



source : http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/pubs/cp/wal3-print_f.html

Murs à écran pare-pluie : réalité et fiction

par M.Z. Rousseau

M.Z. Rousseau est architecte à la Direction de la liaison avec l'industrie de l'Institut de recherche en construction.

Paru dans « Construction Canada » 32(2), 1990, p. 40, 42-44, 46

L'infiltration de pluie à travers les murs peut endommager l'enveloppe du bâtiment. La corrosion des ancrages du revêtement extérieur, l'efflorescence de la maçonnerie et les dommages et les taches sur les revêtements intérieurs ne sont que quelques exemples des problèmes causés par une pluie « mal gérée ». Comme si cela ne suffisait pas, l'infiltration de pluie peut aussi nuire à l'aspect, à la fonction et au confort des locaux. Ces facteurs peuvent déranger les occupants et engendrer une perte de productivité, réduire les profits pour les propriétaires et les gestionnaires d'immeubles commerciaux ou administratifs loués et probablement diminuer la valeur marchande du bâtiment.

Il est plus facile et moins coûteux de contrer les infiltrations de pluie dès la conception et la construction du bâtiment que plus tard durant sa vie utile. En effet, les symptômes qui apparaissent apparemment de façon aléatoire dans de nombreuses pièces (qui peuvent contenir du matériel coûteux) au douzième étage d'un bâtiment de 15 étages peuvent être affligeants pour le propriétaire ou le gestionnaire du bâtiment et pour les utilisateurs des locaux. Les concepteurs et les constructeurs (et les propriétaires) de bâtiments doivent comprendre quels sont les éléments nécessaires pour limiter l'infiltration de pluie à travers les murs extérieurs.

Principes incompris

Les demandes de renseignements émanant des constructeurs, des architectes et des ingénieurs montrent bien que les murs à cavité drainée (murs creux) sont souvent confondus avec les murs à écran pare-pluie. Voici comment, subtilement, cette confusion est dévoilée. On cherche à trouver les causes d'un problème d'infiltration de pluie et quelqu'un finit par demander si le principe de l'écran pare-pluie a été appliqué à la conception et à la construction des murs. Assez souvent, la réponse obtenue est la suivante : « Oui, il y a une cavité drainée derrière le revêtement extérieur ». Désolée, mais cette description correspond à un mur à cavité et non à un mur à écran pare-pluie. Un « mur à écran pare-pluie » est conçu et construit selon ce que Kirby Garden appelait le « principe de l'écran de pluie ouvert », dont le fondement est la limitation des toutes les forces pouvant causer une infiltration de pluie.¹

C'est alors que s'amorce généralement un débat terminologique très animé. Il est clair dans mon esprit qu'un « mur à écran pare-pluie » est un mur auquel le « principe de l'écran de pluie » a été appliqué ; cette expression renvoie à un ensemble d'exigences détaillées dans les travaux de Garden parus il y a vingt-cinq ans. D'autres considèrent que tout mur dont le revêtement extérieur sert d'écran contre la pluie, comme un mur creux, peut être appelé mur à écran pare-pluie. Habituellement, le débat cesse lorsque l'on utilise l'expression « mur à écran pare-pluie à pressions équilibrées ». Cette expression est particulièrement utile puisqu'elle souligne d'une part ce qui est ignoré ou confus et, d'autre part, ce qui distingue un mur à écran pare-pluie d'un mur à cavité drainée. L'équilibre des pressions dans la cavité derrière le revêtement extérieur : voilà la distinction entre ces deux types de murs. À mon avis, cette expression est redondante, mais elle a au moins le mérite de mettre fin temporairement aux discussions terminologiques, nous permettant ainsi de nous concentrer sur la façon de construire ce type de mur.

Murs à cavité

Au regard de l'infiltration de pluie, le concept des murs à cavité est fondé sur la limitation de certaines des forces agissant sur le revêtement extérieur : la gravité, la tension superficielle, la capillarité et l'élan des gouttes de pluie. Il y a des dizaines d'années, on utilisait ce concept en maçonnerie pour réduire l'humidité des surfaces intérieures des murs (fig. 1).² Afin d'empêcher la pluie de s'infiltrer par capillarité, on ménageait une large cavité (de 50 à 75 mm d'épaisseur) entre les parois intérieure et extérieure de maçonnerie : l'eau s'infiltrant à travers la paroi extérieure ne pouvait traverser cette cavité pour atteindre la paroi intérieure. L'eau s'écoulait alors sur la face extérieure de la cavité jusqu'au bas du mur, où elle était recueillie par un solin qui la dirigeait vers de petites ouvertures appelées barbacanes ou chantepleurs.

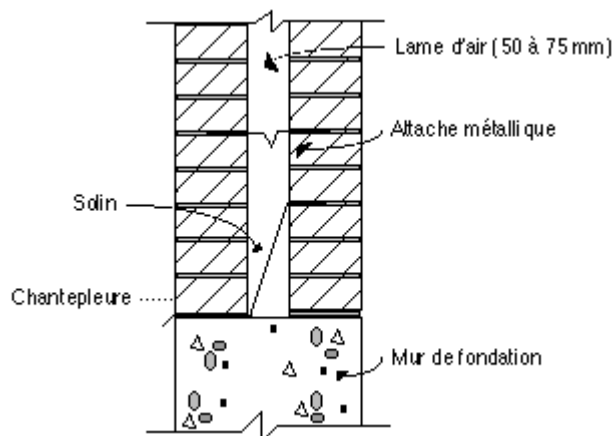


Figure 1. Coupe d'un mur à cavité en maçonnerie, tel que conçu il y a 25 ans

Aux ouvertures et aux jonctions du revêtement avec d'autres éléments comme les fenêtres, les gouttes de pluie peuvent s'infiltrer profondément dans le joint à moins qu'un déflecteur (étanche ni à l'air ni à l'eau) soit installé du côté extérieur du joint pour « briser » l'élan des gouttes. La tension superficielle, autre

manifestation de la capillarité, peut permettre à l'eau de monter dans un joint horizontal ; pour contrer cette force, un changement brusque de direction dans le matériau permet à la goutte d'eau de se détacher de la surface. Une rainure dans un matériau épais ou un labyrinthe sur un matériau mince sont des exemples de façons de limiter la pénétration de pluie sous l'effet de la tension superficielle. Les joints horizontaux devraient avoir une pente vers l'extérieur de façon que la gravité joue en votre faveur. Ce concept de « cavité drainée » a par la suite été appliqué à des types de murs autres qu'en maçonnerie, en adaptant les détails au type de revêtement utilisé. Lorsque les revêtements en panneaux imperméables préfabriqués ont été lancés sur le marché, la conception minutieuse des détails des joints a acquis une importance prépondérante dans la limitation de toutes les forces par lesquelles la pluie peut s'infiltrer dans les murs extérieurs.

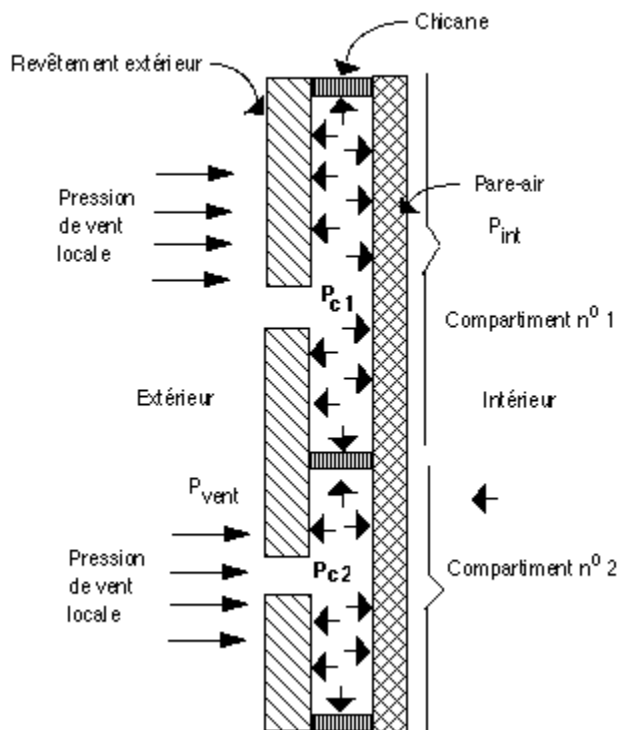


Figure 2. Équilibre des pressions de part et d'autre du revêtement extérieur : pare-air rigide, cavité derrière le revêtement, chicanes et orifices de ventilation dans le revêtement

Même si un mur extérieur comporte une cavité drainée et équipée de solins derrière le revêtement extérieur en plus de déflecteurs de pluie, il est possible qu'il ne limite pas efficacement l'infiltration de pluie parce qu'on n'a pas tenu compte d'une des principales forces en cause : l'écart de pression d'air de part et d'autre du revêtement. Ce phénomène cause une infiltration d'air et d'eau sur les façades au vent à travers des joints, des pores, des interstices, des fissures, des surfaces mal liaisonnées et des ouvertures présentes dès la construction ou qui se forment au fil de la vie utile du revêtement.

Écran pare-pluie à pressions équilibrées

Le principe de l'écran pare-pluie tient compte de toutes les forces auxquelles les murs à cavité drainée s'opposent en plus de l'écart de pression d'air de part et d'autre du revêtement extérieur. Pour bon nombre de concepteurs et d'entrepreneurs, l'idée qu'un écart de pression d'air de part et d'autre du revêtement puisse causer une infiltration d'eau est difficile à comprendre.

Pendant un orage, l'infiltration d'air à travers un revêtement poreux, ses joints, ses fissures et ses interstices fournit à l'eau un excellent véhicule pour s'infiltrer dans l'enveloppe. Le principe de l'écran pare-pluie reconnaît ce potentiel nuisible et cherche à limiter l'écart de pression d'air entre les deux côtés des revêtements extérieurs.

Nul ne peut empêcher le vent de souffler ! Par contre, l'enveloppe peut être conçue de façon que le revêtement extérieur ne subisse presque aucun écart de pression net sous l'effet du vent. Imaginons que la pression de vent sur le revêtement extérieur pourrait pratiquement s'éliminer d'elle-même si la pression était transférée à l'arrière du revêtement. . . dans la cavité (fig. 2). Pour que la cavité réponde rapidement aux variations de pression du vent et pour que le vent soit efficacement maîtrisé à l'intérieur de cette cavité, la circulation d'air dans la cavité doit être minimale. En effet, tout ce que vous voulez, c'est de pomper un petit volume d'air extérieur pour équilibrer les pressions de part et d'autre du revêtement. Pour que cela se produise, il vous faut un pare-air rigide, une cavité derrière le revêtement extérieur divisée verticalement et horizontalement en compartiments étanches de différentes dimensions, une grande surface d'ouvertures reliant la cavité à l'extérieur ainsi qu'un revêtement extérieur relativement imperméable. On est bien loin du mythe voulant que, pour appliquer le principe de l'écran pare-pluie, il suffise de ventiler une cavité (quelles que soient ses dimensions à l'arrière du revêtement extérieur et quelle que soit l'étanchéité du mur intérieur).

Examinons certaines de ces caractéristiques.

Un assemblage pare-air rigide

Le vent (et particulièrement les rafales) produit d'importants écarts de pression entre l'intérieur et l'extérieur des murs extérieurs tandis que la ventilation mécanique et l'effet de tirage créent des écarts de pression plus faibles, mais constants. Les fuites d'air à travers un mur empêchent la pression extérieure de s'équilibrer de part et d'autre du revêtement extérieur. C'est comme essayer de gonfler un ballon dont l'autre bout est perforé : pour augmenter la pression dans le ballon, le plus simple est de faire un noeud avec l'extrémité perforée de façon à la boucher. En construction, cette démonstration de gros bon sens est appelée la réalisation d'un assemblage pare-air ! Un pare-air limite l'écoulement d'air à travers le mur. À partir de là, l'exemple du ballon ne fonctionne plus : le pare-air doit être rigide pour maintenir constant le volume de la cavité. Un volume constant aide la cavité à réagir rapidement sous l'effet des brusques variations de pression (lors de rafales de vent), réduisant le décalage nécessaire pour que

les pressions s'équilibrent de part et d'autre du revêtement extérieur. Une membrane flexible fléchissant à l'intérieur de la cavité sous la pression du vent peut favoriser une aspiration d'air extérieur (et de pluie). Par ailleurs, le pare-air devrait être rigide pour sa durabilité : de cette façon, les surcharges de vent sont plus uniformément réparties sur sa surface et les contraintes sont moins concentrées aux points d'attaches sur les supports.

Une cavité

La cavité derrière le revêtement extérieur est l'endroit dans lequel la pression extérieure peut être transmise, en plus de servir de coupure contre la capillarité et de gouttière pour l'évacuation de l'eau. L'épaisseur nette de la cavité devrait être d'environ 25 mm. Il faut prévoir un jeu pour les tolérances d'exécution et pour l'obstruction possible de la cavité par des débris ou par du mortier (dans le cas d'un revêtement de maçonnerie). Plus la cavité est large, plus l'aire de ventilation du revêtement doit être grande pour y équilibrer les pressions.

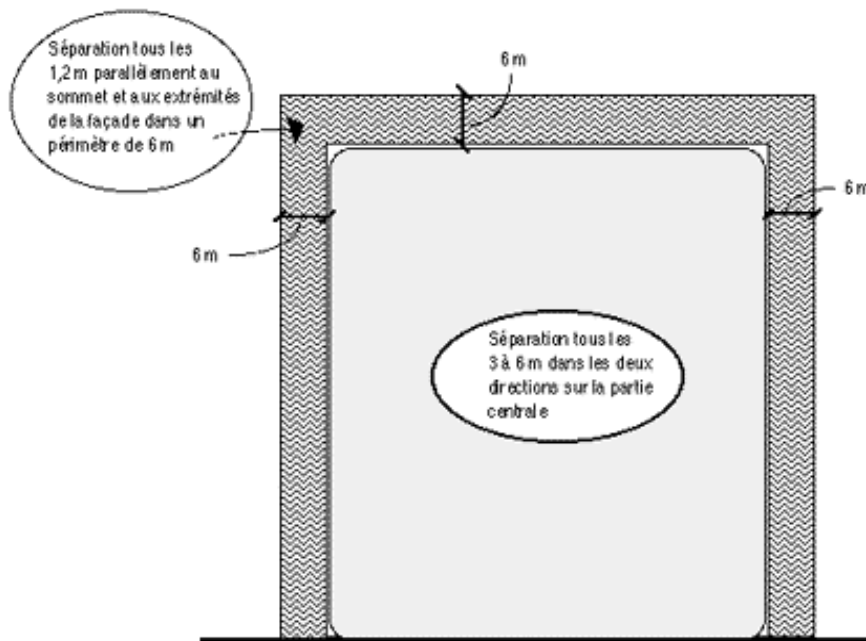


Figure 3.

Compartimentation sur une façade plane en raison des variations de la pression du vent

Une cavité compartimentée

Une circulation d'air latérale peut survenir à l'intérieur de la cavité sans que de l'air traverse le mur. Cette circulation d'air est due aux variations de pression de vent sur la hauteur, la largeur et la géométrie de la façade : l'air extérieur (et la pluie, bien sûr) pénètre dans la cavité par les ouvertures et fissures aux endroits où la pression est supérieure et en sort par les ouvertures dans les zones de pression inférieure, en circulant en passant à l'intérieur de la cavité et peut-être dans l'isolant. Les angles et la partie supérieure des bâtiments sont généralement exposés à des gradients de pression extrêmement élevés car la

face au vent est soumise à une pression positive élevée alors que l'autre face subit une forte dépression. L'équilibre des pressions de part et d'autre du revêtement extérieur ne peut être réalisé sans une limitation adéquate de la circulation d'air latérale à l'intérieur de la cavité.³ La cavité devrait être divisée en une série de compartiments étanches ; ainsi, la plage de variations de pression que subit chaque compartiment est réduite et les chances d'obtenir un équilibre rapide des pressions dans chaque compartiment augmentent.

Quelles devraient être les dimensions de ces compartiments ? Elles devraient être fondées sur la plage de pressions à laquelle le compartiment est susceptible d'être exposé. Puisque les pressions de vent sont généralement plus uniformément réparties au centre d'une façade plane qu'aux angles, les compartiments peuvent être plus grands au centre mais ils devraient être plus petits aux angles (des essais en soufflerie ont démontré l'importance de la compartimentation aux angles).³ Garden proposait des séparations tous les 1,2 m (4 pi) parallèlement aux extrémités et au sommet des murs dans un périmètre de 6 m (20 pi) de large et tous les 3 à 6 m (10 à 20 pi) dans les deux directions sur la partie centrale (fig. 3).¹ Les éléments existants des murs peuvent servir de chicanes de cavité : fenêtres, solins, cornières d'appui, balcons, fourrures, etc. Pour le moment, il n'y a pas de directives sur l'étanchéité à l'air, sur la résistance et sur le mode de fixation de ces chicanes. Le monitoring in situ d'un mur de panneaux sandwich préfabriqués en béton conçu comme un écran pare-pluie à pressions équilibrées indiquent que des bandes de mousse de polystyrène extrudé maintenues par des fixations mécaniques convenaient bien à ce type de mur en fournissant les caractéristiques requises pour réduire la circulation d'air latérale tout en demeurant en place. Il est possible que des lattes de bois, de tôle et de plastique rigide puissent aussi convenir pourvu qu'elles n'interfèrent pas avec d'autres exigences imposées aux murs comme la limitation de la propagation du feu et de la transmission de la chaleur. En 1989, la Société canadienne d'hypothèques et de logement a lancé un projet visant à mieux définir les caractéristiques requises pour limiter l'infiltration de pluie au moyen du principe de l'écran pare-pluie, tel qu'il s'applique à des revêtements extérieurs types (maçonnerie, stuc, planches à clin) utilisés dans les constructions à ossature de bois. Le projet comprend des essais en laboratoire en régime permanent et sous certaines surcharges dynamiques de vent.

Ventilation

Pour équilibrer les pressions entre deux milieux, il faut les relier d'une façon ou d'une autre ; des orifices dans le revêtement relient la cavité à l'extérieur. Ces ouvertures devraient de préférence être situées au bas du compartiment de façon à aussi permettre l'évacuation de l'eau. Tous les orifices d'un compartiment devraient être situés à la même hauteur pour éviter la formation de boucles de circulation d'air. Les orifices devraient avoir au moins 10 mm de diamètre pour éviter qu'une pellicule d'eau se forme à leur surface et les bouche, ce qui réduirait leur surface utile totale.

Le nombre requis d'orifices dans le revêtement dépend de l'étanchéité des

autres éléments de la cavité, c.-à-d. l'assemblage pare-air et les chicanes. Le revêtement extérieur devrait être beaucoup moins étanche que les autres parois du compartiment (pare-air et chicanes) de façon que la pression à l'intérieur de la cavité soit plus proche de la pression extérieure que de la pression intérieure et que la perte de pression à travers le revêtement soit minimale (fig. 4).

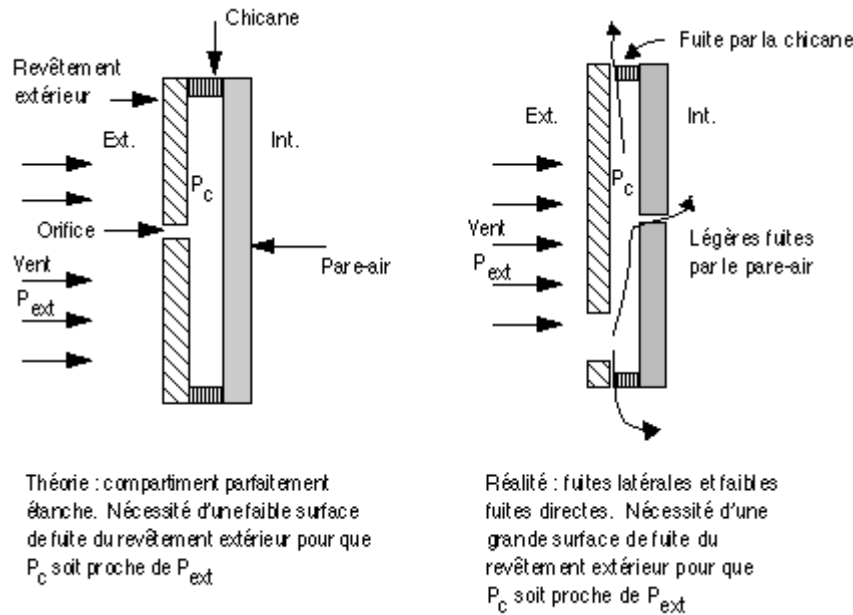


Figure 4. Ventilation du revêtement requise par rapport à l'étanchéité du compartiment

Latta a calculé qu'un rapport de 10:1 entre l'aire de ventilation du revêtement et l'aire des fuites du pare-air serait satisfaisant.⁴ Récemment, des essais en laboratoire effectués à l'IRC sur des murs-rideaux étanches ont confirmé ce rapport.⁵ Toutefois, le compartiment utilisé pour les essais était assez petit, étanche et rigide et d'autres types de murs peuvent nécessiter un rapport différent. Une autre étude propose une aire de ventilation du revêtement de 25 à 40 fois supérieure à l'aire des fuites du pare-air.⁶ La plupart du temps, les chicanes de cavité ne seront pas si étanches et, par conséquent, l'aire de ventilation du revêtement devrait même être supérieure à ces chiffres. Cette approche est assez différente de celle habituellement utilisée pour les murs à cavité, où l'aire de ventilation est assez réduite.

Donc, plus le compartiment est étanche, moins l'aire de ventilation du revêtement doit être importante pour obtenir un équilibre rapide des pressions. L'énoncé inverse est également vrai sur le plan technique : moins le pare-air est étanche, moins le revêtement extérieur doit être étanche ; toutefois, s'il est mal interprété, cet énoncé peut être dangereux pour votre santé ! En effet, vous pouvez vous retrouver avec un mur non étanche avec tous les problèmes que cela implique, comme l'écoulement incontrôlé d'humidité, de poussière, de bruit et de chaleur. Conclusion : ne négligez pas la construction du pare-air en vous disant que vous n'aurez qu'à ouvrir les vannes du revêtement car cela pourrait

causer plus de problèmes que ceux que vous tentez d'éviter. Le pare-air doit être aussi étanche que possible pour limiter l'infiltration de pluie, la condensation et le bruit. Après avoir déterminé l'étanchéité du pare-air, il faut établir l'aire de ventilation du revêtement nécessaire pour respecter le rapport recommandé. Des essais sur un modèle de compartiment de mur peuvent être nécessaires pour déterminer l'étanchéité du pare-air puisqu'on dispose de peu de données sur la plage d'étanchéité des pare-air muraux tels que construits.

Surcharge de vent sur le revêtement

L'application appropriée du principe de l'écran pare-pluie réduit non seulement la charge d'eau sur le revêtement, mais aussi les surcharges de vent. En effet, le fondement du principe est l'établissement de la même pression de part et d'autre du revêtement. En théorie, dans un mur à écran pare-pluie bien conçu, toutes les surcharges de vent devraient être supportées par le pare-air et, par conséquent, les exigences structurales imposées au revêtement extérieur et à ses ancrages pourraient être fortement réduites. En principe, cela peut se produire dans le cas d'un mur à écran pare-pluie bien conçu soumis à des pressions de vent prolongées. Par contre, sous des rafales de vent, le revêtement extérieur doit résister à une partie de la surcharge de vent en raison du décalage nécessaire à l'équilibre des pressions de part et d'autre du revêtement. C'est ce qu'ont démontré le monitoring de deux bâtiments pendant un an et demi⁷ ainsi que des essais en soufflerie effectués sur des murs similaires.³

Le bâtiment A, un édifice de grande hauteur, possède des murs de panneaux sandwich préfabriqués en béton avec un pare-air très rigide (béton coulé en place de 115 mm d'épais), de très petits compartiments, des chicanes étanches et de grandes surfaces de fuite du revêtement (fig. 5).⁸ Un essai de pression statique fait avec l'installation de chauffage, de ventilation et de conditionnement de l'air par temps calme a indiqué que le pare-air peut absorber l'écart de pression entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment, témoignant ainsi de l'efficacité de sa conception et de sa construction. En général, sous des surcharges de vent prolongées (plusieurs secondes et plus), les charges sur le revêtement extérieur étaient faibles (jusqu'à 50 à 60 Pa), ce qui indique un risque d'infiltration de pluie minime. Par contre, des variations brusques de pression de l'air extérieur, en particulier sous des dépressions (effet de succion), ont causé un écart de pression d'au moins 150 Pa entre l'intérieur et l'extérieur du revêtement en raison de la réaction retardée de la cavité. L'écart de pression transitoire le plus élevé mesuré de part et d'autre du revêtement a été de 285 Pa. Cette dépression agissant sur le revêtement extérieur n'a pas d'effet sur le potentiel d'infiltration de pluie dans les murs mais les crêtes de pression de courte durée auxquelles le revêtement et ses ancrages doivent résister ont des conséquences sur la conception structurale de ces éléments. Les mesures indiquent que l'écran pare-pluie et ses fixations peuvent avoir à résister à des surcharges de vent pouvant atteindre jusqu'à 75 % des pressions de calcul sur l'ensemble du mur. Les résultats des essais en soufflerie de ce système de mur font état de chiffres

semblables, indiquant qu'un écran pare-pluie « bien conçu et bien construit » pourrait être conçu pour résister à 70 % de la charge de calcul.

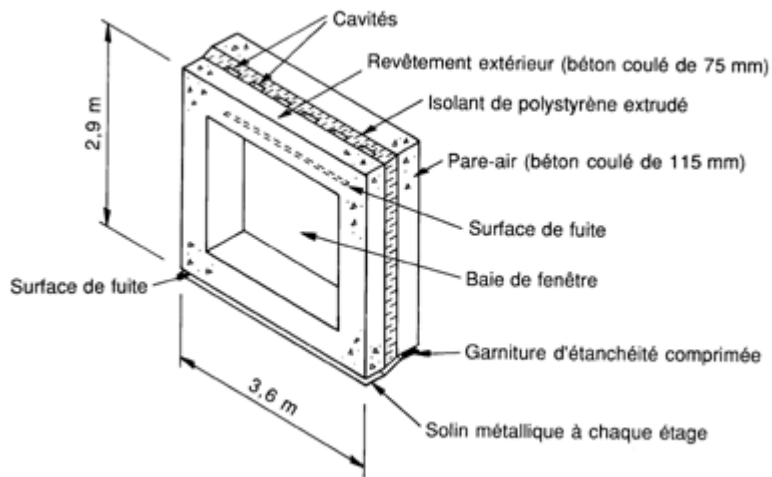


Figure 5. Bâtiment A, vue isométrique d'un compartiment

La mention « bien conçu et bien construit » est très importante en ce qui a trait aux surcharges de vent sur le revêtement, comme nous l'a démontré le monitoring du bâtiment B. Ce bâtiment a un revêtement de maçonnerie, des compartiments inhabituellement grands, peu de surfaces de fuites dans le revêtement et un pare-air flexible non appuyé d'un côté (fig. 6). Ce qui, à première vue, pourrait sembler être un mur à écran pare-pluie à pressions équilibrées ne s'est pas comporté comme tel et les succions dues au vent n'ont pas été transmises au pare-air. Sous une pression positive, la pression de la cavité a suivi la pression extérieure mais sans jamais l'égaliser. Dans ce cas, le revêtement extérieur devrait être conçu pour résister à 100 % des surcharges de vent de calcul.

Cela peut avoir des répercussions sérieuses sur la conception structurale des systèmes de revêtement extérieur. Dans ce contexte, des analyses en soufflerie devraient être effectuées sur la conception proposée si l'on cherche à contrer les pressions de vent sur le revêtement en appliquant le principe de l'écran pare-pluie à pressions équilibrées.

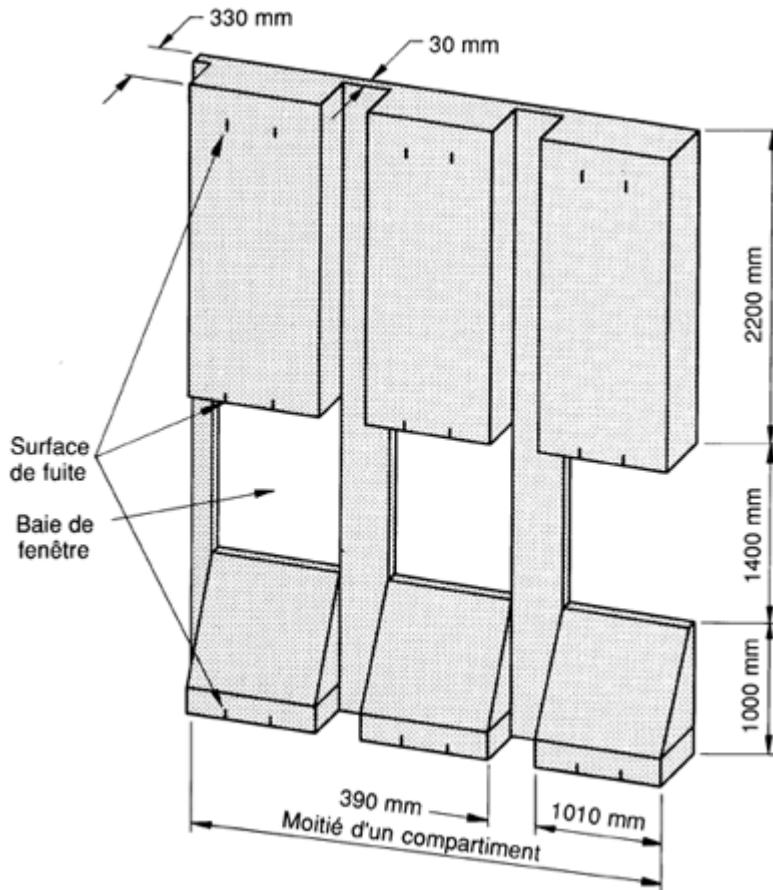


Figure 6. *Bâtiment B, géométrie du compartiment*

Nécessité de lignes directrices

De nombreuses questions se posent encore sur les aspects pratiques de la conception des murs à écran pare-pluie à pressions équilibrées. Les dimensions maximales des compartiments devraient faire l'objet d'autres essais en laboratoire et de monitoring in situ puisque les chiffres énoncés par Garden il y a vingt-cinq ans n'étaient que des approximations. Les types de chicanes, leur mode de fixation et leur étanchéité devraient être étudiés pour déterminer leur efficacité, leur facilité d'installation et les compromis possibles concernant d'autres critères de performance. Le principe de l'écran pare-pluie peut aussi être appliqué aux joints entre les grands panneaux préfabriqués et à l'interface de ceux-ci avec d'autres éléments, notamment les fenêtres. Des lignes directrices de conception devraient être élaborées à ce sujet. Une méthode d'essai en laboratoire utilisant des charges dynamiques de vent et des jets d'eau permettrait d'évaluer un modèle de mur ; l'IRC travaille actuellement à un projet qui nécessitera l'élaboration d'une méthode de ce type. La rigidité du pare-air par rapport à celle du revêtement extérieur pourrait être analysée. La meilleure façon d'obtenir une grande aire de ventilation du revêtement sans causer une pénétration directe de la pluie devrait aussi être étudiée.

Conclusion

L'application du principe de l'écran pare-pluie à pressions équilibrées requiert plus d'attention aux détails et de soin de la part du concepteur et du constructeur, mais il est probable que, pour le propriétaire ou le gestionnaire, elle réduira l'entretien tout au long de la durée de vie utile du bâtiment.

En comparaison de la pratique traditionnelle, l'application adéquate du principe de l'écran pare-pluie peut donner lieu une réduction de la résistance structurale requise du revêtement et de son système d'ancrage, qui doit aller de pair avec une augmentation de la résistance du pare-air et de ses ancrages. Vous vous demandez peut-être à quoi sert de transférer les charges d'une élément à un autre. Seule une approche systématique et cohérente vis-à-vis l'écoulement d'air et l'infiltration de pluie permettra de réaliser des murs extérieurs durables pouvant répondre harmonieusement à tous les critères de performance établis par les concepteurs au bénéfice des propriétaires et des occupants des bâtiments. Cette approche systématique fait appel à un pare-air continu qui non seulement résiste aux surcharges de vent, mais aussi limite les fuites d'air et le transport d'humidité, de bruit, de polluants, etc. d'une façon durable ; il s'agit pratiquement d'un condition préalable pour en arriver à limiter l'infiltration de pluie.

Références

1. Garden, K., Pénétration de la pluie et moyens de l'empêcher, Conseil national de recherches Canada, Division des recherches en bâtiment, [Digest de la construction au Canada no 40](#), 1964, 4 p.
2. Ritchie, T., Murs à cavité, Conseil national de recherches Canada, Division des recherches en bâtiment, [Digest de la construction au Canada no 21](#), 1963, 4 p.
3. Irwin, P.A., G.D. Schuyler et M.A. Wawzonek, (Morrison-Hersfield Limited Consulting Engineers), A wind tunnel investigation of rain screen wall systems, no de contrat du CNRC 15SR.31944-3-0014, avril 1984, 127 p.
4. Latta, J.K., Murs, fenêtres et toitures pour le climat canadien, Conseil national de recherches Canada, Division des recherches en bâtiment, (NRCC 13487F), 1975, 79 p.
5. Ganguli, U. et R.L. Quirouette, Pressure equalization performance of a metal and glass curtain wall, Proceedings, 1987 CSCE Centennial Conference, Montréal (Québec), 19-22 mai 1987, vol. 1, pp. 127-144 (NRCC 29024).
6. Killip, I.R. et D.W. Cheetham, The prevention of rain penetration through external walls and joints by means of pressure equalization, Building and Environment, vol. 19, no 2, pp. 81-91, 1984.
7. Brown, W.C.; Rousseau, M.Z.; Dalglish, W.A. "Field testing of pressure-equalized rain screen walls" [Exterior Wall Systems: Glass and Concrete Technology, Design, and Construction](#) pp. 59-69, 1991 (ASTM Special

Technical Publication v. 1034) (NRCC-38991)

8. Ganguli, U. et W.A. Dalgliesh, Wind pressures on open rain screen walls: Place Air Canada, Journal of Structural Engineering, vol. 114, no 3, mars 1988, pp. 642-656 (NRCC 28859).

Date de modification : 2002-01-23



[Version navigable](#)