



Rénovation des murs de maçonnerie massive

par M.Z. Rousseau et A.H.P. Maurenbrecher

Dr A.H.P. Maurenbrecher est agent de recherche au Laboratoire des structures de l'Institut de recherche en construction.

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

Paru dans « Construction Canada » 32(5), 1990, p. 15-20

La réhabilitation des bâtiments occupe une place grandissante dans les activités de conception et de construction au Canada et aux États-Unis. D'anciennes écoles sont transformées en condominiums, des usines deviennent des édifices à bureaux et des vieilles maisons sont converties en galeries d'art. Ces bâtiments subissent généralement une transformation de leur environnement intérieur car on exige maintenant un meilleur confort (humidité supérieure et meilleure régulation des températures) à un coût d'exploitation raisonnable. Cette transformation nécessite l'amélioration de la performance de l'enveloppe, ce qui pose de nouveaux défis dans les bâtiments construits avec d'anciens matériaux et selon les techniques d'antan. L'un de ces défis est d'arriver à minimiser les écoulements de chaleur, d'air et d'humidité à travers les murs. Les façons d'y parvenir sans attaquer la durabilité des murs sont une source de débats parmi les spécialistes de l'enveloppe, les concepteurs et les constructeurs.

La durabilité des murs de maçonnerie massive – murs constitués de pierre naturelle, de brique d'argile ou de blocs de béton et de mortier – est particulièrement importante puisque ces murs sont généralement porteurs. L'une des questions qui se pose souvent lors de rénovations est de savoir s'il faut ou non isoler ces murs et les rendre étanches à l'air. L'ajout d'isolant sur la face intérieure de la maçonnerie causera-t-elle des extrêmes de température encore supérieurs, augmentant le risque de fissuration et d'éclatement de la maçonnerie ?

Sous les aspects de l'économie d'énergie, de la durabilité et de la commodité, la rénovation par l'extérieur de la maçonnerie est la

meilleure solution : la maçonnerie se trouve alors exposée à l'environnement intérieur et subit peu de fluctuations de température et d'humidité. Toutefois, il arrive assez souvent que l'aspect extérieur d'origine du bâtiment doive être conservé. Dans ces cas, il n'y a qu'une alternative : rénover par l'intérieur ou pas du tout. Il existe peu de documentation sur la façon de rénover des murs de maçonnerie massive par l'intérieur afin de limiter efficacement les écoulements de chaleur, d'air et d'humidité.^{1,2,3} Le présent article décrit des approches souvent envisagées par les concepteurs pour les rénovations par l'intérieur de ces murs et expose de quelle façon chacune influe sur la performance des murs. Il n'y est pas question de l'isolation des murs de sous-sol en maçonnerie massive.⁴

L'approche « rien à l'intérieur »

On entend souvent dire « . . . les murs extérieurs en maçonnerie sans isolation tiennent bon depuis plus de 50 ou même 100 ans, n'y touchons pas et ils continueront de bien performer . . . ». Cette théorie comporte cependant une faille : il y a 50 ou 100 ans, les murs extérieurs étaient exposés à un environnement intérieur bien différent de celui d'aujourd'hui. En effet, l'enveloppe des bâtiments n'était pas soumise à des humidités relatives intérieures de 45 % et il régnait dans la plupart des bâtiments une dépression (produite par les appareils de combustion) qui aspirait de grandes quantités d'air extérieur froid et sec à travers l'enveloppe. On ne se souciait pas d'économiser l'énergie et le confort des occupants était secondaire. Il ne serait pas abordable (coûts élevés d'exploitation) ni recommandable (faible confort) de tenter de satisfaire aux exigences et aux attentes d'aujourd'hui avec les méthodes d'hier.

L'approche du « rien à l'intérieur » consiste à n'ajouter aucun isolant, aucun pare-air ni pare-vapeur du côté intérieur des murs de maçonnerie ; celle-ci reste apparente ou est recouverte d'un revêtement intérieur sur des fourrures ou sur un mur d'ossature. Cette façon de faire peut causer des problèmes, surtout en hiver (fig. 1). La condensation et même la moisissure sur les surfaces intérieures sont des signes que la température des matériaux intérieurs est trop basse pour l'humidité relative intérieure. De basses températures et humidités relatives intérieures, des courants d'air froid et des planchers froids en hiver sont d'autres inconvénients qui peuvent survenir en raison des pertes de chaleur excessives découlant des fuites d'air et de l'absence d'isolant. Les coûts énergétiques de cette approche peuvent être

prohibitifs.

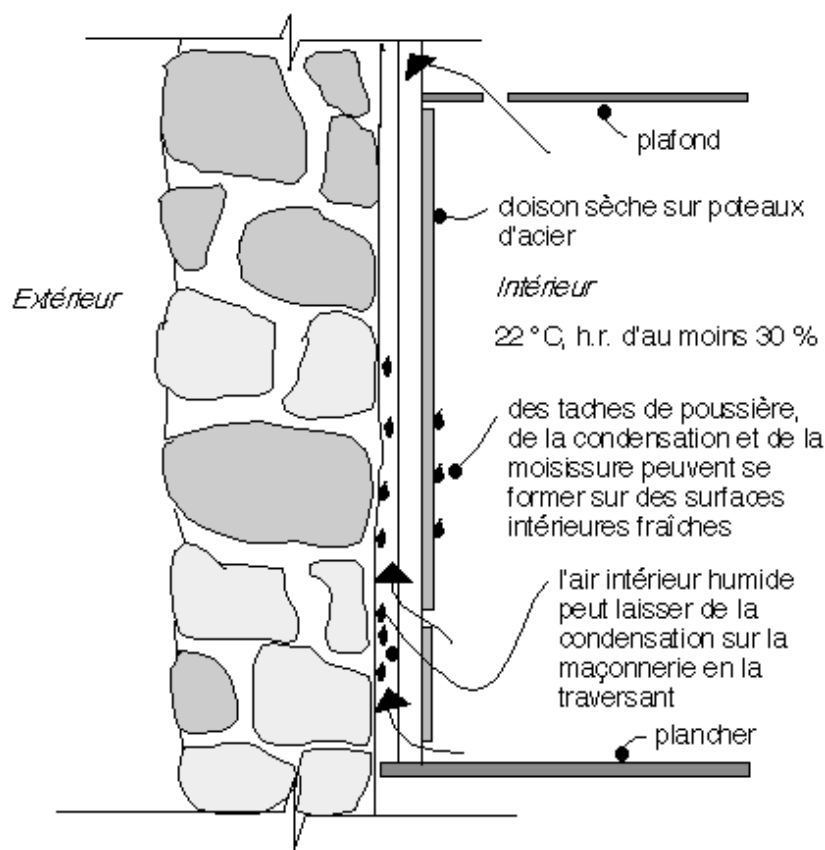


Figure 1. L'approche « rien à l'intérieur » et ses effets nuisibles sur la performance du mur

Certains avancent qu'en laissant beaucoup de chaleur s'échapper par la maçonnerie, on garde celle-ci plus chaude en hiver, ce qui réduit les risques de fissuration et d'éclatement. Par contre, l'exfiltration de vapeur d'eau (considérable dans les bâtiments humidifiés et pressurisés) peut également affecter la maçonnerie : si le condensat de vapeur d'eau peut s'infiltrer dans la maçonnerie, les risques d'efflorescence et d'éclatement localisé sont accrus. Les musées, les spas et les salles d'informatique où règne une forte humidité intérieure sont dès lors sujets aux problèmes d'humidité.

L'approche de la « cavité isolée et ventilée »

Une solution souvent considérée comme un compromis viable consiste à installer de l'isolant, un pare-vapeur et un revêtement intérieur du côté chaud du mur de maçonnerie en laissant une

cavité « ventilée » entre l'ossature et la maçonnerie. La cavité est ventilée avec de l'air intérieur par convection naturelle, en passant par des grilles et des ouvertures situées au haut et au bas du revêtement intérieur (fig. 2). Cette approche est fondée sur des principes de conception contradictoires. D'une part, certains matériaux sont incorporés pour réduire l'écoulement de chaleur et la diffusion de vapeur à travers les murs ; d'autre part, des trajets de circulation sont introduits pour permettre à l'air intérieur chaud et humide de contourner ces matériaux et d'atteindre la maçonnerie. L'humidité intérieure peut donc se condenser sur la maçonnerie, et l'isolant et le pare-vapeur deviennent alors presque inutiles. Malheureusement, l'approche de la « cavité isolée et ventilée » et ses problèmes inhérents tendent à donner mauvaise réputation à l'utilisation des isolants et des pare-vapeur sur les murs de maçonnerie massive. En fait, le principal problème réside dans le manque de compréhension de l'interaction entre le système mural et le milieu ambiant.

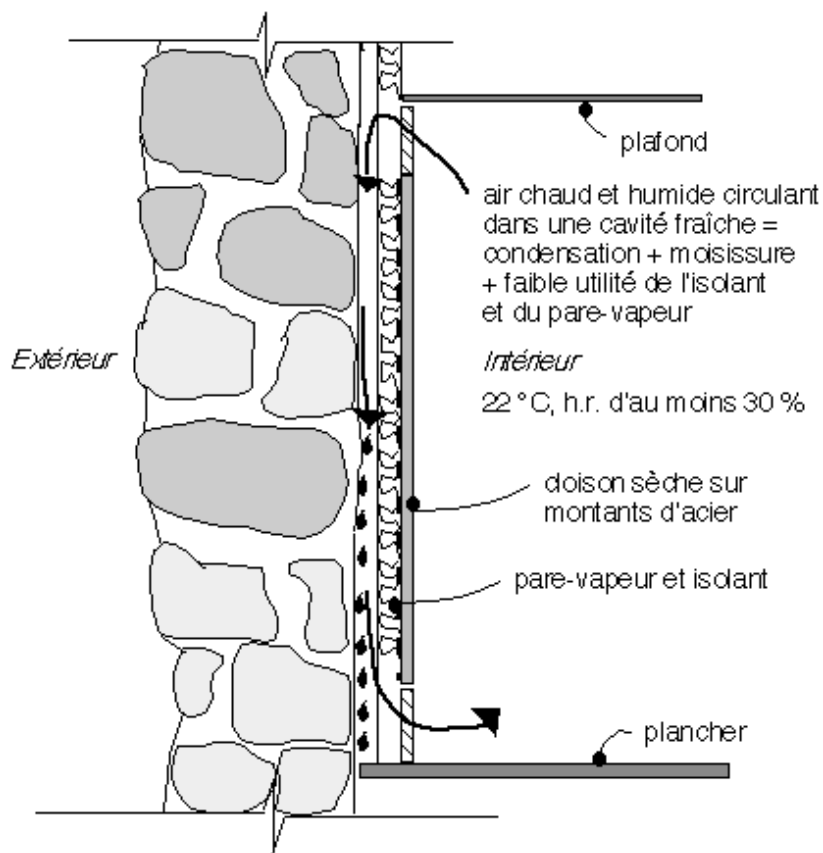


Figure 2. L'approche de la « cavité isolée et ventilée » et ses effets nuisibles sur la performance du mur

L'approche de la « réduction des écoulements d'air et d'humidité »

Réduire le transport d'humidité à travers les murs sans tenter de réduire les pertes de chaleur par conduction est une autre possibilité. Un pare-air et un pare-vapeur sont utilisés pour limiter les fuites d'air et la diffusion de vapeur d'eau, les deux mécanismes causant l'infiltration d'humidité dans la maçonnerie. Toutefois, de la condensation en surface peut tout de même survenir en raison de l'absence d'isolant (fig. 3).

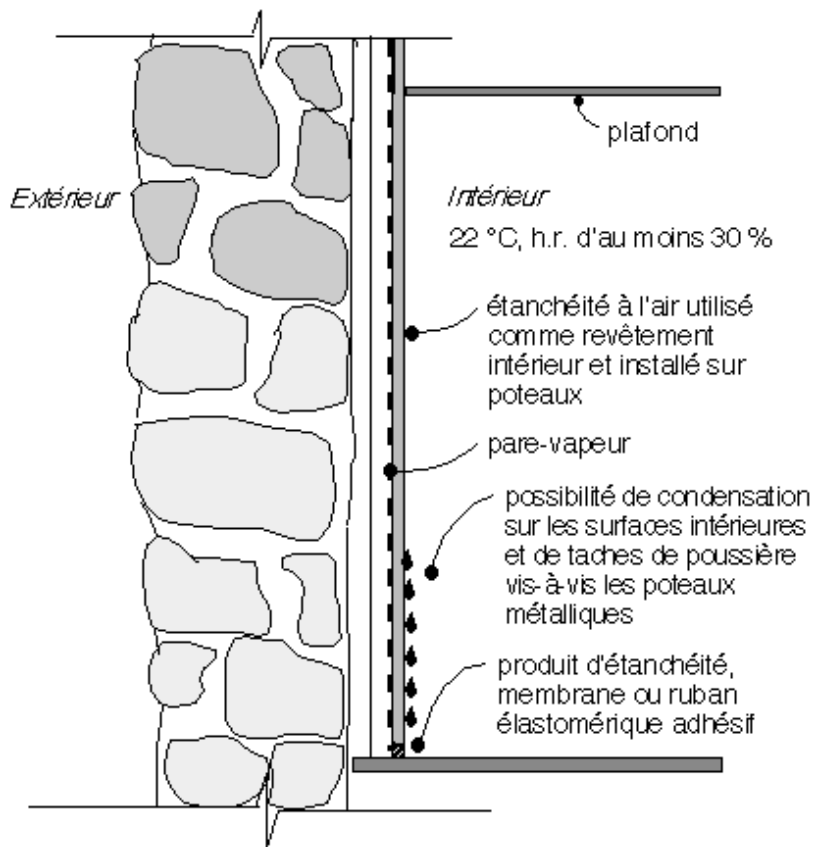


Figure 3. L'approche de la « réduction des écoulements d'air et d'humidité » et ses effets nuisibles sur la performance du mur.

Pour s'opposer efficacement à l'écoulement d'air, les matériaux choisis doivent être étanches à l'air, rigides et assemblés en un plan continu d'étanchéité à l'air.^{5,6,7} De nombreux matériaux en panneaux comme les plaques de plâtre, le contre-plaqué, les panneaux de ciment et les panneaux de particules offrent la

rigidité et la faible perméabilité à l'air requises d'un pare-air.^{8,9} Des matériaux isolants comme le polystyrène extrudé, les panneaux de mousse de polyuréthane et la mousse phénolique ont également les propriétés désirées. Les matériaux étanches à l'air peuvent être directement appliqués sur la maçonnerie (un crépi par exemple) ou les matériaux en panneaux peuvent être posés sur un mur d'ossature, créant ainsi une cavité entre le pare-air et la maçonnerie. Les détails des joints entre ces matériaux ainsi qu'avec d'autres éléments (dormants de fenêtres, supports de revêtement de sol, toits, plafonds et soffites, etc.) sont les éléments critiques qui font la différence entre la réussite et l'échec d'un pare-air. Des mastics d'étanchéité, du ruban ou des bandes de membrane élastomérique doivent être utilisés pour assurer la continuité de l'étanchéité à l'air aux joints et aux interfaces ; cela peut poser des difficultés dans des bâtiments existants.

La réduction de la diffusion de vapeur d'eau est plus facile à réaliser que la réduction des fuites d'air. Un matériau ayant une faible perméabilité à la vapeur d'eau (une feuille d'aluminium ou un plastique appliqué sur la face intérieure d'un mur, par exemple) limite la diffusion d'humidité à des quantités négligeables. Certains matériaux peuvent servir à la fois de pare-air et de pare-vapeur ; citons notamment les plaques de plâtre à endos revêtu d'une feuille métallique, qui offrent la faible perméabilité à la vapeur d'eau nécessaire à un pare-vapeur et ont la rigidité et l'étanchéité à l'air requises d'un pare-air.

L'approche de la « réduction des écoulements d'air et d'humidité » laisse encore une quantité importante de chaleur atteindre la maçonnerie, mais elle diminue la quantité d'humidité intérieure qui pénètre dans le mur ; la maçonnerie est ainsi moins sujette aux mouvements différentiels et aux dommages causés par le gel. Dans les cas où la présence d'un isolant intérieur sur les murs n'aurait qu'un faible effet sur les pertes d'énergie (selon un bilan énergétique, par exemple), cette solution est viable, entre autres lorsque le nombre de ponts thermiques est élevé ou que la surface du mur est faible en proportion de la surface des fenêtres. Quoi qu'il en soit, de la condensation peut encore survenir sur les surfaces intérieures à moins que la quantité de chaleur qui leur est fournie soit suffisante pour maintenir leur température au-dessus du point de rosée de l'air intérieur et que le niveau d'humidité ambiant soit restreint. Les gens sentent le froid près d'un mur non isolé en raison des courants de convection qui se forment le long de la face interne du mur et en raison de la perte de chaleur corporelle par rayonnement au profit du mur froid.

L'approche de la « réduction des écoulements d'air et d'humidité + réduction de l'écoulement de chaleur »

Pour améliorer la performance thermique des murs existants, tant du point de vue de la consommation d'énergie que de celui du confort, il faut leur incorporer une isolation, un pare-air et un pare-vapeur.

Le concepteur se demande souvent quelle quantité d'isolant poser du côté intérieur sans trop diminuer l'apport de chaleur à la maçonnerie. Par exemple, il peut décider d'ajouter juste assez d'isolant pour maintenir la température du revêtement intérieur au-dessus du point de rosée de l'air intérieur, évitant ainsi la condensation sur ces surfaces. Toutefois, des calculs de gradients de température en régime permanent indiquent que la variation la plus importante de la température superficielle de la face intérieure de la maçonnerie survient lorsqu'on ajoute juste un peu d'isolant à un mur qui n'en avait pas (fig. 4).

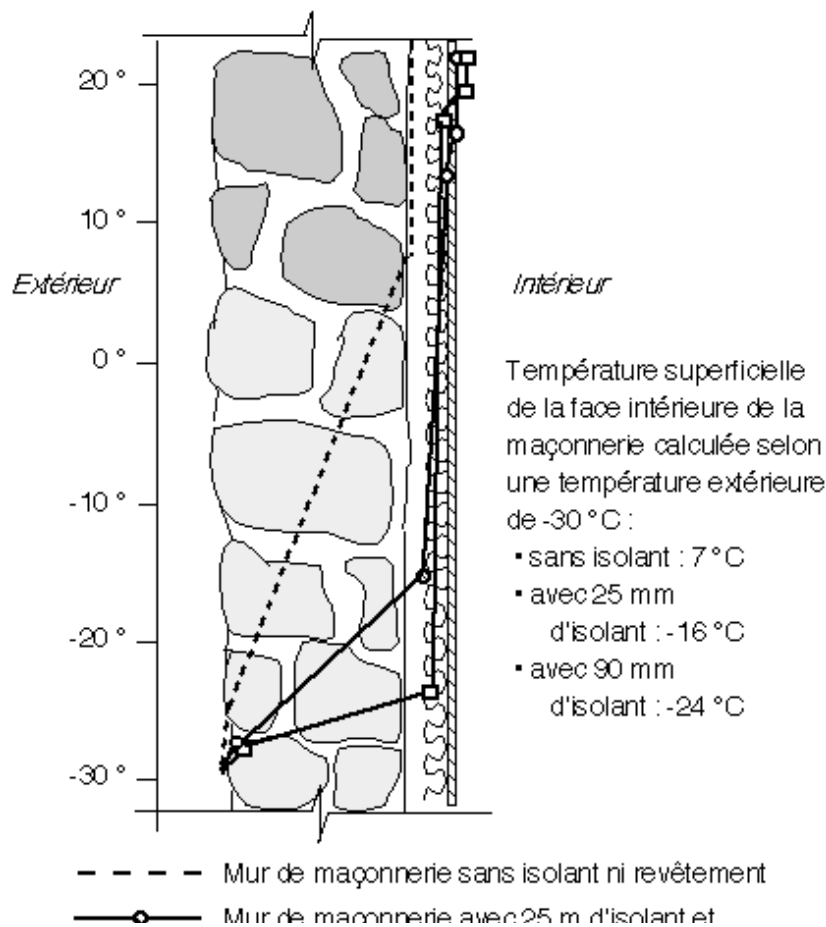


Figure 4. Gradient thermique à travers un mur de maçonnerie avec et sans isolant, en régime permanent, dans des conditions hivernales

L'importance du pare-air et du pare-vapeur a été expliquée précédemment. Le pare-air peut être placé en différents endroits du mur selon sa perméabilité à la vapeur et selon la conception du mur. Si le pare-air a une faible perméabilité à la vapeur d'eau, il doit être installé du côté chaud du mur.

Dans les murs isolés, il faut aussi réduire au minimum les courants de convection. Les courants d'air de convection sont différents des fuites d'air du fait que l'air ne traverse pas le mur et que les écarts de pression d'air qui s'exercent sont faibles. Par exemple, si le pare-air est la face intérieure crépie de la maçonnerie, l'air intérieur pourrait circuler dans la cavité isolée, transférer son humidité au crépi et revenir dans les locaux. Il est possible que la condensation produite par les courants de convection soit trop faible pour endommager le mur (tout dépendant des conditions de service), mais elle peut favoriser la croissance de moisissure. Un dispositif limitant la convection du côté chaud doit réduire au minimum les ouvertures par où l'air intérieur atteint le côté froid. Un pare-air posé du côté chaud de l'isolant empêchera les courants de convection de l'air intérieur d'atteindre les matériaux plus froids (fig. 5). Si le pare-air se trouve ailleurs (le crépi sur la maçonnerie par exemple), d'autres éléments (comme le pare-vapeur ou le revêtement intérieur installé avec peu de perforations) doivent limiter la convection.

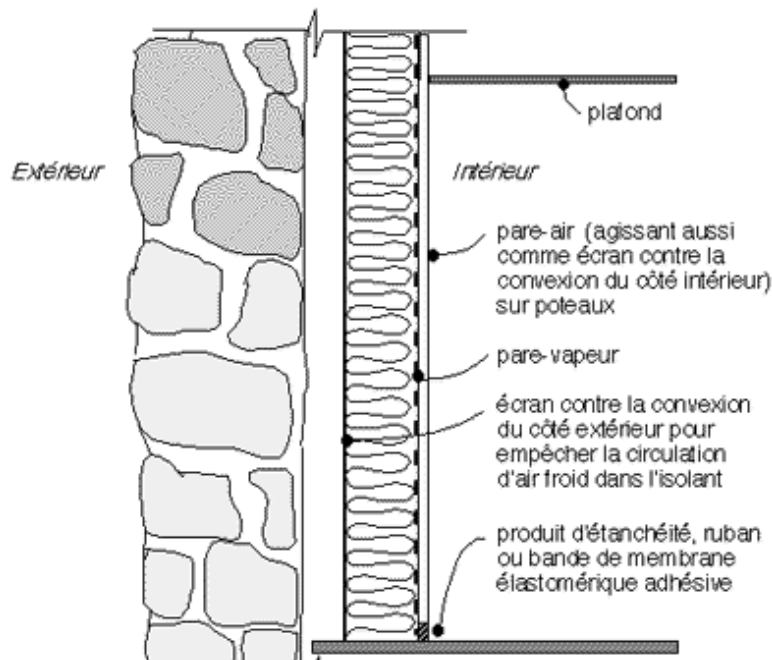


Figure 5. L'approche de la « réduction des écoulements d'air et d'humidité + réduction de l'écoulement de chaleur » avec pare-air du côté chaud

Ponts thermiques

Les ponts thermiques (froids) comme les poteaux métalliques, les jonctions mur-plancher et les tableaux de baie de fenêtre peuvent causer une condensation localisée. Les poteaux métalliques, par exemple, sont de bons conducteurs de chaleur et peuvent réduire la température des revêtements intérieurs qui y sont fixés. Cela peut entraîner des taches de poussière sur le fini intérieur vis-à-vis des poteaux. Pour atténuer ce problème, il faut éviter de placer ces poteaux en contact direct avec la maçonnerie. On peut réduire encore davantage l'effet de pont thermique en enrobant les poteaux d'un isolant tel que la mousse de polyuréthane projetée.

Condensation dissimulée en été

L'eau contenue dans une maçonnerie humide a tendance à migrer vers la face la plus froide. En été, c'est la face intérieure qui est la plus froide, en particulier lorsque les murs sont chauffés par le soleil.^{1,10,11} Lorsque l'eau atteint cette face, elle peut s'évaporer et se condenser de nouveau sur un matériau plus froid. Si ce matériau est imperméable à la vapeur (le pare-vapeur par exemple), l'eau s'y accumule et s'écoule vers le bas jusqu'à d'autres matériaux. Si cela se produit pendant de longues périodes, l'intégrité des matériaux de construction à l'intérieur peut être compromise : l'isolant peut se détremper, les solives de bois noyées dans la maçonnerie peuvent pourrir et les fixations métalliques peuvent rouiller. Il peut être déconseillé de poser un pare-vapeur et un isolant à l'intérieur aux endroits où des éléments structuraux en bois sont noyés dans la maçonnerie.

Certains documents laissent entendre qu'une cavité ménagée entre la maçonnerie et l'isolant, ventilée avec de l'air extérieur, réduirait les risques de condensation en été.^{10,11} Mais peu de détails nous sont donnés sur les moyens et les débits de ventilation efficaces. D'autres analyses seront nécessaires pour évaluer les conséquences de la ventilation de cette cavité. En effet, la température et le niveau d'humidité de l'air extérieur peuvent être assez élevés en été et en automne, et la circulation d'air chaud et humide sur la face intérieure fraîche de la maçonnerie peut favoriser la condensation plutôt que son élimination. Par temps pluvieux, l'air extérieur circulant dans la

cavité derrière la maçonnerie peut causer une augmentation de l'infiltration et de l'absorption d'eau en raison d'un différentiel de pression d'air de part et d'autre de la maçonnerie. En hiver, la circulation d'air froid dans la cavité peut réduire l'efficacité de l'isolant et abaisser la température du pare-air jusqu'au-dessous du point de rosée de l'air intérieur.

Fissuration due aux contraintes thermiques et d'humidité

L'isolation thermique ajoutée à l'intérieur aura peu d'effet sur les températures maximale et minimale atteintes par la face extérieure de la maçonnerie, mais élargira la plage de températures de sa face interne. Les mouvements différentiels entre la maçonnerie et les murs intérieurs perpendiculaires peuvent causer une fissuration de la maçonnerie aux points d'intersection (fig. 6). Les variations de teneur en eau peuvent avoir un effet minime sur les mouvements différentiels de la maçonnerie. Ces facteurs sont analysés de façon plus détaillée par Andersson.^{2.3}

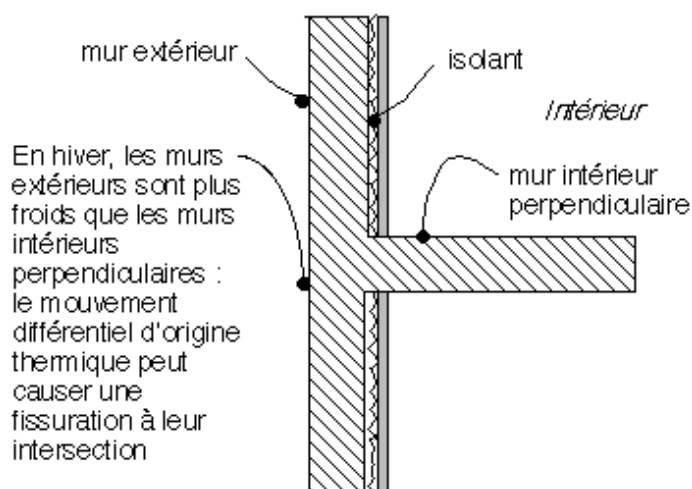


Figure 6. Coupe horizontale de l'intersection d'un mur extérieur et d'un mur intérieur perpendiculaire : fissuration possible en raison du mouvement d'origine thermique

Éclatement

Les risques de dommages causés par le gel dépendent de la durabilité des éléments de maçonnerie et du mortier ainsi que de leur exposition à l'humidité. Les facteurs à considérer sont le nombre de cycles gel – dégel lorsque la maçonnerie est humide, l'exposition du mur à la pluie poussée par le vent pendant les périodes de gel, les détails qui éloignent l'eau du mur et la

capacité de séchage du mur. Par exemple, les murs peints et ceux dont les briques sont vitrifiées prendront beaucoup de temps à sécher s'ils sont mouillés.

Les murs de maçonnerie isolés par l'intérieur peuvent prendre plus de temps à sécher s'ils sont mouillés par la pluie, surtout s'ils ne sont pas exposés au soleil.² Le plan de gel peut également se déplacer vers l'intérieur du mur ou même le traverser. Les briques à l'intérieur des vieux murs peuvent être plus sujettes aux dommages par le gel car elles sont souvent de moins bonne qualité et ont une résistance au gel inférieure à celle des briques extérieures.¹² Quoi qu'il en soit, il faut que la teneur en eau soit très élevée (saturation à plus de 60 à 70 % pour les briques d'argile) pour que la maçonnerie soumise au gel s'endommage.

Évaluation de l'état de la maçonnerie

Quelle que soit l'approche adoptée, les concepteurs devraient examiner avec soin l'état actuel du bâtiment avant de rénover. L'inspection des murs extérieurs s'impose pour déceler tout signe d'efflorescence, d'éclatement ou de fissuration ; s'il y en a, les causes doivent être déterminées et éliminées.

Les voies d'entrée d'eau (pluie, eau de fonte des neiges et eau souterraine) dans le mur doivent être réduites au minimum. Par exemple, les joints de mortier sont-ils en bon état ? Sinon, ils doivent être rejointoyés avec un mortier similaire à l'existant. Des mortiers trop denses (comme les mortiers de ciment forts) sont généralement à éviter ; ils peuvent causer un éclatement localisé, peuvent subir un retrait qui crée des fissures capillaires permettant à l'eau de pénétrer et sont moins perméables à la vapeur d'eau, ce qui prolonge le temps de séchage si de l'eau s'infiltré dans le mur. Les joints de mortier devraient avoir un fini concave pour réduire encore davantage les risques d'infiltration de pluie.

Les seuils de fenêtre, les solins et les gouttières qui rejettent l'eau directement sur le mur doivent être réparés ou remplacés pour éviter d'autres dommages. Il est essentiel que les détails de construction empêchent la pluie et l'eau de fonte de s'écouler sur la maçonnerie. Les bâtiments anciens ont souvent de larges débords de toit pour protéger la maçonnerie sous-jacente.

La figure 7 montre un exemple de briques qui se sont bien comportées pendant des années jusqu'à ce qu'un tuyau de gouttière endommagé ne laisse la pluie s'écouler sur elles, les

exposant ainsi aux dommages causés par le gel. L'eau de fonte s'infiltrant par percolation à travers les seuils de fenêtre en briques est une autre source courante d'efflorescence localisée et de dommages causés par le gel ; pendant le jour, la neige fondante détrempe la brique qui gèle pendant la nuit. Les seuils devraient être protégés par un solin.



Figure 7. Briques endommagées par le gel à la suite d'un manque d'entretien

Résumé

- La rénovation des murs de maçonnerie massive par l'extérieur est généralement la meilleure approche au niveau de la durabilité et des économies d'énergie.
- En n'ajoutant aucun isolant, pare-air ni pare-vapeur, on s'expose à des problèmes d'humidité, d'inconfort (peu de maîtrise sur l'humidité et la température) et à des coûts élevés d'exploitation.
- La performance des murs comportant une cavité ventilée avec de l'air intérieur entre la maçonnerie et l'isolant n'est guère meilleure puisque l'isolant et le pare-vapeur sont « contournés ».

- Un ensemble pare-air et un pare-vapeur mettront un frein à la migration de l'humidité intérieure vers la maçonnerie. Les pertes de chaleur causées par les fuites d'air sont réduites alors que les pertes de chaleur par conduction à travers la maçonnerie la maintiennent plus chaude. Une isolation insuffisante donnera lieu à des revêtements de finition intérieure froids qui seront à la fois une source d'inconfort pour les occupants et une source de condensation en surface.
- L'isolation de l'intérieur des murs de maçonnerie massive, de concert avec une réduction efficace des écoulements d'air et d'humidité intérieure de même que de l'entrée de l'eau de pluie et de fonte des neiges sur la maçonnerie, offre souvent de bons résultats. Sans ce contrôle approprié de l'humidité, les murs isolés deviennent plus sujets aux dommages dus au gel et à la détérioration des éléments de bois dans le mur. Il faudrait évaluer l'accroissement des mouvements et des contraintes causés par la température en vue d'estimer le potentiel du mur à se fissurer.
- Quelle que soit la méthode de rénovation choisie, il importe d'examiner avec soin l'état de la maçonnerie. La cause de tout dommage observé doit être établie avant même le début des réparations. De plus, les moyens possibles de pénétration de l'eau dans la maçonnerie doivent être réduits au minimum.

Cet article a traité des facteurs dont il faut tenir compte lors de l'amélioration de la performance hygrothermique des murs de maçonnerie, mais il n'a pu répondre à plusieurs des questions qui en découlent. On ne pourra en trouver les solutions qu'en menant d'autres recherches et en évaluant la performance de murs de maçonnerie rénovés. L'Institut de recherche en construction prévoit évaluer la tenue en service, dans des bâtiments existants, de murs de maçonnerie massive avec et sans isolant.

Autres sources d'information sur la réhabilitation

- Heritage Canada, 306, rue Metcalfe, Ottawa (Ontario) K2P 1S2
- Organismes provinciaux sur le patrimoine (p. ex. Heritage Montréal ; Direction du patrimoine du ministère de la Culture et des Communications de l'Ontario)
- Société canadienne d'hypothèques et de logement, 682,

ch. Montréal, Ottawa (Ontario) K1A 0P7

- Conseils provinciaux de l'enveloppe du bâtiment
- Association for Preservation Technology, Box 8178, Fredericksburg, VA 22404
- National Trust for Historic Preservation, 1785 Massachusetts Ave. NW, Washington, DC 20036

Références

1. Christensen, G. Post-insulating masonry walls: inside or outside? *Bâtiment International (Building Research & Practice)*, Vol. 17, No 1. Jan/Feb 1984, pp. 21-24.
2. Andersson, A.C. Additional thermal insulation of existing buildings. Technical consequences. Proceedings 5th International Brick Masonry Conference, Washington DC, 1985, pp. 641-645.
3. Andersson, A.C. Internal additional insulation (thermal bridges, moisture problems, movements & durability). Report TVBH-1001, Division of Building Technology, Lund Institute of Technology, Sweden, 1979, 315 p. (en suédois avec résumé en anglais).
4. Timusk, J. Insulation retrofit of masonry basements. Ministère des Affaires municipales et du Logement de l'Ontario, 1981, 168 p.
5. Un pare-air pour l'enveloppe du bâtiment. Regard 86 sur la science du bâtiment, Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario), 1989, 24 p. (NRCC 29943F).
6. Quirouette, R.L. La différence entre un pare-vapeur et un pare-air. Note sur la construction n° 24, Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario), 1985.
7. Devis de construction Canada. TekAid – Air Barriers. Toronto (Ontario), 1990.
8. Bumbaru, Doru et al. Air permeance of building materials. Société canadienne d'hypothèques et de logement, Ottawa (Ontario), 1988.
9. Brown, W.C. et al. Testing of air barrier systems for wood-frame wall. Société canadienne d'hypothèques et de logement, Ottawa (Ontario), 1988.
10. Southern, J.R. Summer condensation on vapour checks: tests with battened, internally insulated, solid walls. Information Paper 88/12, Building Research Establishment, U.K., 1988, 4 p.

11. Wilson, A.G. Condensation in insulated masonry walls in summer. RILEM/CIB Symposium, Helsinki, Vol. 1, Sec. 2, Paper 7, 1965, 7 p.
12. Ritchie, T. Emploi de vieilles briques dans les nouvelles constructions. [Digest de la construction au Canada n° 138](#), Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches du Canada, Ottawa (Ontario), 1971, 4 p.

Date de modification :
2002-01-23



[Version navigable](#)