMPRESSION (kPa)

Propriété d'un matériau qui lui permet de résister à tout changement de dimensions lorsqu'il subit une force qui tend à le comprimer. La résistance à la compression est déterminée selon la méthode d'essai ASTM D-1621 pour les mousses cellulaires, et ASTM C-165 pour les isolants fibreux. Suivant ces normes, la résistance à la compression est la charge maximale en kPa pouvant être appliquée (en une seule fois) sur un isolant, avant que celui-ci ne se brise ou ne se déforme de plus de 10% (5% pour la perlite).

À noter qu'un même type d'isolant peut parfois être disponible en différentes versions, dont les résistances à la compression varient. Par exemple: la résistance à la compression habituellement utilisée au Québec pour un isolant de polyisocyanurate installé sur une couverture est de 140 kPa (20 PSI) cependant, il est également possible de se procurer, auprès de certains fabricants et pour des cas particuliers, le même type d'isolant avec une résistance à la compression de 170 kPa (25 PSI). Ceci s'applique également aux isolants de polystyrène.

Consulter le *tableau synoptique sur les isolants rigides pour toiture* qui accompagne le présent bulletin technique ainsi que les fabricants pour connaître les produits disponibles.

Ne pas confondre cette valeur avec la densité du produit (ou masse volumique). Bien que la densité puisse aussi varier d'un produit à l'autre, cette propriété n'est pas régie par les normes.

UNITÉS MÉTRIQUES ET FACTEURS DE CONVERSION		
Multiplieur	par	pour obtenir
kPa	0,145	lb/po ²
kPa	20.9	lb/pi ²

STABILITÉ DIMENSIONNELLE (%)

La stabilité dimensionnelle est le degré de changement de dimensions que subissent les matériaux avec le temps lorsqu'ils sont exposés à des modifications de température et d'humidité. La stabilité dimensionnelle est déterminée selon la méthode d'essai ASTM D-2126 pour les mousses cellulaires, et ASTM D-1037 pour les isolants fibreux. Dans tous les cas, les échantillons sont d'abord conditionnés à 23°C, et à une humidité relative de 50%, avant de les soumettre à l'essai. Dans le cas des isolants fibreux, ils sont ensuite conditionnés à la même température mais à un pourcentage d'humidité de 90%. Dans le cas des polystyrènes, ils sont ensuite conditionnés à 70°C et à humidité ambiante. Enfin, dans le cas des polyisocyanurates, ils sont ensuite conditionnés aux trois conditions suivantes: a) 7 jours à -29°C et humidité ambiante, b) 28 jours à 80°C et humidité ambiante et c) 28 jours à 70°C et une humidité relative de 97%. La longueur et la largeur des échantillons sont mesurées avant et après exposition.

La différence dimensionnelle mesurée est alors exprimée en % de changement par volume ou en % de changement linéaire (longueur - largeur). La précision de cet essai est de $\pm 1\%$ pour la plupart des matériaux.

PERMÉABILITÉ À LA VAPEUR D'EAU (ng/Pa · s · m²)

La perméabilité d'un matériau est son taux de transmission de la vapeur d'eau par diffusion, à une température et des taux d'humidité relative donnés, pour l'unité de référence susmentionnée, par unité d'épaisseur et de pression. La force qui permet à la vapeur d'eau de passer à travers les matériaux est causée par l'écart au niveau de la pression de vapeur engendré par une humidité plus élevée d'un côté que de l'autre d'un matériau donné.

N.B. ne pas confondre avec la perméance qui est une mesure de la quantité de vapeur d'eau passant au travers d'un matériau pour son épaisseur totale (perméabilité = perméance x épaisseur). La résistance à la transmission de la vapeur d'eau est l'inverse de la perméabilité. Exemple: un isolant qui aurait une perméabilité de 130 ng/ Pa · s · m² par 25 mm d'épaisseur (ou encore 3.25 ng/ Pa · s · m), aurait une perméance de 32.5 ng/ Pa · s · m² pour un panneau de 100 mm d'épaisseur.

UNITÉS MÉTRIQUES ET FACTEURS DE CONVERSION		
Multiplier	par	pour obtenir
TRANSMISSION DE LA VAPEUR D'EAU		
g/(h•m ²)	1.43	grains/(h•pi ²)
grains/(h•pi ²)	0.697	g/(h•m ²)
PERMÉANCE		
g/(Pa•s•m ²)	1.75 x 10 ⁷	1 Perm (inch-pound)
1 Perm (inch-pound)	5.72 x 10 ⁻⁸	g/(Pa•s•m ²)
PERMÉABILITÉ		
g/(Pa•s•m)	6.88 x 10 ⁸	1 Perm inch
1 Perm inch	1.45 x 10 ⁻⁹	g/(Pa•s•m)

Rappel: 1 ng = 1 x 10⁻⁹ g

ABSORPTION D'EAU (%)

La quantité d'eau absorbée par un matériau isolant influe directement sur sa valeur isolante. L'eau conduit la chaleur presque 25 fois plus rapidement que l'air. Par conséquent, la valeur isolante diminue en fonction du degré d'absorption d'eau. Les propriétés d'absorption d'eau sont déterminées en effectuant divers essais de submersion, selon le type d'isolant. La différence entre le poids initial et final de l'échantillon est exprimée sous forme de pourcentage par volume.

ASTM D-2842 (mousses cellulaires): Un échantillon est plongé dans l'eau pendant 96 heures, pour être ensuite immédiatement pesé sur une balance.

ASTM C-209 (isolants fibreux): Un échantillon est plongé sous l'eau pendant 2 heures. On retire l'échantillon et on le dépose à la verticale, pendant dix minutes, pour qu'il se draine. On enlève le surplus d'eau en surface à l'aide de chiffon et on pèse l'échantillon.

À noter qu'un isolant peut aussi absorber de très grandes quantités d'eau sous forme de vapeur qui se condensent à l'intérieur du produit.

TEMPÉRATURES LIMITES D'UTILISATION (°C)

Températures la plus basse et la plus élevée auxquelles un produit fonctionnera dans les limites de rendement indiquées. Ces températures sont mentionnées dans les normes pour les mousses cellulaires.

RÉSISTANCE À LA FLEXION (kPa)

La résistance à la flexion est la capacité d'un matériau de subir une charge perpendiculaire au plan du panneau. Elle est mesurée au moment de la rupture. Les essais ASTM C-203 (mousses cellulaires et perlite) et C-209 (fibre de bois) consistent à appliquer une charge au centre du panneau isolant supporté aux deux extrémités, jusqu'à ce qu'il se brise en deux.

RÉSISTANCE À LA TRACTION (kPa)

La résistance à la traction est la capacité d'un matériau de subir une traction. Elle est mesurée au moment de la rupture.

L'essai ASTM D-1623 (polyisocyanurates) consiste à appliquer une traction perpendiculaire aux plus grandes surfaces des panneaux revêtus sur un échantillon de mousse isolante et à mesurer la résistance à rupture;

L'essai C-209 (isolants fibreux) consiste à appliquer une traction d'abord parallèlement, puis perpendiculairement à la face du panneau, et à mesurer la résistance au moment de la rupture; les valeurs reportées dans le tableau représentent la résistance en traction perpendiculaire à la surface.

CONFORMITÉ À LA NORME ULC S-126-M

Les numéros qui apparaissent dans le tableau sont les numéros d'assemblages donnés par ULC pour les assemblages qui rencontrent les exigences de la norme. Voir le document intitulé "LIST OF EQUIPMENT AND MATERIALS" de ULC.

EXIGENCES DU CODE NATIONAL DU BÂTIMENT

Le Code National du Bâtiment ou CNB 1995 (intégrant les modifications du Québec) réglemente l'utilisation de matériaux combustibles dans le bâtiment de la façon suivante (notamment):

SOUS-SECTION. 3.1.4. CONSTRUCTION COMBUSTIBLE

L'article 3.1.4.1 stipule que des matériaux *combustibles* (décrits à la partie 9 du Code) peuvent être utilisés dans un bâtiment pour lequel une construction combustible est exigée.

SOUS-SECTION. 3.1.5. CONSTRUCTION INCOMBUSTIBLE

Sous réserve de l'article 3.1.14.3 ci-dessous, l'article 3.1.5.11.5) stipule qu'un isolant *combustible*, y compris la mousse plastique, posé au-dessus d'un platelage de toit est autorisé dans un bâtiment pour lequel une construction incombustible est exigée.

Un matériau *combustible* est défini au code comme étant un matériau qui ne répond pas aux exigences de la norme CAN4-S114-M, "Détermination de l'incombustibilité des matériaux de construction".

SOUS-SECTION. 3.1.14. TOITS

L'article 3.1.14.2 stipule toutefois que si un toit avec platelage **métallique** est recouvert d'un matériau *combustible* susceptible de propager le feu sous le platelage, **et** s'il est utilisé pour satisfaire aux exigences relatives aux constructions incombustibles de certains types de bâtiments (spécifiés à l'art. 3.1.14.2.1)b)), :

- a) Le toit doit répondre aux exigences d'acceptation de la norme CAN/ULC-S126-M (Propagation des flammes sous les platelages des toits);
ou
- b) Le matériau *combustible* au-dessus du platelage est protégé par une plaque de plâtre d'au moins 12,7 mm d'épaisseur fixée mécaniquement à un élément d'appui si elle est située sous le platelage, ou par une barrière thermique conforme à l'un des alinéas 3.1.5.11. 2)c) à e) et placée:
 - i) à la sous-face du matériau combustible ; ou
 - ii) sous le platelage;**ou**
- c) Le toit doit avoir un degré de résistance au feu de 45 minutes;
ou
- d) Le bâtiment est entièrement protégé par un système de gicleurs conforme au Code.

NORME CAN/ULC-S126-M (PROPAGATION DES FLAMMES SOUS LES PLATELAGES DES TOITS): DESCRIPTION DE L'ESSAI

Suivant les exigences de cette norme, une éprouvette d'un assemblage de toiture mesurant 515 mm x 7324 mm (±) est placée contre la partie supérieure d'un four-tunnel calibré pour donner une vitesse d'air prédéterminée. Une flamme est allumée à une extrémité de l'éprouvette, à la face inférieure de celle-ci. L'assemblage est soumis à un essai d'exposition de 30 minutes. La progression de la flamme à la sous-face de l'assemblage ne doit pas excéder 3 000 mm au cours des 10 premières minutes, et 4 200 mm au cours de la période totale de 30 minutes. De plus, si **toutes** les composantes de l'assemblage se trouvant à l'extrémité du conduit d'évacuation présentent des signes de dégradation due à la chaleur, l'assemblage a échoué le test.

INDICE DE PROPAGATION DE LA FLAMME ULC

Le taux de propagation de la flamme d'un matériau est déterminé à la suite d'un essai visant à mesurer la vitesse à laquelle un front de flammes se déplace sur la surface d'un matériau. La méthode utilisée est l'essai en tunnel avec l'isolant fixé au plafond dans le S-102 et au plancher dans le S-102.2. Notez que ces chiffres ne visent pas à refléter les dangers dans des conditions réelles d'incendie.

Le Code National du Bâtiment du Canada n'exige pas que les isolants posés au-dessus d'un support de couverture satisfassent à ces normes.

INCOMPATIBILITÉ: DEGRÉ DE CHALEUR, FLAMME, ADHÉSIFS, BITUME, AUTRES

Certains isolants peuvent ne pas être compatibles avec tous les matériaux qui entrent parfois dans la composition d'une couverture. Consulter les manufacturiers pour obtenir une liste des principaux matériaux avec lesquels les isolants ne sont pas compatibles, qui entraînent une dégradation des isolants ou qui les rendent impropres aux usages auxquels ils sont destinés.

ÉVALUATIONS / APPROBATIONS DIVERSES: FM, ULC, CCMC

FM

Indique quels isolants sont approuvés par FM (Factory Mutual) pour utilisation dans des systèmes d'étanchéité de couverture conformes aux exigences de cet organisme (Classe 1-60, 1-90, etc...). À ce titre, les matériaux approuvés figurent dans l'Approval Guide de FM. Voir également le Bulletin technique #7 de l'AMCQ sur les ancrages mécaniques des systèmes d'étanchéité en toiture.

ULC

Indique quels isolants sont approuvés par ULC pour utilisation dans les systèmes d'étanchéité de toiture conformes aux exigences de cet organisme. À ce titre, les matériaux approuvés figurent dans le document intitulé "LIST OF EQUIPMENT AND MATERIALS" de ULC. Plusieurs normes décrivent les exigences de ULC, il faut prendre garde à ne pas confondre les diverses approbations; un matériau peut satisfaire aux exigences d'une norme ULC en particulier mais ne pas convenir aux exigences d'autres normes ULC prescrites aux codes.

CCMC

Indique quels isolants ont fait l'objet d'une évaluation par le CCMC. Cette évaluation consiste à étudier les rapports d'essais rédigés par des laboratoires accrédités et comparer les résultats avec des exigences de performances publiées dans le "Recueil d'évaluation des produits" du CCMC, établies pour chaque type de produit. L'émission d'un numéro d'évaluation du CCMC ainsi que la parution d'un rapport ou d'une fiche dans ce recueil signifient que le manufacturier a démontré sa capacité de fabriquer un produit qui répond à des critères de performance précis. L'assurance de qualité est assurée par une visite initiale de l'usine par un agent reconnu par le CCMC, de même que par l'élaboration d'un manuel de qualité. Les fabricants doivent attester annuellement que leurs produits n'ont pas changé, et chaque produit est ré-évalué tous les trois ans. À noter que le CCMC est une composante de l'Institut de Recherche en Construction du Conseil National de Recherche du Canada.

3- PRINCIPES DE L'ISOLATION THERMIQUE

3.1 FONCTION

La fonction d'un isolant thermique est de retarder le flux d'énergie sous forme de chaleur. La chaleur est définie par le joule (J) dans le système métrique et par le Btu (British Thermal Unit) dans le système impérial.

Le Btu est une *unité d'énergie* correspondant à la chaleur requise pour élever la température de 1 livre d'eau d'un degré Fahrenheit. Le joule (J) est une *unité d'énergie* correspondant au travail d'une force d'un newton (N) (unité de force) se déplaçant d'un mètre (m) dans la direction d'application de la force. **1 Btu = 1055 J.**

La transmission de chaleur s'effectue de trois façons:

- . **conduction:** forme de transfert de chaleur dans un matériau, dans laquelle les molécules d'une substance s'entrechoquent entre elles en transférant ainsi de la chaleur au moment de ces "collisions". Le déplacement de ces molécules n'est ni apparent, ni visible. Il doit y avoir contact direct entre deux matériaux pour qu'il ait échange de chaleur par conduction.
- . **convection:** déplacement de gaz ou de liquide causé par une densité différente résultant de changement de température.
- . **rayonnement:** transmission de chaleur dans l'espace par une onde ou le transfert de la chaleur d'un objet à un autre sans réchauffer l'espace qui les sépare.

Pour illustrer ces méthodes de transfert de chaleur, considérons l'exemple d'un poêle à bois. Lorsque vous placez votre main directement sur le poêle, la chaleur atteint votre main à travers le métal **par conduction**. Si vous placez votre main au-dessus du poêle sans y toucher, des courants d'air chaud se déplacent vers le haut, **par convection** et réchauffent votre main. Si vous gardez votre main sur le côté du poêle, celle-ci se réchauffe même si la conduction à travers l'air est négligeable et que votre main n'est pas dans le trajet des courants convecteurs. La chaleur rejoint votre main **par rayonnement**.

La structure des cellules d'un isolant rigide est telle que la transmission de chaleur se fait **principalement par conduction**, mais également **par rayonnement**.

3.2 CALCUL DE FLUX DE CHALEUR

Il existe cinq façons de rapporter la transmission de chaleur. En général, le flux de chaleur sert à quantifier la vitesse à laquelle se produit un gain ou une perte de chaleur d'un système tel que l'enveloppe d'un bâtiment.

3.2.1 Résistance thermique (valeur R ou RSI)

La résistance thermique est la mesure de la capacité d'un matériau à s'opposer à la transmission de chaleur pour un produit d'une épaisseur donnée. Dans le cas des matériaux isolants, plus ils sont épais, plus la résistance thermique est élevée. La résistance thermique est calculée en multipliant la valeur r (résistivité) par l'épaisseur du matériau.

3.2.2 Résistivité thermique (valeur r)

La résistivité thermique est la mesure de la capacité d'un matériau à s'opposer à la transmission de chaleur par unité de surface, par unité d'épaisseur, par heure et pour un écart de 1 degré. Plus la résistivité est élevée, plus la valeur isolante du matériau est élevée.

3.2.3 Coefficient de transmission de chaleur (facteur U)

La quantité d'énergie thermique **U** transmise par un matériau ou un assemblage incluant les films et espaces d'air correspond à l'inverse de la somme des résistances thermiques d'un système.

3.2.4 Conductivité thermique (facteur k)

La conductivité thermique (k), est la mesure de la capacité d'un matériau à transmettre la chaleur. Plus la conductivité est faible, plus la valeur isolante du matériau est élevée. La conductivité thermique est la quantité de chaleur passant à travers un corps, par unité de surface, par unité d'épaisseur, par heure, et pour un écart de température de 1 degré.

3.2.5 Conductance thermique (valeur C)

La conductance thermique est le flux de chaleur pour un produit d'épaisseur donnée. La valeur C ou CSI est calculée en divisant le facteur **k** par l'épaisseur du matériau.

3.3 VARIABLES INFLUENÇANT LA RÉSISTANCE THERMIQUE

- 1) En général la résistance thermique **R** augmente à mesure que la température moyenne baisse.
- 2) Plus la dimension des cellules individuelles dans les mousses cellulaires est petite, plus la résistance thermique **R** est élevée.
- 3) Pour un même isolant, plus celui-ci est épais, plus la résistance thermique **R** est élevée. À noter que dans le cas des mousses cellulaires, la résistance thermique n'est pas directement proportionnelle à l'épaisseur du panneau.
- 4) La résistance thermique **R** diminue au fur et à mesure que la teneur en humidité dans l'isolant augmente.
- 5) Pour les mousses cellulaires, le type d'agent de gonflement et son temps de rétention dans les cellules, la vitesse de pénétration de l'air, de même que la nature et la densité de la mousse cellulaire influencent aussi la résistance thermique **R**. Le type de parement de l'isolant peut affecter la vitesse des échanges gazeux et par conséquent, la résistance thermique long terme (**RTL**).

3.4 ÉQUATIONS ET FACTEURS DE CONVERSION

UNITÉS MÉTRIQUES	FACTEUR DE CONVERSION	UNITÉS IMPÉRIALES	ÉQUIVALENCES
Résistance thermique (R ou RSI)			
Multiplier	par	pour obtenir	R ou RSI = 1/C R = r x épaisseur
(m ² · °C)/W	5.678	(h · pi ² · °F)/Btu	
Résistivité thermique (r)			
Multiplier	par	pour obtenir	
(m ² · °C)/W	0.144	(h · pi ² · °F)/Btu x po	
Coefficient de transmission de la chaleur (U) (ou Conductance thermique (C))			
Multiplier	par	pour obtenir	C = k/épaisseur U = 1/R1 + R2 + Rn
W/(m ² · °C)	0.176	Btu/(h · pi ² · °F)	
Conductivité thermique (k)			
Multiplier	par	pour obtenir	k = 1/r
kJ/(m · h · °C) ou W/(m · °C)	6.94	Btu · po/(pi ² · h · °F)	

3.5 HUMIDITÉ RELATIVE (%)

L'humidité relative est le rapport, exprimé en pourcentage, de la quantité réelle de vapeur d'eau contenue dans l'air à la quantité maximale que celui-ci peut contenir à une température donnée. Par exemple une humidité relative (H.R.) de 50% indique que l'air extérieur renferme la moitié de la quantité totale de vapeur d'eau qu'il peut contenir à cette température. L'air ayant une humidité relative de 100% a atteint son point de saturation; la vapeur d'eau commencera à se condenser si la température baisse ou si l'humidité augmente. La vapeur d'eau se condense sous forme solide quand la température (**T**) est inférieure à 0°C. La température à laquelle commence la condensation de l'eau est appelée **point de rosée**.

Il est très important de saisir les notions de point de rosée et de capacité de rétention de la vapeur d'eau de l'air pour comprendre les désordres causés par la condensation et l'humidité dans les bâtiments. Lorsque la température de l'air décroît, la quantité maximale de vapeur d'eau qu'il peut contenir est réduite. Par exemple, si un air à 21°C et 50% H.R. est refroidi à 11°C, son humidité relative atteint 100% (le point de rosée). Si la température s'abaisse encore, la vapeur d'eau excédentaire se condensera de façon à ce que l'humidité relative demeure à 100%.

4- PROPRIÉTÉS IDÉALES DES ISOLANTS

Un isolant de couverture idéal, doit posséder les caractéristiques suivantes:

- 4.1 Résistance thermique: la plus haute résistance thermique pour une épaisseur donnée.
- 4.2 Durabilité: doivent être composés de matériaux qui résistent à la détérioration.
- 4.3 Résistance aux impacts: doivent posséder des propriétés mécaniques et une densité suffisante pour résister aux chocs et impacts lors des travaux de construction ou en service.
- 4.4 Résistance à la compression: doivent posséder des propriétés mécaniques suffisante pour résister à la circulation et à l'entreposage des matériaux lors des travaux de construction ou en service.
- 4.5 Résistance à l'humidité: doivent résister aux vapeurs humides et à l'eau.
- 4.6 Stabilité dimensionnelle: doivent conserver leurs dimensions et ne pas se déformer suite aux variations des conditions d'humidité et de température.
- 4.7 Résistance au feu: doivent satisfaire aux normes applicables en ce domaine.
- 4.8 Compatibilité: ne doivent pas se détériorer suite à une réaction chimique ou physique avec les différentes composantes des systèmes dans lesquels ils s'insèrent (asphalte chaud et/ou solvants présents dans certains adhésifs, etc...)
- 4.9 Fixation: Surfaces et compositions doivent permettre l'utilisation de fixations mécaniques.
- 4.10 Environnement: Non-toxiques
 Récupérables
 Recyclables.

5- SOURCES

- Devis Couvertures A.M.C.Q. Édition 2001
- Normes et publications ONGC
- Normes et publications ASTM
- Normes et publications ACNOR
- Normes et publications ULC
- Conseil National de Recherches du Canada
- Module de référence: Dow Chemical - Laurent Dommaget
- Notes d'information sur la construction #26F: Conseil National de Recherches du Canada
 - E.C. Scheunaman - Mars - 1982
- ASHRAE Book of Fundamentals 1981
- RCABC: Roofing Practices Manual of Roofing Contractors Association of British Columbia
- Principes fondamentaux de l'échange chaleur: Fiberglas Canada Inc.
- Code National du Bâtiment 1995 (intégrant les modifications du Québec)

Avis: en cas de contradiction entre les informations contenues dans le présent bulletin technique et celle aux normes, ces dernières prévalent.

