



NRC Publications Archive Archives des publications du CNRC

La différence entre un pare-vapeur et un pare-air Quirouette, R. L.

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/10.4224/21273247>

Note sur la construction, 1985-07-01

NRC Publications Record / Notice d'Archives des publications de CNRC:

<https://nrc-publications.canada.ca/eng/view/object/?id=7d642804-f484-4959-ad51-6d9237a0cf4c>

<https://publications-cnrc.canada.ca/fra/voir/objet/?id=7d642804-f484-4959-ad51-6d9237a0cf4c>

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.



LA DIFFÉRENCE ENTRE UN PARE-VAPEUR ET UN PARE-AIR

par R.L. Quirouette
Section des performances du bâtiment
Division des recherches en construction

ANALYZED

BPN 54F
Juillet 1985
ISSN 0830-8268
©Conseil national de recherches Canada 1985

RÉSUMÉ

Les problèmes d'humidité dans les murs ont été attribués en grande partie à deux phénomènes : la diffusion de la vapeur et celui, plus important, des fuites d'air (notamment par dépôt de l'humidité contenue dans l'air qui s'échappe de l'enveloppe d'un bâtiment). Bien qu'il existe des techniques pour contrôler la diffusion de la vapeur d'eau (pare-vapeur, méthodes de calcul, exigences imposées par les règlements, normes applicables aux matériaux, méthodes d'essai), il n'existe que très peu de moyens pour remédier aux fuites d'air (étanchéité à l'air) des enveloppes des bâtiments existants et à peu près rien pour la conception et la construction de l'enveloppe des bâtiments neufs.

Cette communication présente une définition du pare-vent, décrit les exigences relatives à sa performance et examine l'application de la théorie à divers types de constructions commerciales. Cette application pourrait permettre d'obtenir un pare-vent fonctionnel et durable à l'intérieur de l'enveloppe du bâtiment.

ABSTRACT

Moisture problems in walls have been attributed in large measure to two mechanisms: vapour diffusion, and now more importantly, air leakage, specifically the deposition of moisture by moist air exfiltrating through the building envelope. While significant technology related to vapour diffusion control (the vapour barrier) exists (i.e. calculation procedures, regulatory requirements, material standards and performance testing procedures), there is minimal technology available related to air leakage control (the air barrier) for the repair of existing building envelopes and virtually none for the design and construction of the envelope of new buildings.

This paper presents a definition of the air barrier, outlines the performance requirements, and examines the application of the theory to several typical commercial constructions. This application could provide a functional and durable air barrier within the building envelope.

INTRODUCTION

Un examen suivi de la performance des bâtiments au Canada a convaincu l'auteur que les problèmes qui se posent dans les murs extérieurs découlent principalement des fuites d'air. On a relié ce phénomène à l'efflorescence, à l'éclatement de la maçonnerie, à l'accumulation de glace sous les soffites, aux tuyaux gelés et à la condensation dans les cavités, de même qu'à la pénétration de la pluie, aux coûts élevés de l'énergie et à la difficulté à protéger l'intérieur des bâtiments contre l'humidité. Bon nombre de ces problèmes ne dérivent pas des matériaux utilisés ou des méthodes de construction, comme on le croyait à l'origine, mais paraissent tôt dans le processus de construction - soit aux étapes du dessin et des devis. La grande confusion qui règne à l'égard de la fonction du pare-air et de celle du pare-vapeur semble être la principale source de ces problèmes.

C'est une pratique courante en architecture d'employer le terme pare-vapeur dans les devis. Parfois, on utilisera le terme pare-air/vapeur et, rarement, "pare-air". Ceci dénote un manque de conformité dans la terminologie utilisée mais, plus important encore, témoigne de l'incertitude de l'industrie quant à la conception, aux matériaux et aux méthodes de construction de ces composants fondamentaux de l'enveloppe du bâtiment. Toutefois, la confusion porte principalement sur les fonctions de ces différents écrans.

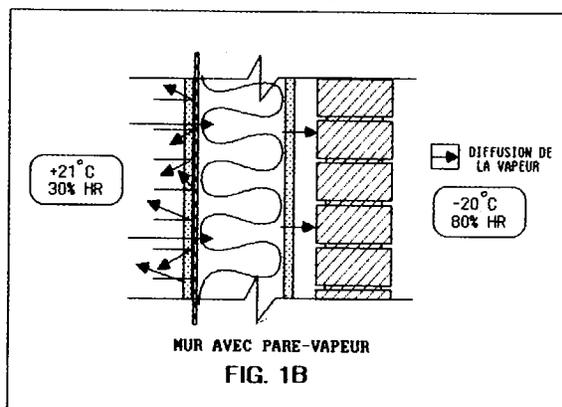
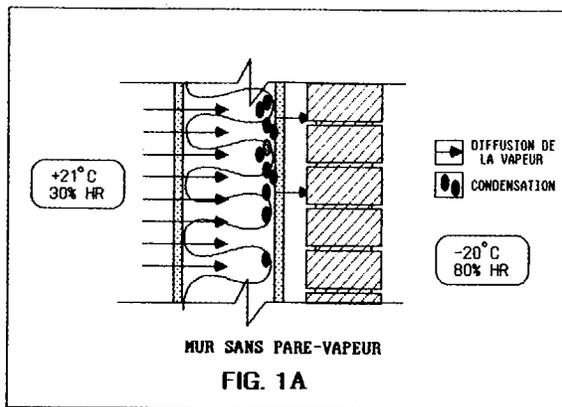
Une feuille de polyéthylène de 4 mil constituera un pare-vapeur de bonne qualité, de même qu'un béton coulé sur place de 12 pouces d'épaisseur formera un pare-air de bonne qualité. Ce ne sont là que des exemples car les fonctions de ces deux écrans sont aussi différentes que l'est le polyéthylène du béton.

En fait, on peut utiliser divers matériaux pour réaliser des pare-vapeur ou des pare-air efficaces. Le choix des matériaux ou la combinaison de ces derniers ainsi que la méthode d'assemblage dépendent de la fonction à laquelle ils sont destinés. Il est primordial de comprendre clairement les fonctions de ces deux types d'écrans pour assurer une bonne conception et une performance efficace et prévisible de l'enveloppe du bâtiment.

PROTECTION CONTRE LA DIFFUSION DE LA VAPEUR (LE PARE-VAPEUR)

Le pare-vapeur sert principalement à arrêter ou, plus précisément, à retarder le passage de l'humidité par diffusion à travers l'assemblage des matériaux d'un mur.

La diffusion est le processus par lequel la vapeur d'eau migre à travers un matériau (figure 1a). La vitesse de migration, ou de diffusion, de la vapeur d'eau dépend de deux facteurs : la différence entre la pression de la vapeur d'eau dans l'air intérieur du bâtiment et celle dans l'air extérieur, et la résistance que les matériaux opposent à la diffusion de l'humidité.

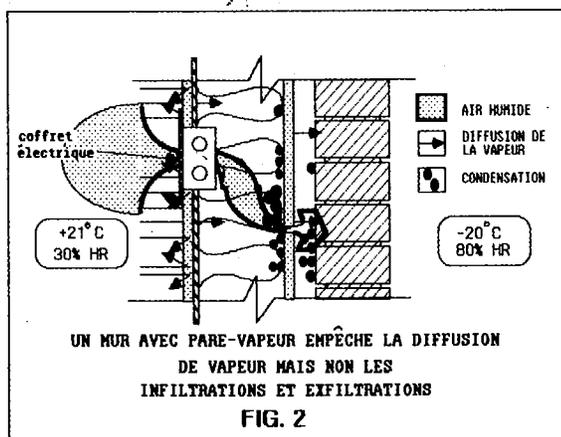


Tous les matériaux offrent une résistance à la diffusion de l'humidité, certains plus que d'autres. La vapeur d'eau traverse l'air, les feuilles de polyéthylène, les panneaux de fibres, le béton et plusieurs autres matériaux, mais à des vitesses différentes. Un pare-vapeur est fait d'un matériau qui résiste mieux à la diffusion de la vapeur d'eau que la plupart des autres. Il est normalement installé du côté chaud de l'isolant (figure 1b). Le matériau le plus couramment utilisé à cette fin est le polyéthylène en feuilles d'épaisseur suffisante; toutefois, d'autres matériaux tels que le papier d'aluminium, certaines peintures, certains produits adhésifs pour isolant (mastic), le métal, le verre et même le béton d'une épaisseur suffisante peuvent tout aussi bien servir de pare-vapeur.

La propriété d'un matériau qui permet de contrôler la diffusion de l'humidité est sa "perméance à la vapeur d'eau". Cette dernière s'exprime en termes de quantité d'eau qui se diffuse à travers une épaisseur donnée de matériau pour une surface donnée, pendant une période de temps spécifiée, à une différence d'une unité de pression de vapeur. Par exemple, un matériau en feuille de 0,1 mm d'épaisseur, qui a une perméance à la vapeur d'eau de 10, permet le passage de 10 nanogrammes d'eau à travers un mètre carré du matériau par seconde, lorsque la différence de pression de vapeur d'eau est d'un pascal. En pratique, un taux maximal admissible de 15 représente la norme acceptée de perméance à la vapeur d'eau (CAN 2-51.33-M80) pour un pare-vapeur de Type 1. Tout matériau ayant un taux de 15 ou moins peut servir de pare-vapeur de Type 1, pourvu qu'il réponde aux autres exigences de la norme.

Supposons par exemple que la coupe du mur de la figure 2 montre un espace entre poteaux et laisse voir dans le local un mètre carré du pare-vapeur. Le pare-vapeur a une perméance à la vapeur d'eau de $5 \text{ ng/Pa}\cdot\text{s}\cdot\text{m}^2$ ($0,087 \text{ grains/h}\cdot\text{pi}^2\cdot\text{po Hg}$), la température du local est de 21°C , l'humidité relative de 30 % et la température du revêtement de -20°C . Si l'on maintenait ces conditions pendant un mois, environ six grammes d'eau se propageraient dans la cavité. Cette diffusion ne produirait qu'une couche de givre sur la surface interne du revêtement.

Cet exemple ne vise pas à démontrer que le contrôle de la diffusion est sans importance et que le pare-vapeur est facultatif. Bien au contraire, l'installation d'un pare-vapeur est nécessaire, notamment dans les bâtiments



ayant un taux élevé d'humidité comme les centres d'ordinateurs, les musées, les hôpitaux et les piscines.

Pour que le pare-vapeur puisse contrôler la condensation provenant de la diffusion de la vapeur, il doit être placé sur le côté chaud de l'isolant, ou près de celui-ci, c'est-à-dire sur le côté ayant habituellement une pression élevée de vapeur. Contrairement à la croyance populaire, il n'est pas nécessaire que le pare-vapeur présente une surface tout à fait continue. Les

recouvrements non étanches, les trous d'épingles, les petites fissures, etc., n'augmentent pas de façon notable le taux global de diffusion de l'humidité dans une cavité de mur ou de toiture. Il serait toutefois préférable d'éviter ces imperfections dans la mesure du possible.

PROTECTION CONTRE LES INFILTRATIONS ET LES EXFILTRATIONS (LE PARE-AIR)

La diffusion de la vapeur d'eau est l'un des phénomènes par lequel l'eau peut s'infiltrer dans la cavité d'un mur ou d'un toit. L'installation d'un pare-vapeur dans un mur ou un toit ne diminue que partiellement l'entrée de l'humidité dans l'enceinte d'un bâtiment. Les fuites d'air constituent l'autre phénomène, que l'on considère aujourd'hui beaucoup plus important. Elles se produisent lorsque des ouvertures (trous, fissures, etc.) dans l'enveloppe du bâtiment forment un passage continu entre l'intérieur et l'extérieur, et qu'il existe une différence de pression d'air entre les deux. Il est évident que ces deux phénomènes peuvent agir simultanément.

Le pare-air sert principalement à empêcher l'air extérieur de s'infiltrer dans le bâtiment par les murs, les fenêtres ou le toit, et l'air intérieur de s'exfiltrer à travers l'enveloppe du bâtiment. Les fuites d'air pouvant créer des problèmes autres que le dépôt d'humidité dans les cavités, le pare-air remplit donc ses fonctions en tout temps, que l'air soit humide ou sec. L'air qui s'exfiltre entraîne l'énergie de chaleur et l'énergie de refroidissement, tandis que l'air qui s'infiltre peut introduire de la pollution et même mettre hors d'état un mur à écran pare-pluie.

L'air chargé d'humidité qui passe à travers une cavité isolée avec un pare-vapeur peut y déposer beaucoup plus d'humidité qu'il s'en diffuserait à travers le pare-vapeur pendant la même période de temps.

Par exemple, si le côté du local illustré à la figure 2 présentait une ouverture débouchant sur la cavité (p. ex. une prise de courant ou un tuyau de service) et ayant une superficie nette de 625 mm^2 (1 po^2), un volume d'air de $2\,600 \text{ m}^3$ ($91\,818 \text{ pi}^3$) entrerait dans la cavité et sortirait à l'extérieur, pendant une période d'un mois, à une différence de pression de 10 Pa ($0,2 \text{ lb/pi}^2$) (équivalent à 15 km/h ($9,3 \text{ m/h}$) de vent). Ceci

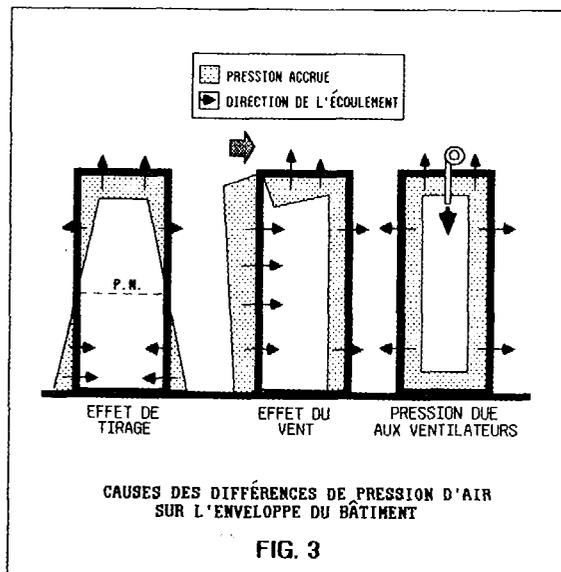
représenterait environ 3 000 kg (6 614 lb) d'air et 14 kg (30,9 lb) d'eau. Supposons en outre que seulement 10 % de cette eau se condense dans la cavité, l'air déplacé déposerait alors une quantité d'humidité 233 fois plus grande (10 % de 14 kg, 1400 g/6 g) que celle propagée par diffusion seulement.

Voies d'infiltration et d'exfiltration

Les trous ou les ouvertures qui traversent l'enveloppe du bâtiment peuvent revêtir des formes différentes, par exemple des fissures ou des joints entre les composants de remplissage et les éléments de charpente, des mauvais raccordements mur-toit ou aux ouvertures pour les équipements du bâtiment. On les trouve également dans les matériaux poreux comme les blocs de béton, la fibre de verre de grande densité, l'isolant de polystyrène moulé et le panneau de fibre. Certaines ouvertures vont directement de l'intérieur à l'extérieur, sans obstacle, comme dans le cas des nervures d'un platelage en tôle d'acier au pourtour d'un plancher ou d'un toit. D'autres peuvent se présenter dans le revêtement intérieur (derrière un radiateur ou au-dessus d'un plafond suspendu), passer dans une cavité murale et déboucher sur le parement extérieur par des orifices se trouvant en d'autres endroits, par exemple les chantepleures ou les trous de ventilation dans le placage en briques. Certaines ouvertures peuvent se former après la construction, en raison du mouvement différentiel des briques ou des blocs de ciment causé par le retrait du mortier, l'expansion et la contraction thermiques des éléments du bâtiment ou le fléchissement des poutres. D'autres peuvent par ailleurs résulter du choix inapproprié des matériaux à joints.

Différence de pression d'air

Les fuites d'air s'échappant par les ouvertures dans l'enveloppe du bâtiment sont causées par les différences de pression d'air dues à l'une ou plusieurs des trois sources suivantes (figure 3). (La première est l'effet de tirage ou l'effet de cheminée, qui est fonction de la différence de



température entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment. La deuxième source est la force du vent agissant sur l'enveloppe du bâtiment, et la troisième, le fonctionnement d'un système de ventilation. Dans le cas d'un mur ou d'un toit, la différence nette de pression d'air peut résulter des trois sources combinées. En outre, elle diffère d'un endroit à l'autre dans l'enveloppe du bâtiment. Cette différence peut également varier considérablement : de un à dix pascals (0,2 lb/pi²) dans une petite maison, pour s'élever périodiquement jusqu'à 2 000 pascals (42 lb/pi²) dans des conditions très sévères de surcharge due au vent, d'effet de tirage et de mise en pression par ventilateurs.

L'effet de tirage. L'effet de tirage se produit lorsque l'air intérieur, plus chaud, a une plus faible densité que l'air extérieur, plus froid. Cette différence de densité crée vers l'extérieur une légère pression positive au sommet du bâtiment, tout en exerçant vers l'intérieur une légère pression négative à la base. Par conséquent, l'air tend à s'infiltrer aux niveaux inférieurs du bâtiment et à s'exfiltrer aux niveaux supérieurs. De façon générale, ceci représente donc une différence de pression entre l'air intérieur et l'air extérieur de 50 Pa (1 lb/pi²) au niveau de la toiture d'un bâtiment de 25 étages, au milieu de l'hiver, en supposant que le plan de pression neutre se situe près de la mi-hauteur. Il existe en même temps au niveau du rez-de-chaussée une pression de 50 Pa qui agit vers l'intérieur. (Les portes battantes du rez-de-chaussée des immeubles élevés sont souvent difficiles à ouvrir vers l'extérieur en raison de cette différence de pression d'air; pour contrer cette difficulté, on utilise des portes pivotantes.)

Le vent. Le vent provoque l'infiltration d'air du côté exposé au vent d'un bâtiment et l'exfiltration du côté sous le vent et sur les côtés parallèles à la direction du vent. De même, l'air s'exfiltrera d'une toiture-terrasse en raison de la pression négative causée par le vent. Tout comme la vitesse du vent, la différence de pression entre les deux côtés de l'enveloppe du bâtiment augmentera avec la hauteur.

Le vent exerce une pression maximale au centre de la façade face au vent, et une pression minimale au périmètre. La force de succion, d'autre part, est maximale au périmètre et décroît vers le centre. La pression exercée sur les murs latéraux parallèles au vent est normalement négative, mais elle peut changer rapidement en valeur et même se transformer en pression positive selon le changement de direction du vent.

Si une fenêtre est ouverte du côté au vent d'une maison, la pression intérieure s'élèvera pour devenir presque égale à la pression exercée sur le mur extérieur face au vent. Les autres murs et le toit, cependant, peuvent subir une importante augmentation de la différence de pression d'air qui, à son tour, peut sensiblement accroître l'exfiltration à travers le plafond et le mur du bâtiment sous le vent.

Mise en pression par ventilateurs. L'air d'un bâtiment est renouvelé au moyen de ventilateurs. Ils peuvent être aussi petits qu'un ventilateur de salle de bain pour les logements, ou aussi grands qu'une maison pour certains types d'établissements commerciaux, industriels et d'hébergement.

Peu importe leur taille, les ventilateurs servent habituellement à introduire ou à évacuer l'air d'un bâtiment. On peut les régler positivement pour qu'ils fournissent plus d'air qu'ils n'en évacuent, afin de pressuriser le bâtiment; ce réglage est courant dans les immeubles élevés pour amoindrir la différence de pression d'air causée au niveau du rez-de-chaussée par l'effet de tirage. On peut aussi les régler négativement pour qu'ils évacuent plus d'air qu'ils n'en fournissent, afin d'empêcher l'air humide d'entrer dans les cavités des toits ou des murs par exfiltration; ce réglage présenterait certains avantages pour l'enceinte d'une piscine intérieure.

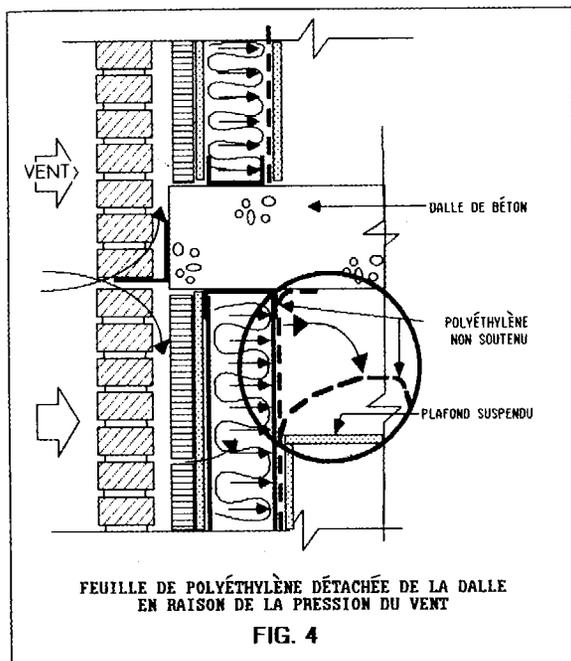


FIG. 4

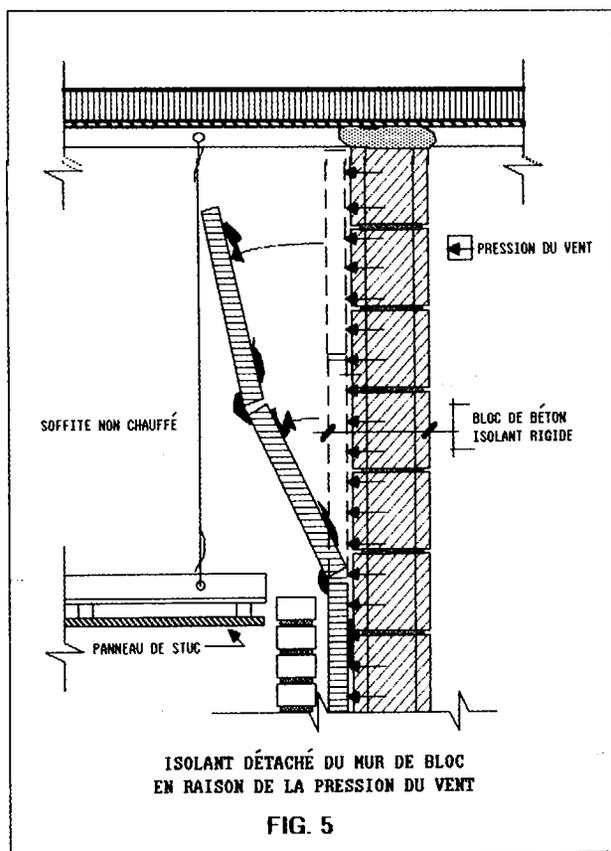


FIG. 5

La ventilation mécanique peut engendrer une petite, mais importante, différence de pression d'air à travers l'enveloppe du bâtiment. Il faudrait donc en tenir compte lors de la conception de l'enveloppe puisque certains matériaux peuvent se désassembler ou sortir des joints sous des pressions constantes.

Les effets du vent sur les constructions

Des vents élevés occasionnels peuvent produire de fortes différences de pression de part et d'autre d'un mur et exercer une contrainte non seulement sur le revêtement mais également sur les matériaux compris dans la cavité d'un mur ou d'un toit et ayant une grande résistance naturelle aux infiltrations et exfiltrations (par exemple, les dalles de béton, les membranes de toiture, les panneaux préfabriqués). Cette contrainte peut aussi s'exercer sur les matériaux (pare-air/vapeur) conçus pour diminuer ces infiltrations et exfiltrations. Si la différence de pression d'air est supérieure à la capacité du pare-air à supporter la charge, l'étanchéité à l'air sera alors détruite et la transparence à l'air du mur sera accrue (figure 4). Il est très important de comprendre que si la différence de pression d'air ne peut déplacer l'air, elle peut toutefois déplacer les matériaux qui l'empêchent de s'écouler.

On a constaté, dans un centre commercial relativement neuf, qu'une certaine partie de l'isolant, fixée par plots au moyen d'un adhésif à un mur de bloc de béton, s'était détachée du mur et était tombée sur le soffite

de la toiture en porte-à-faux (figure 5). Lorsque le vent a fait augmenter la pression à l'intérieur du bâtiment (par l'ouverture d'une large porte face au vent), il semblerait que la pression d'air s'exerçant au travers du mur de blocs poreux ait poussé l'isolant avec suffisamment de force pour

briser la résistance de l'adhésif et le détacher de son support. Ce cas démontre bien l'importance des différences de pression agissant sur les deux côtés du matériau le plus imperméable à l'air, qui peut être mal fixé à la structure portante et qui n'était pas destiné à empêcher l'air de passer.

Chaque membrane ou ensemble de matériaux destiné à supporter la charge due à une différence de pression d'air doit être conçu et construit pour porter cette charge, ou il doit être soutenu adéquatement par les autres éléments du mur. Si le pare-air est fabriqué avec des matériaux flexibles, il doit alors être supporté des deux côtés par des matériaux capables d'opposer une résistance à la charge de pression de pointe; sinon, il doit être fait de matériaux autoportants, tels que des panneaux fixés solidement à la charpente. Il est possible de coller certaines membranes de façon satisfaisante à un support rigide pour former un pare-air composite (membrane plus support), comme une membrane de bitume élastomère appliquée sur un mur de remplissage en maçonnerie.

EXIGENCES POUR LA CONCEPTION DES PARE-AIR

Les matériaux et la méthode d'assemblage choisis pour fabriquer un pare-air doivent satisfaire plusieurs exigences afin d'assurer une bonne protection contre les infiltrations et les exfiltrations.

1. Il doit y avoir continuité des pare-air sur toute l'enveloppe du bâtiment. Le pare-air mural doit présenter une surface continue avec le pare-air de toiture (par exemple la membrane de toiture). Le pare-air mural doit être raccordé au pare-air du cadre de fenêtre, etc.
2. Le pare-air doit être fixé à une structure portante pour résister à la pression dynamique de rafale du vent, à un effet de tirage constant ou à une mise en pression causée par un équipement de ventilation; il doit être également assez rigide pour ne pas céder au déplacement.
 - a) Les matériaux et la configuration de l'assemblage du pare-air doivent pouvoir résister à la charge la plus élevée de pression d'air, que ce soit vers l'intérieur ou l'extérieur, sans se briser ou se détacher du support.
 - b) L'assemblage ne doit pas se séparer d'un support ou céder à un joint sous une différence de pression d'air continue (telle que l'effet de tirage ou la mise en pression par ventilateurs).
 - c) La déformation des matériaux composant le pare-air entre les supports doit être réduite au minimum afin d'empêcher le déplacement des autres matériaux (par exemple l'isolant dans les cavités).
3. Le pare-air doit être pratiquement imperméable à l'air. On n'a pas encore déterminé de valeur maximale admissible de perméabilité à l'air. Cependant, les matériaux tels que le polyéthylène, plusieurs types de membranes monocouches de toiture, les plaques de plâtre, le béton coulé sur place, le métal ou le verre sont qualifiés de matériaux ayant une faible perméabilité à l'air, contrairement aux blocs de béton, à l'isolant acoustique, à l'isolant de polystyrène moulé et au panneau de fibres.

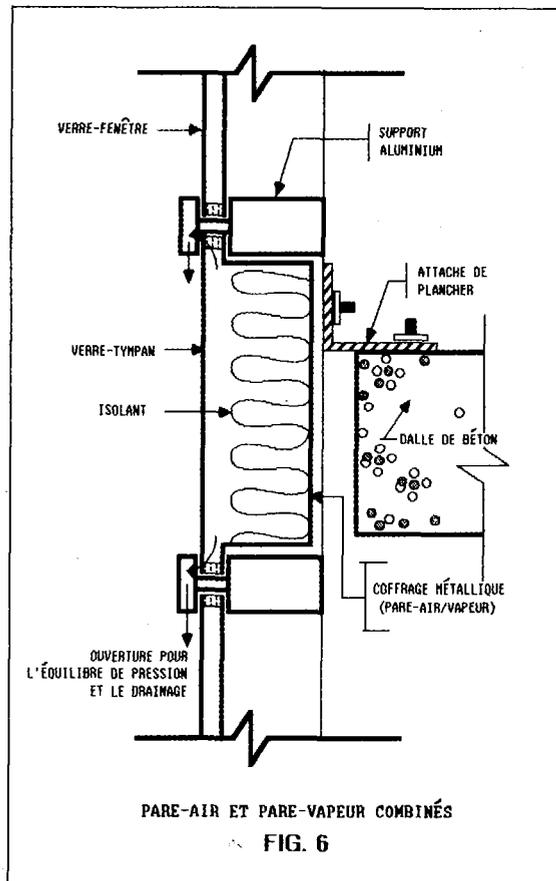
L'industrie des murs-rideaux en métal et en verre, notamment aux États-Unis, a adopté une valeur de $0,3 \text{ L/m}^2 \cdot \text{s}$ ($0,06 \text{ pi}^3/\text{mm} \cdot \text{pi}^2$) à 75 Pa ($1,57 \text{ lb/pi}^2$) comme taux maximal admissible de transparence à l'air pour ces types de construction. On considère néanmoins cette valeur élevée pour les bâtiments au Canada, et certains fabricants canadiens prétendent que leur système satisfera à une valeur de $0,1 \text{ L/m}^2 \cdot \text{s}$ ou moins pour une différence de pression identique. Pourtant, elle pourrait être encore plus basse, car il est facile de trouver un matériau dont la transparence à l'air est pratiquement nulle. C'est toutefois le pare-air au complet (aires principales plus joints) qui doit assurer une étanchéité à l'air presque totale.

4. L'ensemble du pare-air doit présenter la même caractéristique de durabilité que le bâtiment, doit être fait de matériaux dont la longue durée de service est reconnue, ou il doit être placé de façon à ce que l'on puisse y effectuer à l'occasion des travaux d'entretien.

ASPECTS PRATIQUES DU PARE-AIR

Pare-air et pare-vapeur combinés

Un mur ou un toit doit être muni d'un pare-air, et peut-être aussi d'un pare-vapeur. Un seul matériau peut remplir les deux fonctions, pourvu qu'il réponde aux exigences de conception à la fois du pare-air et du pare-vapeur.

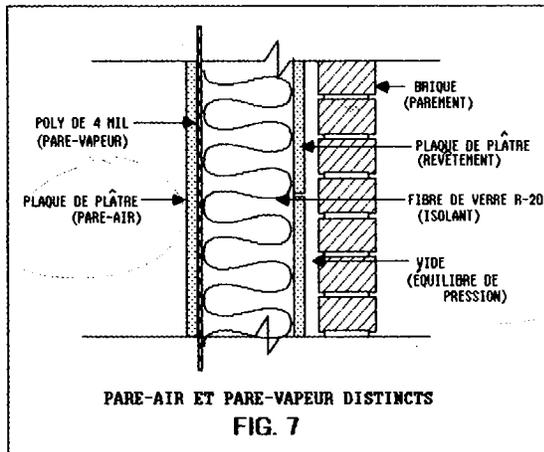


Dans l'ensemble illustré à la figure 6, les théories de la protection contre la diffusion de vapeur et de la protection contre les infiltrations et les exfiltrations ont été correctement appliquées dans le système de mur-rideau en verre et métal. Dans ce cas-ci, un coffrage en tôle d'acier galvanisé placé dans le panneau-tympan du mur-rideau remplit les deux fonctions de protection. La tôle d'acier, imperméable à l'humidité, est posée sur le côté chaud de l'isolant. Également imperméable à l'air, le coffrage d'acier est assez résistant; on lui donne souvent plus de rigidité en y fixant des raidisseurs intermédiaires assez solidement pour qu'ils puissent résister à la pression de charge maximale due au vent. Par ailleurs, ces types de systèmes sont souvent soumis à des essais de pression de charge maximale due au vent. Puisque le coffrage d'acier comporte habituellement une

garniture d'étanchéité au pourtour de l'ouverture du cadrage, elle assure la continuité de l'étanchéité à l'air. En outre, elle est aussi durable que la plupart des autres éléments du mur.

Pare-air et pare-vapeur distincts

La figure 7 montre un mur extérieur typique composé d'un placage en briques, d'une lame d'air, d'un revêtement extérieur intermédiaire, d'un isolant en fibres de verre placé dans une ossature en poteaux de tôle d'acier, d'une feuille de polyéthylène et d'une plaque de plâtre.

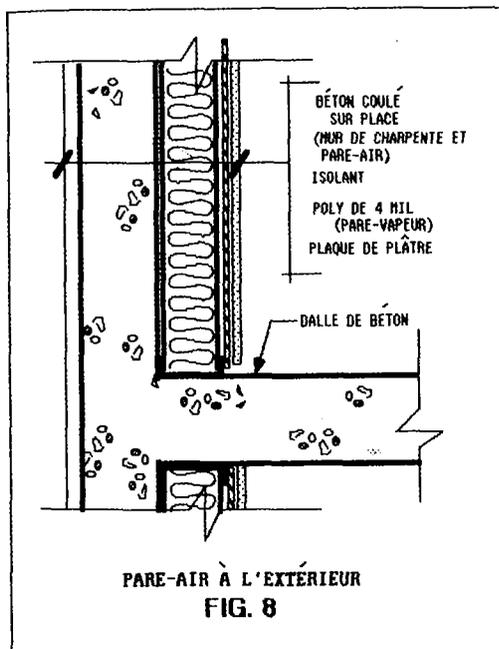


Dans le cas présent, le polyéthylène est utilisé comme élément de protection contre la diffusion de vapeur, car il satisfait l'exigence de résistance à la diffusion de vapeur-d'eau pour un pare-vapeur de Type 1. Il est en outre installé sur le côté chaud du mur. La conception et l'apparence du mur s'écartent toutefois de la pratique courante. On utilise ici la plaque de plâtre intérieure comme pare-air, de préférence au polyéthylène. La feuille de polyéthylène répondrait probablement aux exigences du pare-air si elle était supportée adéquatement de chaque côté. On utilise néanmoins

dans la plupart des cas de l'isolant en fibres de verre de faible densité pour la soutenir du côté de la cavité, mais ce soutien peut être insuffisant lorsque la feuille est soumise à des fortes pressions causées par le vent. Un autre problème se pose : il n'existe pas d'adhésif qui puisse former un joint de recouvrement aussi résistant que le polyéthylène. Un revêtement en plaque de plâtre peut satisfaire à toutes les exigences relatives à l'étanchéité à l'air si l'on effectue le pontage de tous les joints et que l'on assure une étanchéité à l'air continue avec les autres éléments de l'enveloppe. Même si la plaque de plâtre n'est pas aussi durable qu'une tôle d'acier, elle est facile d'accès, donc facile à réparer.

Emplacement du pare-air

Le pare-vapeur est habituellement placé du côté chaud de l'isolant. On peut également le poser à l'intérieur de l'isolant mais, pour qu'il offre une performance satisfaisante, il ne doit pas être posé au-delà de l'endroit où la température de l'air intérieur s'abaisse à son point de rosée. Bien que le pare-air doive être placé de préférence du côté chaud d'un ensemble isolé, il ne s'agit pas d'une exigence essentielle comme dans le cas d'un pare-vapeur. Une technique de construction adéquate de même que le type de matériaux utilisés détermineront davantage l'emplacement d'un pare-air dans un mur ou un toit. Si cet écran est néanmoins installé sur le côté extérieur de l'isolant, il faudra tenir compte de sa perméabilité à la vapeur d'eau au cas où il empêcherait également la vapeur se déplaçant dans le mur de se diffuser à l'extérieur. Il est possible d'éviter ce problème en choisissant un pare-air de dix à vingt fois plus perméable à la diffusion de vapeur d'eau que le pare-vapeur.



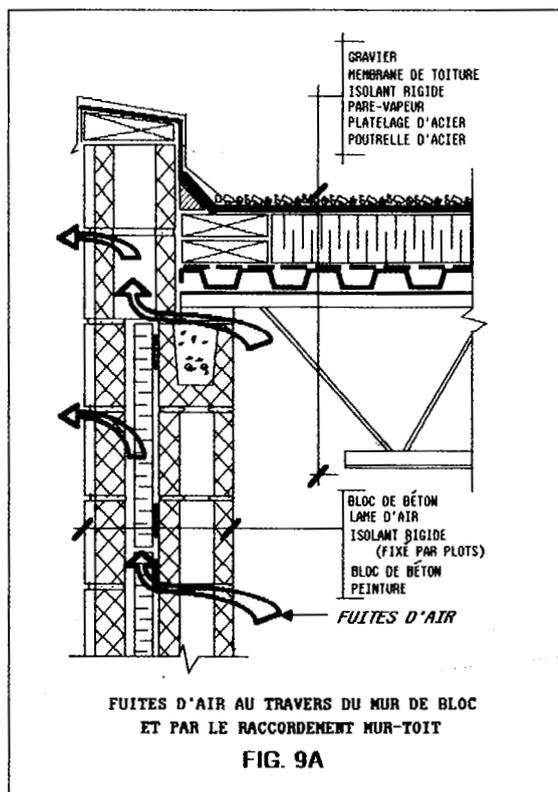
Dans la pratique, il arrive assez souvent que le pare-air soit posé sur le côté extérieur de l'isolant et qu'il remplisse parfaitement ses fonctions. Prenons par exemple le cas d'un immeuble d'habitation typique de hauteur moyenne, ayant un mur de cisaillement décoratif en ciment coulé sur place (figure 8) et dont la façade extérieure est isolée à l'intérieur. En outre, cet immeuble comporte habituellement un pare-vapeur en polyéthylène de 0,1 mm (4 mil) et un revêtement intérieur de finition en plaque de plâtre. En fait, le mur extérieur en béton coulé sur place est un élément continu du mur et présente une résistance et une imperméabilité à l'air adéquate; il agit donc comme pare-air. Le pare-vapeur est fait de polyéthylène, et tant que ce dernier, l'isolant et la surface interne du mur de cisaillement en béton sont

étroitement en contact, le mur remplira sa fonction avec efficacité, comme il l'a fait dans plusieurs bâtiments existants. Si l'isolant n'est pas appuyé contre le mur de béton, la convection ayant lieu dans la cavité pourra fortement modifier la performance thermique de l'isolant. Dans toute conception de mur, il est donc indispensable que l'isolant et le pare-air soient étroitement en contact. Mais, selon l'opinion générale de la plupart des chercheurs et des constructeurs, le pare-air devrait se trouver du côté chaud de l'isolant, où les contraintes thermiques sont minimales. (L'expression "à l'intérieur de l'isolant" ne signifie pas nécessairement "sur la surface interne du mur".)

Conception des joints

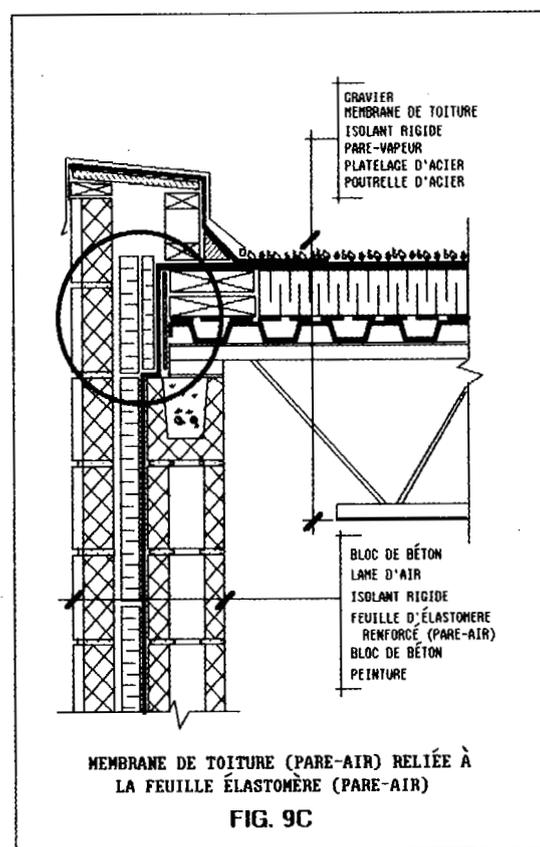
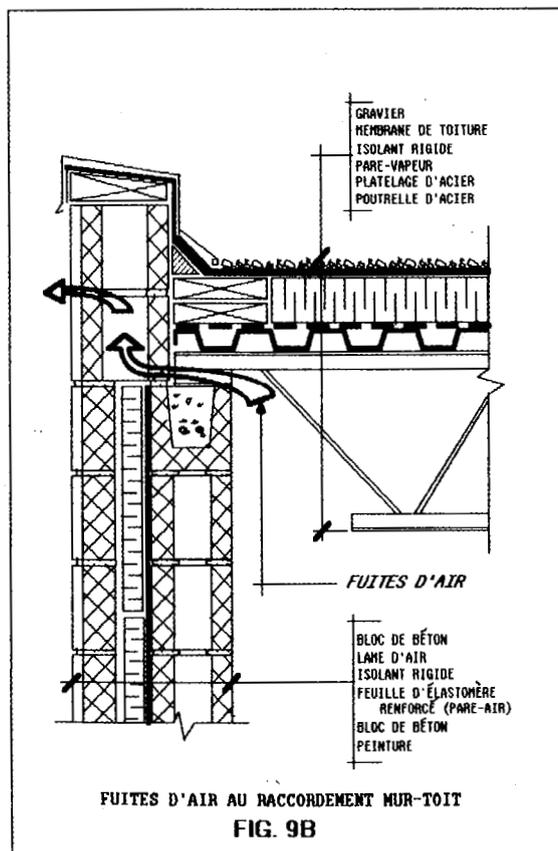
Bien que l'on ait jusqu'ici traité principalement des surfaces planes des murs et des plafonds, il semble néanmoins que les joints qui les rassemblent posent les problèmes de construction et de conception les plus importants. Il existe plusieurs types de joints dont certains, pour les besoins de cette étude, sont considérés les plus critiques : raccordement mur-toit, mur-fondation, mur-fenêtre ou porte, raccords des soffites, détails des coins et raccords entre divers types de murs extérieurs, tels le mur de brique et celui de béton préfabriqué, le mur-rideau et le mur de brique ou de béton préfabriqué, le mur en tôle d'acier et le mur-rideau.

Afin d'illustrer un problème lié à la conception d'un joint, la figure 9a montre une jonction mur-toit typique de plusieurs petits immeubles commerciaux. Une poutrelle d'acier repose sur un bloc porteur. Le toit se compose d'une membrane multicouche traditionnelle posée sur un isolant, qui à son tour est placé sur un pare-vapeur fixé à un platelage d'acier. Le mur consiste en un ensemble de blocs de béton décoratifs de 100 mm (4 po) d'épaisseur chacun, d'une cavité (lame d'air) de 25 mm (1 po) et d'un isolant fixé au moyen d'un adhésif réparti par plots. Comme l'indiquent les flèches (écoulement d'air), un grave problème de fuites d'air se pose au travers du bloc et de ses joints avec ce type de mur, causant souvent



l'écaillage du bloc extérieur, la formation de glaçons sur la surface extérieure et des problèmes liés à la pénétration de la pluie. Peu importe si cette section du mur est bien construite, on ne peut améliorer sa performance. Il faut plutôt apporter des corrections à la conception.

On peut corriger le problème en apportant deux modifications à la conception. La première est illustrée à la figure 9b. Puisque le mur est aussi perméable à l'air qu'un moustiquaire (par les joints entre les blocs), il faut étanchéiser la surface du bloc de béton avant d'installer l'isolant. Le pare-air (un matériau imperméable à l'air combiné à un mur de blocs) peut être composé d'un crépi de ciment (performance à long terme incertaine) ou de panneaux fixés mécaniquement au mur de blocs et dont les joints sont étanches, ou bien d'une membrane élastomère renforcée. Quel que soit le matériau choisi, le pare-air doit



être étanche à l'air, apte à résister à une pression maximale, être durable et présenter une surface continue de la fondation à la toiture.

L'isolant pourrait être fixé au pare-air (pouvant servir également de pare-vapeur), suivi d'une lame d'air et d'un placage de blocs. Cette modification apporterait une solution efficace au problème d'étanchéité à l'air du mur.

La seconde modification a trait à la jonction mur-toit. Dans la figure 9c, on a remplacé le bloc de parapet de 200 mm (8 po) par un bloc de 100 mm (4 po), puis on a fixé la membrane de toiture (le pare-air) à un calage en bois boulonné au platelage d'acier. Un matériau étanche à l'air (de préférence une tôle d'acier ou une membrane de toiture épaisse) relie ensuite la membrane de toiture au pare-air mural. Le reste des éléments, c'est-à-dire l'isolant, la maçonnerie, le couronnement et le contre-solin, sont installés par la suite avec la maçonnerie et l'isolant du mur.

Ce problème lié à la conception des joints illustre la façon d'assurer l'étanchéité à l'air, la protection contre la diffusion de vapeur de même que la continuité de la résistance thermique à la jonction mur-toit de ce type de bâtiment, sans pour autant modifier l'architecture du toit ou l'apparence de la façade. De plus, ces modifications entraînent peu de frais supplémentaires. Il est toutefois évident que lors de la conception des joints, il faut tenir compte de l'ordre des opérations de construction et respecter le champ de compétence des divers corps de métiers.

CONCLUSIONS

Le pare-vapeur a pour fonction de retarder la diffusion de la vapeur d'eau dans l'enveloppe isolée d'un bâtiment. La protection contre la diffusion est simple à réaliser et repose principalement sur la résistance à la diffusion de vapeur d'eau des matériaux et sur leur emplacement dans l'enveloppe du bâtiment. Le concepteur devrait bien identifier cet écran sur les plans afin que le constructeur puisse le reconnaître aisément.

Beaucoup plus complexe, la protection contre les infiltrations et les exfiltrations doit être considérée comme une fonction distincte pour chaque mur, toit ou fenêtre, notamment pour le détail des joints, et même pour la partie de l'enveloppe en dessous du niveau du sol. Le pare-air vise à éliminer l'écoulement de l'air de l'intérieur vers l'extérieur et vice versa. Il doit être continu dans toute l'enveloppe, être fixé à la charpente ou être soutenu de façon à résister à une pression d'air maximale et être pratiquement imperméable au passage de l'air. Le pare-air doit en outre être durable ou facilement réparable. De nouveau, le concepteur doit explicitement identifier le pare-air afin que le constructeur puisse le reconnaître comme tel. Il est préférable, mais non obligatoire, de l'installer sur le côté chaud de l'isolant de façon à améliorer sa stabilité thermique et à permettre un accès plus facile aux fins d'entretien. Les pare-vapeur et pare-air peuvent consister en un seul matériau; le cas échéant, ce dernier doit répondre à toutes les exigences relatives à l'étanchéité à l'air et à la protection contre la diffusion de vapeur.

Si les deux écrans sont faits de matériaux distincts, le matériau du pare-vapeur ne doit alors satisfaire qu'aux exigences ayant trait à la

protection contre la diffusion de vapeur, tandis que le matériau destiné à servir de pare-air ne doit satisfaire qu'aux exigences ayant trait à la protection contre les infiltrations et les exfiltrations.