PROJET DE RECHERCHE DE LA SCHL

PAREMENTS EXTÉRIEURS ISOLANTS

PERFORMANCE IN SITU

DES PEI

À l'intention de

M. Jacques Rousseau
Directeur de projet

Division de l'innovation en habitation
Société canadienne d'hypothèques et
de logement
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

par

James B. Posey et
John A. Vlooswyk, ing.

Le 23 septembre 1993

J91101H

NOTE: **ISSUED ALSO IN ENGLISH UNDER THE TITLE:**

EXTERIOR INSULATED FINISH SYSTEMS EIFS: FIELD PERFORMANCE: CMHC RESEARCH PROJECT

MANDAT DE LA SCHL

La Société canadienne d'hypothèques et de logement, l'organisme du logement du gouvernement du Canada, a pour mandat d'appliquer la Loi nationale sur l'habitation.

Cette loi a pour objet d'aider à améliorer les conditions d'habitation et de vie au Canada. C'est pourquoi la Société s'intéresse à tout ce qui concerne l'habitation, l'expansion et le développement urbains.

Aux termes de la Partie IX de la Loi, le gouvernement du Canada autorise la SCHL à affecter des capitaux à des recherches sur les aspects socio-économiques et techniques du logement et des domaines connexes, et à publier et diffuser les résultats de ces recherches. La SCHL a donc une obligation légale de veiller à ce que tout renseignement de nature à améliorer les conditions d'habitation et de vie soit connu du plus grand nombre possible de personnes ou de groupes de personnes.

La présente publication est l'un des nombreux moyens d'information que la SCHL a produits avec l'aide de capitaux du gouvernement fédéral.

STIPULATION

La présente étude a été réalisée par Building Envelope Engineering pour le compte de la Société canadienne d'hypothèques et de logement, aux termes de la Partie IX de la Loi nationale sur l'habitation. Les analyses, interprétations et recommandations sont celles des experts-conseils et n'ont pas nécessairement l'aval de la Société canadienne d'hypothèques et de logement, ou des divisions qui ont prêté leur concours pour l'étude et sa publication.

SOMMAIRE

Le parement extérieur isolant est un assemblage composé de mousse isolante de plastique fixé à l'extérieur d'un bâtiment et revêtu d'une mince couche de stucco synthétique renforcé à la fibre de verre. La présente étude évalue la performance in situ de plusieurs installations de ce type au Canada.

Vingt-cinq installations différentes, en service depuis 2 à 13 ans, ont été inspectées dans les régions de Vancouver, des Rocheuses, de Calgary, d'Edmonton et de Toronto. La plupart de ces parements extérieurs isolants sont de type « enduit mince » (à base de polymère), l'isolant de polystyrène étant recouvert d'un mince revêtement de stucco relativement flexible en polymère acrylique. L'étude a porté à la fois sur les parements posés après coup sur de vieux bâtiments et sur ceux posés pendant la construction. Chacune des installations a été l'objet d'un examen visuel visant à détecter tout signe de dommages importants ou de détérioration. S'il était impossible d'examiner l'ouvrage à partir du sol, des jumelles, un télescope d'observation et, dans la plupart des cas, une sellette ont été utilisés. Chaque type de problème découvert sur l'ouvrage a été photographié. Les propriétaires, administrateurs et occupants des immeubles ont été interrogés et les épures de presque tous les bâtiments ont été examinées. Dans la mesure du possible, les chercheurs ont examiné l'intérieur des bâtiments pour déceler des signes de dommages lorsque l'extérieur présentait des anomalies.

Dans dix cas, des échantillons représentatifs de l'isolation et du revêtement ont été prélevés afin de déterminer, en laboratoire, le poids de la lame, l'épaisseur du revêtement et de la couche de fond, l'absorption d'eau, le type et la quantité de polymère de même que la nature du renfort. Ces éléments ont été pesés, mesurés, examinés au microscope et photographiés, et les anomalies visibles ont été enregistrées. Un échantillon de polymère a été prélevé au moyen d'un solvant afin de comparer son spectre par spectrophotométrie à l'infrarouge avec celui d'autres polymères. La pyrolyse a permis de déterminer les quantités de polymère et d'armature selon leur poids. Le poids total de la lame variait entre 2,7 et 7,5 kg/m² tandis que la teneur en polymère se situait entre 9,5 et 14,6 % du poids total de la lame, soit une moyenne de 11,8 %. L'épaisseur des couches de fond et de finition variait entre 0,1 mm et 4,0 mm. Le poids de la couche de renfort était de 0,13 kg/m², et présentait peu de variations (à l'exception du treillis additionnel résistant au choc), mais les types et la quantité de la couche de polymère posée sur le renfort variaient largement, au point où l'on a même constaté l'absence de revêtement dans deux cas.

Dans de nombreux cas, néanmoins, le revêtement de finition était en excellent état, même pour le plus ancien ouvrage étudié revêtant une tour d'habitation. Plus de la moitié des ouvrages étaient en bon ou excellent état, bien qu'aucun n'ait été tout à fait exempt de défaut. Environ 30 % des ouvrages présentaient des problèmes visibles suffisamment graves pour menacer leur aptitude au service. Les dommages causés par des chocs et par l'infiltration d'humidité constituent les causes les plus fréquentes de dommages entraînant la réparation ou le remplacement.

Les problèmes observés sur le terrain sont les suivants : défaillance des joints, fissuration, dommages causés par des chocs, application de couches excessivement minces, ramollissement, érosion du revêtement de finition, décollement, fixation médiocre, décoloration, gel durant la construction avant la cure, variation de la couleur, fissuration des zones soumises au mouvement des supports sous-jacents, réparations insatisfaisantes, présence d'algues et de mousse sur la surface, isolant saturé d'eau, dommages causés par de l'eau provenant de l'intérieur et séparation complète de l'ouvrage par rapport au bâtiment.

Une conception et une pose plus soignées contribueraient à éliminer certains problèmes. Ceux-ci semblent particulièrement fréquents lorsqu'on avait remplacé le système prévu par un autre à la dernière heure. L'utilisation d'un parement extérieur isolant doit être évitée lorsque la résistance au choc constitue un critère d'importance ou en présence de véhicules, de manutention de matériaux, de paniers à provisions, d'enfants laissés sans surveillance et d'échafaudages volants servant au lavage des vitres. Ce type de parement est plus durable lorsqu'il est appliqué sur un substrat comme le béton ou la maçonnerie plutôt que sur des plaques de plâtre supportées par un mur à ossature d'acier. La solidité de sa fixation ne doit pas dépendre de l'intégrité de substrats sensibles à l'humidité.

L'étanchéité de ce genre de parement est assurée en surface. Par conséquent, lorsque cette surface exposée au vent, à la pluie et au soleil est imparfaite, il n'y a pas d'autre moyen de défense contre les intempéries.

L'entretien de ce système nécessite beaucoup plus d'attention que d'autres types d'ouvrages. Des défauts qui peuvent passer inaperçus sans une inspection minutieuse et qui ne sont pas rectifiés rapidement peuvent laisser passer des quantités d'eau très dommageables. Étant donné que le matériau utilisé ressemble à du stucco ou à du béton, les administrateurs et propriétaires d'immeubles sont rarement conscients de cette situation.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION

Définitions
Chronologie
Recherches antérieures
Propriétés des PEI
  Avantages
  Paramètres de conception

OBJET ET MÉTHODOLOGIE

Évaluation sur place
Essais en laboratoire
  Méthodologie
  Résultats

OBSERVATIONS

BÂTIMENT 1 Tour d'habitation
BÂTIMENT 2 Complexe récréatif
BÂTIMENT 3 Centre commercial
BÂTIMENT 4 Hôtel, région des Rocheuses
  Bâtiment 4A (modèles 4b et 4c)
  Bâtiment 4B
  Bâtiment 4C (modèle 4a)
BÂTIMENT 5 Centre récréatif
BÂTIMENT 6 Tour d'habitation
BÂTIMENT 7 Hôtel
BÂTIMENT 8 Tour d'habitation
BÂTIMENT 9 Hôtel
BÂTIMENT 10 Immeuble à bureaux
BÂTIMENT 11 Tour d'habitation
BÂTIMENT 12 Tour d'habitation
BÂTIMENT 13 Tour d'habitation
BÂTIMENT 14 Hôtel
BÂTIMENT 15 Hôtel
BÂTIMENT 16 Petit immeuble d'habitation
BÂTIMENT 17 Restaurant
BÂTIMENT 18 Petit immeuble d'habitation
BÂTIMENT 19 Complexe commercial/résidentiel
BÂTIMENT 20 Complexe commercial/administratif
BÂTIMENT 21 Centre commercial
BÂTIMENT 22 Complexe commercial/administratif
BÂTIMENT 23 Immeuble à bureaux
Joints et jonctions
Fissures
Résistance au choc
Tolérances d'application
Surfaces mouillées
Pénétration d'humidité
Condensation
Couches sous-jacentes
Fixation
Mouvement des supports
Proportions des mélanges
Unisson tinctorial
Réparation et nettoyage
Mousse

Récentes innovations

RECOMMANDATIONS

Recherches futures
Robustesse de l'armature
Pénétration d'eau
Emplacement des joints
Défauts de scellement
Installations futures

Définitions

Parements extérieurs isolants (PEI) est un terme générique employé pour désigner un revêtement de bâtiment normalement constitué de panneaux isolants en plastique, d'un treillis d'armature en fibre de verre et de deux couches de stucco synthétique en surface. Cet assemblage est appliqué sur un revêtement en béton ou maçonnerie et une ossature d'acier, ou sur un autre type de base porteuse latérale et continue. Il offre du même coup une isolation, une certaine mesure d'étanchéité, une protection contre la pluie et une surface texturée.

Un PEI est constitué de plusieurs composants. L'isolant est généralement du polystyrène expansé ou extrudé, mais il peut aussi être de la laine minérale. Il est collé ou fixé par des moyens mécaniques au support. De nos jours, on applique d'abord un pare-air continu, puis le PEI est fixé mécaniquement, à moins que le pare-air ne serve aussi d'adhésif.

Un treillis d'armature enduit de fibre de verre est incorporé à la couche de fond appliquée à la truelle pour qu'elle adhère à l'isolant. Si on utilise des fixations, elles peuvent tenir le treillis en place avec l'isolant; ou le treillis peut être posé par-dessus. Le treillis est recouvert d'une couche de fond. Cette première couche et le treillis peuvent être appliqués en une, deux ou trois étapes.

Une couche de finition est appliquée sur la couche de fond pour donner un aspect texturé et coloré à la surface. Il arrive qu'on le fasse au pistolet, mais la méthode de la truelle est plus courante. Certains appliquent au préalable un apprêt de même couleur que la couche de finition.

Lame désigne le treillis, la couche de fond et le revêtement de finition réunis.

Aux rives et aux joints, la lame est enroulée autour du rebord et en partie autour de l'endos de l'isolant. Pour faire des *joints souples*, on place un scellant élastométrique et une tige de mousse entre deux *bords enrobés*.

Il existe deux types de PEI de base, bien qu'il y ait parfois quelque recoupement. Le premier a une couche de produit modifié par polymères ou couche dure. La couche de fond plus épaisse est principalement liée par une pâte de ciment portland, modifiée par polymères. L'assemblage est fixé au support mécaniquement au travers de l'isolant de polystyrène extrudé. Nous avons trouvé

très peu de ce type d'application in situ. En fait, on le confond souvent au stucco ordinaire, et il possède les mêmes propriétés que ce dernier sur les plans rigidité et solidité.

Le PEI le plus commun est le type à base de polymères, ou à couche souple; les principaux liants sont des polymères acryliques, bien que la couche de fond contienne aussi du ciment portland hydraté. Les assemblages à base de polymères sont plus minces : 2 à 5 mm contre 10 à 15 mm pour ceux modifiés par polymères. La proportion de polymères acryliques est plus élevée : 10 % ou plus contre 8 % ou moins, et la lame est plus flexible. Ils sont normalement appliqués sur des surfaces découpées en polystyrène expansé de type 1 ou 2 (planches à baguette de polystyrène expansible) puis collés. L'isolant est fixé au support avec un adhésif dont la composition est similaire à la couche de fond.

Ces deux catégories sont quelque peu aléatoires, car il existe de multiples formules entre dur et souple. Plus on augmente la teneur en résines, moins la transition est subite, bien qu'elle soit plus rapide dans la région médiane. Au nombre des installations observées, nous avons vu des applications intermédiaires où la lame était plus épaisse que d'habitude, quoique assez flexible, et appliquée sur une planche à baguette; et là où la lame était assez mince, un produit friable appliqué mécaniquement sur du polystyrène extrudé.

Chronologie

En Europe, l'industrie du bâtiment utilise les PEI avec de bons résultats depuis la deuxième Grande guerre. En Amérique du Nord, ils sont apparus pour la première fois en architecture navale. Leur usage est plus récent dans les constructions nord-américaines et ils ont évolué différemment des PEI d'Europe, où ils ont leurs origines où leur histoire remonte plus loin. Les différences entre les deux systèmes sont les suivantes :

Europe	Canada
Surtout petits immeubles sur maçonnerie et béton	Surtout grands immeubles avec ossature d'acier et plaques de plâtre
Essais et homologation indépendants	Fabricant principal responsable du contrôle qualitatif
Climat tempéré	Climat très froid en hiver
Expérience de longue date	Expérience limitée

On utilise des PEI au Canada depuis une vingtaine d'années. Ils ont de

nombreuses qualités, mais ils ne sont pas très populaires aux États-Unis.

Recherches antérieures

Avant la réalisation de la présente étude, la Société canadienne d'hypothèques et de logement a commandé et publié un rapport intitulé *Problems, Causes and Solutions with Exterior Insulation and Finish Systems*[1], qui passait en revue les ouvrages déjà publiés en la matière et sondait l'industrie sans formalités :

En voici les conclusions :

> « Une étude des exigences de performance et principes de conception de base relativement aux murs extérieurs laisse croire que les PEI nécessitent une qualité supérieure d'exécution et d'entretien pour assurer une aptitude raisonnable au service. Les PEI sont généralement scellés en surface, de sorte que la surface extérieure et les joints doivent demeurer étanches pendant toute la vie utile du bâtiment. Les matériaux normalement utilisés pour les PEI, et ceux servant aux joints en particulier, doivent être hautement performants en raison de leur exposition au vent, à la pluie, aux cycles thermiques et aux rayons solaires sur une très longue période. Il est possible que, dans bien des cas, la nécessité d'assurer un scellement supérieur en surface soit compliquée par les propriétés des matériaux du PEI et les supports sur lesquels ils sont montés.
>
> Les PEI peuvent être endommagés par la pénétration d'eau, l'humidité pendant la construction et parfois la condensation d'humidité à l'endos du revêtement supportant le parement. La détérioration attribuable à l'humidité peut être aggravée par l'emploi de supports perméables à l'humidité. L'un des supports les plus communément employés est un revêtement de plaques de plâtre pour usage extérieur vissé à des poteaux d'acier. Dans la plupart des cas, le PEI est collé à la surface des panneaux de plâtre. C'est ainsi que tout le parement d'un grand immeuble peut dépendre de l'intégrité de l'âme de gypse ou du papier qui le recouvre. Si aucun fixation mécanique n'a été utilisée, comme il arrive souvent, le ramollissement des panneaux de plâtre ou la corrosion des vis raccordant le revêtement aux poteaux, causés par l'humidité, l'intégrité du parement risque d'être gravement compromise. Bien que nous ignorions l'ampleur et la gravité actuelles des problèmes de détérioration dus à l'humidité qui sont susceptibles d'altérer les PEI en service, certains

---

[1] Christopher Mattock, *Exterior Insulation and Finish Systems (EIFS) Problems, Causes and Solutions*, Habitat Design and Consulting, Vancouver, 30 mai 1991 (Dossier SCHL n° 6585-M83-1).

s'en inquiètent, mais aucune étude n'a été amorcée à cet égard. Il n'y a pas de consensus en ce qui concerne l'aptitude au service à long terme des PEI.

Il est recommandé que les mesures suivantes soient prises :

- Mener des enquêtes *in situ* de PEI actuellement en service, datant de 1 à 20 ans, pour déterminer l'ampleur et la gravité des problèmes éventuels. Ces enquêtes devraient être faites dans autant de zones climatiques que possible, à savoir les régions du Pacifique, des Prairies, du Centre et des Maritimes.
- Présenter pour examen les résultats de ces enquêtes par l'industrie des PEI, des spécialistes en enveloppes de bâtiment, des concepteurs et la SCHL.
- Au besoin, selon les résultats des enquêtes et de l'examen, effectuer des enquêtes plus poussées sur le terrain ou en laboratoire pour établir quels sont les effets de la condensation, du vent, des rayons solaires, des cycles thermiques et de la pluie sur la performance des PEI.
- Étudier les modifications apportées à la conception et la construction de PEI qui permettraient de prévenir tout problème si elles étaient cernées dans les enquêtes sur le terrain ou en laboratoire.
- Avec la coopération de l'industrie des PEI, élaborer une série de principes directeurs à l'intention des fabricants, installateurs et concepteurs dans le but d'en accroître la performance. »

La présente étude a été réalisée par suite de ces recommandations.

Propriétés des PEI

Avantages

Les PEI types présentent des caractéristiques qui plaisent aux concepteurs en bâtiment. Ils existent en une vaste gamme de coloris, de textures, de formes et d'effets. Il est presque aussi facile de reprendre un style d'architecture ancienne ou d'en créer un nouveau avec les PEI que de fabriquer une surface ordinaire sans ornement. Voici d'autres avantages des PEI :

- polyvalence conceptuelle
- agréable à l'oeil
- légèreté
- résistance thermique peut être élevée sans trop de conséquence pour les autres composantes
- peu de ponts thermiques
- convenable pour remplacement de parement, particulièrement par-dessus béton, maçonnerie et pierre sans isolation

- travaux extérieurs; peu de perturbations à l'intérieur
- choix entre pose de panneaux sur place ou panneaux préfabriqués
- bon prix
- responsabilité d'un seul métier

On peut poser des PEI sur de grandes surfaces avec un minimum de joints, du moins dans certains cas. Nous avons observé un pan continu de PEI recouvrant 24 étages, sur un mur monolitique de béton; il ne comportait aucune fissure après 10 ans de service.

Bien que la combustibilité des PEI demeure toujours controversée, les exigences de la plupart des codes du bâtiment en matière de sécurité incendie peuvent être respectées pour toutes sortes de bâtiments non combustibles.[2]

Paramètres de conception

Les matériaux de PEI ont plusieurs propriétés importantes qu'il faut assimiler et dont il faut tenir compte pour les utiliser sans difficulté.

La plupart des parements de bâtiments au Canada comportent un écran de pluie dont la pression est égalisée, c'est-à-dire un mur à cavité. L'écran de pluie tolère les imperfections de la surface exposée et assure une meilleure protection contre les intempéries que les anciennes surfaces scellées avec les mêmes matériaux. En fait, un PEI est un système à surface scellée; le scellement extérieur doit être parfait pour empêcher la pénétration de pluie poussée par le vent. Les composants critiques sont exposés directement au soleil, à la précipitation et aux écarts extrêmes de température. Dès qu'un composant déroge de la perfection, la performance du système est compromise.

Contrairement au stucco et à nombre d'autres parements, une installation PEI ne convient pas pour un *écran de pluie* complet (interruption de l'effet capillaire et égalisation de pression) sans que le prix ne devienne prohibitif, de sorte que de petits défauts prennent des proportions exagérées, spécialement sur les grandes surfaces exposées d'un immeuble très haut.

Ce n'est pas la couche de finition qui n'est pas imperméable à l'eau, c'est la

---

[2] La sécurité incendie et la combustibilité ne font pas partie du mandat de la présente étude. Pour plus de précisions, se reporter au Code of Clarification on EIFS Cladding dans CCMC News du CNRC (numéro 4), ISSN 0848-600X.

couche de fond. Si l'armature à treillis n'est pas protégée sur les surfaces antérieure et postérieure, de légères différences de pression pousseront l'eau au travers du revêtement de finition jusqu'à l'isolant.[3]

Si elle est constamment mouillée, la couche de finition se ramollit, gonfle, perd de sa force et risque de se détacher de la couche de fond.

Une armature en fibre de verre est, de façon inhérente, vulnérable aux attaques d'alcalis. Il arrive parfois que, à cause d'imperfections invisibles dans l'enduit polymère des fibres de verre du treillis, les alcalis présents dans la couche de fond corrodent la surface des fibres de verre, ce qui provoque des points de fissuration qui aboutissent à une importante perte de force. La chaux libre émanant de l'hydratation du ciment portland dans la couche de fond ouvre grand la porte à ce phénomène, à moins que la couche de fond n'ait été formulée pour recouvrir le verre d'un film polymère protecteur.

Il est possible de prévoir beaucoup d'espace entre les joints, mais tout dépend de la mesure dans laquelle le revêtement de finition retient l'isolant de manière uniforme, afin d'empêcher les libres mouvements thermiques de la lame. Lorsque le système fonctionne correctement, les fluctuations thermiques qui autrement feraient varier les mouvements dans la lame, l'isolation et le support, se manifestent par une contrainte, pas un effort. Cependant, un support inadéquat aux rives (bords enrobés) et des points de contrainte concentrés (angle des ouvertures, par ex.) peuvent se manifester par un effort, sous la forme de fissures.

L'assemblage est perméable, par rapport à un bon pare-vapeur, mais moins perméable que beaucoup d'autres matériaux étanches à l'air. Sa perméance est moins de la moitié de celle du papier de construction, mais environ le quart de plaques de plâtres massives sans couche de finition. Il n'est pas suffisamment perméable pour laisser s'évaporer d'importantes quantités d'eau en surface. Une fois que l'eau s'y est infiltrée, elle en ressort difficilement, à moins qu'il n'y ait des fissures ou d'autres imperfections qui la laissent s'échapper.

La performance à long terme des PEI, selon la manière dont ils sont utilisés en Amérique du Nord, n'a pas encore été éprouvée. En dehors du contexte de la présente étude, les auteurs ont vu des PEI posés à la fin des années 1960 dont

---

[3] Piper, Richard S. et Raab, Susanne; *Factors Affecting the Water Resistance of EIFS Base Coats and Insulation Board,* ASTM International Symposium on Exterior Insulation and Finish Systems (EIFS): Performance of EIFS Worldwide, 21-24 septembre 1992, Arlington, VA.

le revêtement de finition s'était complètement décollé de l'isolation en dix ans. Ailleurs, l'eau avait ramolli et usé la couche de finition en un an à peine. Par contre, certaines installations ne semblent pas s'être détériorées après quinze ans.

Certes les PEI se sont raffinés au fil des ans, mais les doutes soulevés dans le rapport « Habitat », de même que ceux que les auteurs et d'autres ont entendus, justifiaient un examen plus poussé des conditions effectives de service au Canada.

Un programme de recherche, comprenant les expériences réglementaires et une analyse statistique, n'était pas ce qui était envisagé. Il était possible d'examiner certains bâtiments de plus près que d'autres. L'échantillon examiné comportait tellement peu de bâtiments semblables que des résultats quantitatifs risquaient d'induire en erreur, que ce soit par hasard ou à dessein, dans le cas des immeubles sélectionnés en raison de problèmes connus. Il n'était pas possible d'estimer l'incidence d'un problème particulier, mais une gamme assez étendue de problèmes a sans doute pu être observée.

À la lumière de ces observations, des jugements avisés ont été portés sur les problèmes susceptibles de surgir dans certains matériaux, systèmes et assemblages, ainsi que leur fréquence probable et l'ampleur des dommages résultants, le cas échéant. Les recommandations relatives aux recherches à poursuivre et à la conception des futures installations s'appuient sur ces jugements.

Nous avons obtenu des listes de bâtiments de divers fabricants, entrepreneurs et concepteurs dans l'industrie PEI, de même que de la SCHL. Nous nous sommes ensuite mis en rapport avec les propriétaires pour vérifier que l'immeuble comportait effectivement un PEI, obtenir l'autorisation de procéder à une étude et d'en faire rapport. Nous avons eu la permission dans certains cas de prélever des échantillons pour fins d'analyse en laboratoire.

Évaluation sur place

Nous avons examiné 23 bâtiments à PEI en service de 2 à 13 ans, à Toronto, Calgary, Edmonton, Vancouver et les régions montagneuses de Colombie-Britannique et d'Alberta.

Il n'a pas été possible d'examiner tous les bâtiments avec le même degré de détails. Dans tous les cas, une inspection globale a été faite à l'extérieur pour observer l'état général du parement et déceler toute défaillance évidente, à l'aide de jumelles et d'un télescope d'observation. Notre dossier comptait des photos d'intérêt général, des photos détaillées de chaque type de problème et des notes sur les matériaux et assemblages utilisés dans la construction d'après nos

observations.

Outre cette inspection globale de l'extérieur du bâtiment, la marche à suivre ci-dessous a été observée dans la mesure du possible :

- rencontrer l'administrateur de l'immeuble pour examiner les bleus, devis et relevés d'entretien, discuter de ses expériences et cerner tout problème connu;
- demander aux occupants s'ils étaient au courant de problèmes;
- examiner l'extérieur à un ou plusieurs endroits, dont les secteurs problèmes déjà cernés, à partir d'une sellette, d'une échelle ou d'un balcon;
- examiner l'intérieur vis-à-vis des endroits où des anomalies existaient à l'extérieur, pour déceler les dommages causés par l'eau et déterminer la cause éventuelle;
- enlever le revêtement de finition intérieur pour examiner l'endos du revêtement supportant le parement (possible dans un cas seulement); et
- prélever un échantillon type (pas d'un secteur problème, à moins qu'il ne soit plus ou moins courant).

Lorsqu'il a fallu prendre des échantillons du PEI, les sections endommagées ont été réparées avec de la mousse d'uréthane et des plaques à chicanes pour éviter les difficultés d'assortiment et de pose par mauvais temps.

Tests en laboratoire

Dix échantillons de PEI à base de polymères ont été prélevés pour une analyse en laboratoire. Deux d'entre eux provenaient de la même installation. Tous les échantillons ont été mesurés et analysés pour obtenir les données suivantes :

- poids de la lame (masse totale de la lame par aire d'unité)
- épaisseur (couche de finition et couche de fond)
- absorption d'eau (% de la masse de lame)
- évaluation qualitative d'adhérence, de porosité et de défaillances
- polymères (type et % de la masse de lame)
- armature (types et % de la masse de lame)

Un échantillon d'enrobage non armé (appliqué sans armature de verre directement sur le béton) et deux échantillons de treillis de verre enduit de résine synthétique ont aussi été analysés. Un des échantillons de treillis n'avait reçu aucune couche de fond; l'autre se détachait assez aisément de la couche de fond,

tâche impossible avec la plupart des échantillons.

Le nombre d'échantillons prélevés n'était pas suffisant pour fournir des résultats statistiques valables, mais il donne une idée des variations.

Les essais ont été exécutés par George C. Hawley & Associates à Montréal.

Méthodologie

Les échantillons ont été examinés au microscope. On a mesuré l'épaisseur des couches de fond et de finition (y compris l'armature), puis on a cherché des anomalies telles porosité excessive, fissures et délamination.

L'absorption d'eau a été déterminée après avoir fait tremper les échantillons dans de l'eau à 38 °C pendant quatre heures. Sur aucun des échantillons y avait-il des marques de détérioration ou de ramollissement; sans doute aurait-il été mieux avisé de prévoir un essai de plus longue durée.

Le polymère a été extrait au moyen d'un solvant et identifié par spectrophotométrie à l'infrarouge. Les polymères non extraits par solvant l'ont été par pyrolyse, pour déterminer la masse polymère totale par aire d'unité. La teneur en armature de verre a été mesurée en retirant et pesant la fibre de verre après la pyrolyse, de sorte que l'enduit de résine du treillis de verre était inclus dans le contenu de polymère et non dans la masse de l'armature.

Résultats

Nous avons récapitulé ci-dessous les résultats des essais, avec les observations sur chacun des bâtiments correspondants. Tous les enduits prélevés étaient à base de polymères, donc non modifiés par polymères.

Propriété	Moyenne	Fourchette	Mesure
Poids de lame	5,0	2,7 - 7,5	Kg/m²
Polymère	11,8	9,5 - 14,6	%
Absorption d'eau	7,1	2,7 - 10,1	%
Couche de fond min.	0,9	0,1 - 2,5	mm
Couche de fond max.	1,3	0,2 - 3,2	mm
Couche de finition min.	0,4	0,1 - 1,5	mm
Couche de finition max.	1,7	0,75 - 4,0	mm
Armature[4]	3,4	2,0 - 4,7	%
Armature	0,13	0,11 - 0,14	kg/m²

4 Sans compter les recoupements ou la couche supplémentaire de treillis épais dans un échantillon.

Plusieurs types de treillis figuraient parmi les échantillons. Sauf pour une couche supplémentaire de mailles résistant au choc dans un cas, la flèche et la trame du treillis étaient espacées de 4,25 mm entre axes dans tous les échantillons. Dans deux cas, le treillis ne semblait pas être revêtu de polymères. Les autres comportaient une couche de polymères de couleur jaune, bleue, blanche ou transparente.

Dans l'ensemble, les échantillons se sont révélés de bonne qualité et conformes aux lignes directrices de l'EIMA[5], à quelques exceptions près. Ces exceptions sont mentionnées dans les observations formulées sur chaque bâtiment.

OBSERVATIONS

Dans les descriptions qui suivent, à moins d'indication contraire, tous les bâtiments étaient dotés de lames renforcées de treillis en fibre de verre, d'une couche de fond à base de polymères, et étaient isolés avec des planches à baguette de polystyrène.

BÂTIMENT 1 Tour d'habitation

Emplacement	Calgary
Hauteur du PEI	27 étages
Humidité intérieure	modérée (élevée sur 1 étage)
Âge de la construction	13 ans
Âge du PEI	13 ans
Épaisseur de l'isolant	38 mm
Couches sous-jacentes	béton, blocs de béton, plâtre
Fixation	adhésif
Dessins PEI	architecturaux
Fabrication	sur place
Fissures	modérées
Problèmes de joints	aucun (très peu de joints souples)
Problèmes d'humidité	minimes
Dommages causés par chocs	minimes
Lieu de prélèvement d'échantillon	près de la section endommagée par un choc, face nord, près du sol
Poids de la lame	3,1 kg/m²
Teneur en polymère	10,2 %
Absorption d'eau	7,2 %
Épaisseur de la couche de fond	0,5 - 0,75 mm
Épaisseur de la couche de finition	0,1 - 2,0 mm
Armature	0,12 kg/m²

La plupart des parements ont été construits pour faire fonction d'écran de pluie

---

5 *EIMA Guideline Specification for Exterior Insulation and Finish Systems, Class PB,* Exterior Insulation Manufacturers Association, Clearwater, FL, 1991.

et sont constitués du PEI, d'un revêtement de gypse et d'une ossature d'acier; ils comportent aussi un vide d'air froid, avec évent d'évacuation sur l'extérieur, entre le parement et la construction isolée. Des fissures ont été observées dans la plupart des angles rentrants (angles d'une ouverture rentrant vers l'intérieur, comme une ouverture de fenêtre enfoncée) et dans un grand panneau sans joints. Les coins subissent beaucoup d'effort et ont tendance à se fissurer. Une section du PEI, allant du 6^{e} au 27^{e} étages, n'était pas un écran de pluie. Elle était fixée directement à un mur de contreventement en béton et n'était pas fissurée malgré la présence de faux joints engravés sur la surface. Ce mur ne faisait pas face aux précipitations dominantes et ne se trouvait pas vis-à-vis d'espaces intérieurs normalement occupés. L'administrateur du bâtiment n'a signalé aucune fuite qu'il pouvait attribuer au PEI.

À certains endroits, la couche de finition acrylique avait été appliquée directement sur les bords et sous-faces des balcons de béton. L'humidité s'était introduite dans le béton par les fissures, de là les taches et la délamination du revêtement.

Des dommages dus aux chocs étaient visibles au niveau du sol le long d'une allée et sur un quai de chargement à cause des contacts avec des véhicules et bacs à ordures. C'étaient les seuls endroits au niveau du sol où on avait appliqué du PEI; la plupart des autres se trouvaient à la hauteur de l'épaule ou plus haut. Des dommages semblables étaient évidents plusieurs étages plus haut, à quelques endroits, causés par les échafaudages utilisés pour le lavage des fenêtres.

Les analyses de l'échantillon en laboratoire n'ont pas signalé de défaillance ou d'anomalie.

BÂTIMENT 2 Complexe récréatif

Emplacement	Calgary
Hauteur du PEI	1 étage
Humidité intérieure	élevée (piscine)
Âge de la construction	9 ans
Âge du PEI	9 ans
Épaisseur de l'isolant	50 mm
Couches sous-jacentes	blocs de béton et béton
Fixation	adhésif
Dessins PEI	architecturaux
Fabrication	sur place
Fissures	minimes
Problèmes de joints	aucun
Problèmes d'humidité	aucun
Dommages causés par chocs	modérés

Les murs ont été divisés en sections rectangulaires, les joints souples étant espacés de 10 m. Le PEI se trouvait toujours au niveau du sol ou tout près. Le parement était libre de fissures, sauf pour les angles rentrants. Le périmètre du bâtiment était jonché de gravier lancé sur les murs par des vandales et incrusté dans le parement.

BÂTIMENT 3 Centre commercial

Emplacement	Calgary
Hauteur du PEI	1 étage
Humidité intérieure	faible
Âge de la construction	environ 5 ans
Âge du PEI	environ 5 ans
Épaisseur de l'isolant	50 mm
Couches sous-jacentes	blocs de béton et gypse
Fixation	adhésif
Dessins PEI	indisponibles
Fabrication	sur place
Fissures	modérés
Problèmes de joints	modérés
Problèmes d'humidité	minimes
Dommages causés par chocs	minimes

Ce bâtiment était orné de panneaux en retrait de couleurs variées. Le PEI au niveau du sol, comportant une armature ordinaire, était endommagé par des chariots de magasins. Des fissures ont été observées à certains angles rentrants, au niveau des faux joints, au milieu des panneaux et aux ouvertures. Des brèches étaient visibles aux endroits où le PEI s'étendait sur des constructions indépendantes sans joint. Une section du PEI semblait s'être décollée en raison des mouvements d'humidité au travers du mur. Nous pensons que l'humidité se serait introduite par un contre-solin à l'intérieur de l'isolation du PEI. Il y avait de petites fissures marquées d'efflorescence, certaines alignées sur les joints de l'isolant, dont la disposition était évidente d'après

la décoloration et les fissures de la surface à cet endroit.

BÂTIMENT 4 Hôtel, région des Rocheuses

Ce bâtiment, situé au pied des Rocheuses, compte plusieurs ailes construites à des époques différentes, dont revêtues de PEI différents. Trois parties de l'hôtel ont été examinées.

Bâtiment 4A

Hauteur du PEI	9 étages
Humidité intérieure	faible
Âge de la construction	plus de 50 ans
Âge du PEI	8 ans
Épaisseur de l'isolant	89 mm
Couches sous-jacentes	maçonnerie et béton
Fixation	adhésif
Dessins PEI	architecturaux
Fabrication	sur place
Fissures	modérées
Problèmes de joints	minimes
Problèmes d'humidité	importants
Dommages causés par chocs	minimes
Lieu de prélèvement d'échantillon	PEI sur face nord-ouest et morceaux de couche de finition
Poids de la lame	7,5 kg/m²
Teneur en polymère	10,4 %
Absorption d'eau	6,0 %
Épaisseur de la couche de fond	1,0 - 1,9 mm
Épaisseur de la couche de finition	1,5 - 4,0 mm
Armature	0,13 kg/m²/couche (2 couches sur les lieux d'échantillonnage)

Le PEI a été posé sur le bâtiment initialement non isolé au moment de travaux de rénovation. On a revêtu le béton et la maçonnerie d'un treillis métallique, fixé mécaniquement, et appliqué une couche de ciment portland pour égaliser la surface.

La couche de finition du PEI avait subi une délamination considérable aux endroits d'exposition fréquente à la neige ou la pluie, et où du givre y avait adhéré. En outre, cette couche avait été appliquée directement sur le béton à certains endroits seulement, où elle avait presque entièrement perdu son adhérence. Il y avait aussi eu des dommages dus au choc causé par le glissement de la neige sur les toits attenant aux murs revêtus de PEI. Le passage d'humidité de la toiture au PEI à la jonction des murs avait décoloré et dégradé la lame. Des fissures marquées d'efflorescence et une délamination ont été notées, au bas des bords enrobés surtout. Il y avait eu défaillance des joints souples à cause de la délamination de la couche de finition sur les côtés des joints. De nombreuses fissures ont aussi été remarquées aux angles rentrants des

fenêtres.

Bâtiment 4B

Hauteur du PEI	1 étage
Humidité intérieure	faible
Âge de la construction	2 ans
Âge du PEI	2 ans
Type de PEI	modifié par polymères
Épaisseur de l'isolant	50 mm
Type d'isolant	polystyrène extrudé
Couches sous-jacentes	membrane pelable sur béton et gypse
Fixation	mécanique
Dessins PEI	indisponibles
Fabrication	sur place
Fissures	minimes
Problèmes de joints	aucun
Problèmes d'humidité	aucun
Dommages causés par chocs	minimes

Le parement de ce bâtiment était d'un produit modifié par polymères. Quelques fissures ont été remarquées aux angles rentrants. Les réparations faites sur une section gelée durant la construction ne correspondaient pas à la couleur et la texture dominantes. Il y avait moins de dommages dus au choc qu'on ne l'aurait prévu pour un parement du genre.

Bâtiment 4C

Hauteur du PEI	9 étages
Humidité intérieure	faible
Âge de la construction	5 ans
Âge du PEI	5 ans
Épaisseur de l'isolant	100 mm
Couches sous-jacentes	gypse
Fixation	adhésif
Dessins PEI	aucun
Fabrication	sur place
Fissures	modérées
Problèmes de joints	importants au joint de dilatation du bâtiment; minimes ailleurs
Problèmes d'humidité	aucun
Dommages causés par chocs	minimes
Lieu de prélèvement d'échantillon	mur face sud, près du sol
Poids de la lame	4,5 kg/m²
Teneur en polymère	10,6 %
Absorption d'eau	8,2 %
Épaisseur de la couche de fond	1,0 - 1,2 mm
Épaisseur de la couche de finition	0,2 - 2,5 mm
Armature	0,14 kg/m²

Des fissures ont été observées aux angles rentrants et parfois au niveau des joints de l'isolation au milieu des panneaux. Elles étaient plus larges que les autres à un endroit, allant des angles de fenêtre sur un étage jusqu'aux angles de fenêtre et ouvertures un étage plus bas. Des réparations avaient été faites à un endroit où on signale que l'eau avait afflué à l'intérieur. Il était évident que la couleur et la texture avaient été appariés avec difficulté. L'échantillon a été prélevé à une rive où l'enrobage n'avait pas été enduit d'une couche de fond ou de finition.

Les essais en laboratoire n'ont indiqué aucune défaillance ou anomalie de la lame prélevée. Le degré d'adhérence à l'endos de l'isolant était d'environ 10 %. Le treillis aux rives a permis de déterminer la quantité de matière organique présente dans l'enduit, indépendamment des polymères dans les couches de fond et de finition. L'enduit polymère n'a pu être identifié (ce n'est donc pas de l'acrylique, de l'acétate de vinyle ou du styrène butadiène). Le pourcentage extrait par solvant était de 17,2 % au volume de treillis. La pyrolyse a permis d'en extraire 1,2 % de plus.

BÂTIMENT 5 Centre récréatif

Emplacement	Calgary
Hauteur du PEI	2 étages
Humidité intérieure	modérée à élevée (piscine, patinoires)
Âge de la construction	11 ans
Âge du PEI	11 ans
Épaisseur de l'isolant	50 mm
Couches sous-jacentes	blocs de béton, béton et (à peu d'endroits) gypse
Fixation	adhésif
Dessins PEI	architecturaux
Fabrication	sur place
Fissures	minimes
Problèmes de joints	minimes
Problèmes d'humidité	minimes
Dommages causés par chocs	importants
Lieu de prélèvement d'échantillon	mur donnant au nord
Poids de la lame	4,0 kg/m²
Teneur en polymère	10,9 %
Absorption d'eau	8,9 %
Épaisseur de la couche de fond	0,5 - 2,0 mm
Épaisseur de la couche de finition	0,5 - 2,0 mm
Armature	0,13 kg/m² (après correction pour recoupement avec une partie de l'échantillon)

Le parement en trois tons de ce bâtiment était formé de faux joints placés de manière à donner un effet de profondeur. Certains de ces joints étaient fissurés. Les parties du mur collées au béton étaient libres de fissures. Deux grandes brèches et une défaillance de joint souple s'étaient produites où le PEI relie des constructions indépendantes. De la saleté s'était accumulée et l'eau coulant des joints des solins avait décoloré certaines sections. Il semblait que certaines couleurs foncées étaient farinées, surtout aux endroits orientées au sud. Une partie du PEI fixé aux plaques de plâtre, qui est directement en contact avec l'humidité élevée à l'intérieur, ne montrait aucune trace de détérioration à l'extérieur. Il y avait du mildiou sur l'endos du revêtement, qui semblait avoir été mouillé par moments. Les plaques de plâtre intérieures affichaient des dommages modérés dus à l'humidité. Cet endroit se trouve juste à côté d'une fuite d'air directe. Nous pensons que l'état des composants aurait été pire si la fuite d'air n'était pas aussi directe. Le bâtiment avait été considérablement endommagé à certains endroits par des vandales qui ont lancé des cailloux et donné des coups de pied sur la surface. Certains cailloux sont restés incrustés. Des travaux de réparation ont été effectués à plusieurs reprises, mais on n'est pas parvenu à trouver des matériaux identiques. Des graffiti ont été bien dissimulés avec de la peinture. Certains secteurs endommagés sur les murs faisant face au nord près du niveau du sol favorisent la croissance de mousse.

L'échantillon a été prélevé à un endroit où la couche de fond s'était enfoncée d'environ 5 mm dans un interstice de 3 mm de large entre les panneaux isolants. Le treillis se chevauchait au même endroit. Il n'y avait aucune fissure par-dessus le joint.

BÂTIMENT 6 Tour d'habitation

Emplacement	Vancouver
Hauteur du PEI	19 étages
Humidité intérieure	modérée
Âge de la construction	environ 4 ans
Âge du PEI	environ 4 ans
Épaisseur de l'isolant	indéterminée
Couches sous-jacentes	gypse
Fixation	adhésif
Dessins PEI	indisponibles
Fabrication	sur place
Fissures	minimes
Problèmes de joints	minimes
Problèmes d'humidité	aucun visible à l'extérieur
Dommages causés par chocs	minimes

Il s'agit de deux tours d'habitation qui auraient été construites par temps froid. Aucune information n'a été obtenue du propriétaire. L'inspection de l'extérieur n'a pas révélé de problèmes d'humidité, de fissures excessives ou de problèmes au niveau de la couche de finition. Les lames des ventilateurs d'extraction de cuisine, qui évacuent l'air directement sur le revêtement de finition, avaient provoqué une décoloration importante à plusieurs endroits. Le colmatage aux endroits où les attaches d'échafaudages de construction était mal exécuté, car la texture était différente des surfaces environnantes.

BÂTIMENT 7 Hôtel

Emplacement	Cordillère côtière, C.-B.
Hauteur du PEI	8 étages
Humidité intérieure	modérée
Âge de la construction	4 ans
Âge du PEI	4 ans
Épaisseur de l'isolant	50 mm et 75 mm
Couches sous-jacentes	gypse
Fixation	adhésif
Dessins PEI	architecturaux
Fabrication	sur place
Fissures	minimes
Problèmes de joints	minimes, sauf défaillance majeure des joints de dilatation
Problèmes d'humidité	minimes
Dommages causés par chocs	minimes

L'état général du PEI était bon, à quelques exceptions près. Les sous-faces,

revêtues de PEI, affichaient des traces d'infiltration d'humidité provenant de l'isolation. On pouvait déceler l'armature métallique à travers la couche de finition à un endroit. Les murs à ossature d'acier étaient remplis de natte isolante et recouverts de PEI. À certains endroits, nous avons observé un interstice entre le mur à ossature métallique et le PEI. Il a été impossible d'y avoir accès pour fins d'examen. Aucun ventilation n'avait été prévue ni de l'intérieur ni de l'extérieur. Il n'y avait aucun signe de dommage causé par la condensation sur l'extérieur du mur, mais des taches sur les sous-faces laissent croire qu'il y aurait de la condensation dans des espaces invisibles à l'oeil nu. Nous n'avons pas pu examiner l'intérieur du mur. De petits morceaux de la couche de finition s'étaient détachés de la couche de fond où il y avait eu contact avec la neige. Seulement un des vingt angles rentrants était fissuré. À deux endroits le calfeutrage incomplet des joints souples avait favorisé le transport d'humidité au travers du PEI, ce qui a causé d'importants dommages à l'intérieur et à la lame à ces endroits isolés. Le givre sur les surfaces extérieures du mur se situait vis-à-vis des poteaux et des joints d'isolation.

BÂTIMENT 8 Tour d'habitation

Emplacement	Edmonton
Hauteur du PEI	24 étages
Humidité intérieure	modérée
Âge de la construction	10 ans
Âge du PEI	10 ans
Épaisseur de l'isolant	25 mm
Couches sous-jacentes	gypse
Fixation	adhésif
Dessins PEI	architecturaux
Fabrication	panneautage et sur place
Fissures	modérées
Problèmes de joints	minimes aux joints souples entre PEI
Problèmes d'humidité	importants
Dommages causés par chocs	minimes

Il y avait d'importantes fuites d'eau à travers les murs et fenêtres de ce bâtiment depuis plusieurs années. L'ossature d'acier des murs, comportant des nattes isolantes, était recouverte d'une mince couche d'isolation et d'une lame PEI. La plupart des fuites d'eau dans les murs étaient attribuables à la pluie pénétrant par les fenêtres et le calfeutrage sur le périmètre du PEI. Il y avait eu un peu de condensation à cause de la conjugaison du point de rosée dans la natte isolante et la plus grande étanchéité à l'air du PEI que celle des revêtements intérieurs. Les joints souples avaient fait défaut à quelques endroits seulement où la couche de finition s'était détachée de la couche de fond. L'humidité avait gravement endommagé les plaques de plâtre extérieures et les fixations.

BÂTIMENT 9 Hôtel

Emplacement	Toronto
Hauteur du PEI	9 étages
Humidité intérieure	faible
Âge de la construction	7 ans
Âge du PEI	7 ans
Épaisseur de l'isolant	100 mm
Couches sous-jacentes	béton, blocs de béton et gypse
Fixation	adhésif
Dessins PEI	architecturaux
Fabrication	panneautage et sur place
Fissures	modérées
Problèmes de joints	minimes
Problèmes d'humidité	minimes
Dommages causés par chocs	minimes

La majeure partie du PEI était constituée de panneaux, les plaques de plâtre ayant été utilisées comme matériau de parement intérieur et pour le vide d'air froid entre le panneau et le mur intérieur isolé. L'espace était ventilé au moyen de petits tubes en PVC. Les murs à ossature d'acier montés sur place comportaient des nattes isolantes. Les seuils de fenêtres, fabriqués de PEI incliné d'une largeur de 600 mm, étaient intègres et généralement libres de fissures ou de dommages visibles dus à l'humidité. Le PEI installé sur place recouvrait surtout du béton ou des blocs de béton, et affichait peu de fissures. Les joints entre les panneaux avaient principalement été exécutés en deux étapes, puis calfeutrés devant et derrière. Les environs des joints étaient ventilés par de petits tubes en PVC. Des dommages modérés ont été observés près du quai de chargement, à cause des chocs causés par les palettes et les caisses d'expédition, et à un autre endroit à cause des travaux d'entretien paysagers. Le treillis épais utilisé dans les environs du quai de chargement n'était pas suffisant pour résister au choc. Les fenêtres comportaient des détails visant à minimiser les angles rentrants. Certaines défaillances du calfeutrage semblaient être attribuables au scellant double non homogène. Le produit n'adhérait plus aux joints de dilatation du bâtiment, tandis qu'entre les panneaux de PEI, les défaillances étaient minimes. Sur un panneau mural, la finition dissemblable trahissait sans doute des dommages antérieurs. De longues fissures verticales ont été observées au milieu de certains panneaux (sans les sections installées sur place).

BÂTIMENT 10 Immeuble à bureaux

Emplacement	Toronto
Hauteur du PEI	4 étages
Humidité intérieure	faible
Âge de la construction	5 ans
Âge du PEI	5 ans
Épaisseur de l'isolant	50 à 150 mm
Couches sous-jacentes	blocs de béton et béton

Fixation	adhésif et mécanique
Dessins PEI	aucun
Fabrication	sur place
Fissures	nombreuses, importantes
Problèmes de joints	peu entre PEI, modérés entre PEI et cadres de fenêtres
Problèmes d'humidité	modérés
Dommages causés par chocs	minimes
Lieu de prélèvement d'échantillon	Mur face sud (10A), plus un morceau érodé de lame trouvé seulement sur le toit (10B)

Échantillon 10 B

Poids de la lame	4,0 kg/m²
Teneur en polymère	9,5 %
Absorption d'eau	10,1 %
Épaisseur de la couche de fond	Couche 1 : 0,1 - 0,2 mm Couche 2 : 1,2 - 1,5 mm
Épaisseur de la couche de finition	0,2 - 1,0 mm
Armature	0,13 kg/m²

Échantillon 10B

Poids de la lame	5,2 kg/m²
Teneur en polymère	12,3 %
Absorption d'eau	6,1 %
Épaisseur de la couche de fond	Couche 1 : 0,75 - 1,0 mm Couche 2 : 0,75 - 1,0 mm
Épaisseur de la couche de finition	0,5 - 0,75 mm
Armature	0,13 kg/m²

Le bâtiment était revêtu de PEI sur deux faces. Les dessins de l'architecte faisaient état de plâtre de ciment portland sur latte, par-dessus un vide ventilé et drainé, et d'isolation derrière. Il semble qu'on ait décidé à la dernière heure d'utiliser un PEI, sans plans ou détails sur papier. La couche de fond était continue et il n'y avait pas de joints souples sauf à la jonction des fenêtres. De faux joints ont été fabriqués par un pontage sur la couche de fond blanche, l'application d'une couche de finition colorée, puis le retrait du ruban. Lorsque l'échantillon a été prélevé, l'isolant était très épais; une épaisseur de 100 mm sur une autre épaisseur de 50 mm, sans adhésion entre elles et les deux fixées mécaniquement au support. Le seul problème signalé par le propriétaire était des fuites d'eau autour de certaines fenêtres enfoncées. Nous n'avons vu aucun solin au-dessus des fenêtres qui aurait pu intercepter l'eau susceptible de couler au travers de l'isolant.

Beaucoup de fissures causées par des surcharges de tension ont été observées sur la lame de ce bâtiment. Elles se trouvaient dans la plupart des angles rentrants, ainsi qu'au milieu des panneaux, aux ouvertures et aux points de transition des supports. Un réseau de fissures a été attribué à un changement de support, de béton coffré sur place à des blocs de béton non porteurs, pour les

travaux de maçonnerie intercalaire. Les luminaires étaient exposés à des dommages dus à l'eau de pluie s'écoulant de la surface à l'intérieur du PEI. Le calfeutrage du périmètre laissait à désirer.

BÂTIMENT 11 Tour d'habitation

Emplacement	Toronto
Hauteur du PEI	28 étages
Humidité intérieure	modérée
Âge de la construction	environ 30 ans
Âge du PEI	environ 8 ans
Épaisseur de l'isolant	50 mm
Couches sous-jacentes	brique silico-calcaire
Fixation	adhésif
Dessins PEI	aucun
Fabrication	sur place
Fissures	nombreuses
Problèmes de joints	accumulation d'eau derrière scellant, peu de défaillances du scellant
Problèmes d'humidité	importants
Dommages causés par chocs	minimes
Lieu de prélèvement d'échantillon	mur nord
Poids de la lame	6,9 kg/m²
Teneur en polymère	12,4 %
Absorption d'eau	2,7 %
Épaisseur de la couche de fond	2,0 - 2,25 mm
Épaisseur de la couche de finition	1,0 - 1,5 mm
Armature	0,11 kg/m² par couche (2 couches au lieu du prélèvement)

Ce PEI a été collé à la brique existante qui avait déjà subi des dommages dus à l'action du gel et du dégel. Le propriétaire a fait savoir que le mur initial avait été construit de plâtre d'intérieur appliqué sur une isolation de polystyrène extrudé sur des blocs de béton de 100 mm recouverts de brique silico-calcaire de 100 mm. Au niveau du plancher-dalle, les rives de la dalle étaient exposées à l'extérieur et soutenaient les murs de maçonnerie. Au moment où le PEI a été posé, des joints calfeutrés ont été exécutés à chaque ligne de plancher, vis-à-vis du dessous de la dalle et alignés sur le haut de la fenêtre. Les fissures dans les environs de la lame étaient considérables. Il y en avait aussi dans les coins; 18 des 20 des angles rentrants des fenêtres étaient lézardés, à partir du coin et s'étendant dans différentes directions, soit verticalement, horizontalement ou à 45 degrés. Un grand nombre de ces fissures étaient plus longues que la normale; certaines avaient jusqu'à 1 200 mm de long et s'étendaient jusqu'à une rive ou un joint. Dans l'échantillon, et dans d'autres échantillons déjà prélevés par le propriétaire, l'adhérence de l'isolant était assez forte pour avoir arraché un peu de la surface de la brique, aux endroits où elle avait probablement été endommagée par le givre. L'isolation et la tige en mousse de polyéthylène dans les joints étaient saturées d'eau emprisonnée derrière le scellant à plusieurs endroits. Nous n'avons pas

découvert de traces d'humidité après examen de l'intérieur, quoiqu'il était y avait évidemment déjà eu des dommages causés par l'humidité dans le plâtre autour et en-dessous des fenêtres, de même dans les planchers de bois au pied du mur. L'isolation extérieure était très mouillée.

Les joints verticaux calfeutrés étaient en bon état. Il y a de plus fortes chances que l'eau passe de l'extérieur à l'intérieur au travers de la lame qu'il y ait condensation de l'humidité intérieure ou pénétration par des joints défectueux. L'armature était visible dans la finition à plusieurs endroits, et les fissures avaient tendance à longer la flèche ou la trame du treillis, les transitions se produisant parfois à angle droit d'une âme à une âme parallèle adjacente. Tous les échantillons comportaient des joints larges entre les morceaux d'isolant, remplis en partie d'une couche de fond. Les fissures longeant ces joints remplis étaient nombreuses et plus larges que les fissures qui se produisent normalement sur les âmes d'armature.

BÂTIMENT 12 Tour d'habitation

Emplacement	Toronto
Hauteur du PEI	28 étages
Humidité intérieure	modérée
Âge de la construction	environ 25 ans
Âge du PEI	environ 5 ans pour mur d'extrémité, 3 ans pour murs latéraux
Type de PEI	à base de polymères, environ 3 mm d'épais sur mur d'extrémité; 6 mm d'épais sur murs latéraux
Épaisseur de l'isolant	50 mm mur d'extrémité; 75 mm côtés
Type d'isolant	planche de polystyrène expansé sur mur d'extrémité; polystyrène extrudé sur murs latéraux
Couches sous-jacentes	brique silico-calcaire; enduit texturé sur mur d'extrémité; pas d'enduit sur murs latéraux
Fixation	adhésif sur mur d'extrémité; mécanique sur murs latéraux
Dessins PEI	aucun
Fabrication	sur place
Fissures	minimes
Problèmes de joints	minimes
Problèmes d'humidité	modérés sur mur d'extrémité; pas de traces sur murs latéraux
Dommages causés par chocs	aucun
Lieu de prélèvement d'échantillon	mur d'extrémité, face nord-est
Poids de la lame	5,7 kg/m²
Teneur en polymère	14,0 %
Absorption d'eau	5,7 %
Épaisseur de la couche de fond	Couche 1 : 1,1 - 1,3 mm Couche 2 : 0,5 - 0,6 mm Couche 3 : 0,1 - 0,3 mm
Épaisseur de la couche de finition	0,1 - 1,5 mm
Armature	0,11 kg/m²

À l'origine, les murs avaient été construits comme ceux du bâtiment 11, sauf que des cornières de renfort au lieu des rives de la dalle supportaient la brique. La surface de la brique s'était effritée à certains endroits à cause de l'action du gel et du dégel. Divers revêtements, y compris deux PEI différents, avaient été appliqués.

Sur le mur d'extrémité, un PEI avait été collé sur la brique comportant un enduit texturé pour usage extérieur. On y avait ensuite fixé des planches à baguette de polystyrène expansé de 50 mm avec un peu de colle ici et là, mais l'échantillon a tout de même été difficile à extraire. Il y avait des joints horizontaux sur chaque étage, scellés avec un double cordon de calfeutrant. La tige anti-adhésive dans les joints souples horizontaux était humide. De l'extérieur, le PEI ne semblait pas s'être détérioré.

Sur les murs latéraux, aucun enduit texturé n'avait été appliqué. Lorsque le PEI a été posé plus tard, une membrane pelable a été appliqué et du polystyrène extrudé a été fixé mécaniquement à la maçonnerie, à travers le treillis d'armature du PEI. Des joints souples avait été réalisés à chaque ligne de plancher. La plupart des panneaux avaient une forme rectangulaire, sans angle rentrant. Seulement deux des vingt angles rentrants étaient fissurés. En général, les fissures avaient moins de 100 mm de long. Un peu de taches ressemblant à de la rouille ont été observées sur l'ensemble de la lame. On pense que les solins du seuil des fenêtres ont été posés après le PEI, ce qui aurait amené de l'humidité dans le parement, mais aucun dommage n'était évident. Nous n'avons vu aucune détérioration du PEI à l'extérieur.

BÂTIMENT 13 Tour d'habitation

Emplacement	Toronto
Hauteur du PEI	28 étages
Humidité intérieure	modérée
Âge de la construction	environ 25 ans
Âge du PEI	3 ans
Type de PEI	à base de polymères, épais
Épaisseur de l'isolant	75 mm
Couches sous-jacentes	brique silico-calcaire
Fixation	mécanique
Dessins PEI	aucun
Fabrication	sur place
Fissures	aucune (pas d'angle rentrant)
Problèmes de joints	minimes
Problèmes d'humidité	minimes
Dommages causés par chocs	aucun

La construction et la pose ultérieure du PEI étaient similaires à celles des murs latéraux du bâtiment 12. On a signalé que, à certains endroits, il semblait y avoir délamination de la surface par temps chaud, sous une bonne lumière. Rien

n'a cependant été décelé pendant la période d'observation et aucune délamination ne s'est révélée en donnant de petits coups sur la surface aux endroits suspects.

BÂTIMENT 14 Hôtel

Emplacement	Toronto
Hauteur du PEI	7 étages
Humidité intérieure	faible
Âge de la construction	2 ans
Âge du PEI	2 ans
Épaisseur de l'isolant	environ 50 mm
Couches sous-jacentes	béton et gypse
Fixation	adhésif
Dessins PEI	indisponibles
Fabrication	sur place
Fissures	minimes
Problèmes de joints	aucun
Problèmes d'humidité	aucun signalé
Dommages causés par chocs	minimes

Les détails de ce bâtiment ont été minutieusement dessinés pour donner l'aspect d'un palais autrichien du XIX^{e} siècle. Deux larges panneaux, dont la finition n'a pas été réalisée en même temps que les autres, étaient de couleur et de texture différentes. L'administrateur du bâtiment n'avait aucun problème à signaler et peu de fissures ont été observées. Il y avait quelques dommages dus au choc aux étages supérieurs.

Bâtiment 15 Hôtel

Emplacement	Toronto
Hauteur du PEI	6-8 étages
Humidité intérieure	faible
Âge de la construction	5 ans
Âge du PEI	5 ans
Épaisseur de l'isolant	environ 50 mm
Couches sous-jacentes	gypse, béton
Fixation	adhésif
Dessins PEI	indisponibles
Fabrication	panneautage, sauf sur béton
Fissures	minimes
Problèmes de joints	modérés
Problèmes d'humidité	minimes
Dommages causés par chocs	minimes
Lieu de prélèvement d'échantillon	secteur endommagé, ombré, face sud
Poids de la lame	6,0 kg/m^2
Teneur en polymère	12,6 %
Absorption d'eau	7,9 %
Épaisseur de la couche de fond	2,5 - 3,2 mm
Épaisseur de la couche de finition	0,1 - 1,5 mm
Armature	1 couche à 0,14 kg/m^2 + 1 couche à 0,59 kg/m^2

Au niveau du sol, l'avant et certaines parties des côtés du bâtiment, dont les arcades et entrées, sont de béton préfabriqué émulant la pierre. Les côtés, l'arrière et les étages supérieurs étaient recouverts de PEI émulant aussi la

pierre. Sur l'élévation arrière, le parapet est recouvert de PEI qui a été endommagé par les longerons stabilisateurs des échafaudages volants. Le bâtiment était très sale et taché. Là où l'eau s'était accumulée, la saleté avait tracé des stries. Ceci était particulièrement évident en-dessous des assises en saillie qui n'ont pas de larmier. Sur l'élévation avant, huit des vingt angles rentrants (au haut des fenêtres) étaient fissurés. Sur l'élévation arrière, où les détails des fenêtres étaient différents, il n'y en avait seulement qu'environ trois sur vingt. Les défaillances de scellement semblaient assez nombreuses. Il s'agissait de défaillances types d'adhérence entre la couche de finition et la couche de fond. Proportionnellement à l'aire totale de surface de contact, elles ne seraient probablement pas supérieures à 5 %. Il y avait de multiples fissures sur les corniches et les assises en saillie. Sur l'élévation avant, il semblait que les joints à toutes les deuxièmes baies de la corniche n'avaient pas été calfeutrés, seulement recouvertes. La surface était décolorée au niveau des joints sur une largeur égale à un des joints souples, mais la texture de surface était celle de la couche de finition. La plupart de ces joints étaient fissurés. L'on présume qu'il s'agit des joints entre les sections préfabriquées indiscernables initialement du reste de la corniche. À l'arrière, les assises en saillie étaient fissurées à intervalles réguliers, donc sans la bande uniforme de décoloration observée sur la corniche avant. Et contrairement à la corniche avant, il s'agissait de joints souples. Les fissures s'étaient produites à intervalles à peu près égaux, soit de deux à trois par section intermédiaire.

BÂTIMENT 16 Petit immeuble d'habitation

Emplacement	Toronto
Hauteur du PEI	7 étages
Humidité intérieure	modérée
Âge de la construction	3 ans
Âge du PEI	3 ans
Type de PEI	modifié par polymères (5 mm d'épais)
Épaisseur de l'isolant	75 mm
Couches sous-jacentes	panneaux de ciment portland sur ossature d'acier
Fixation	mécanique
Dessins PEI	architecturaux (avec très peu de détails)
Fabrication	panneautage et sur place
Fissures	modérées
Problèmes de joints	modérés
Problèmes d'humidité	minimes
Dommages causés par chocs	minimes

De nombreuses fissures ont été observées aux angles extérieurs attenant aux larges panneaux de PEI montés sur place. Elles suivaient généralement la ligne de l'endos de l'isolant d'un côté ou de l'autre de l'angle. Notre hypothèse est que la flèche du mur à ossature métallique, conjuguée à une couche de fond assez

friable et une isolation épaisse, en sont vraisemblablement la cause. Sur un panneau, il y avait beaucoup de fissures sans direction définie. Ailleurs, les fissures épousaient le parcours des joints d'isolation. Les joints souples étaient généralement en bon état. Les cavités des poteaux étaient remplies de natte isolante. Il n'y avait parfois pas assez de calfeutrant entre les panneaux. Nous n'avons vu aucune trace de dommages causés par l'humidité, et l'administrateur de l'immeuble n'en avait pas à signaler.

BÂTIMENT 17 Restaurant

Emplacement	Vancouver
Hauteur du PEI	2 étages
Humidité intérieure	modérée
Âge de la construction	environ 4 ans
Âge du PEI	environ 4 ans
Épaisseur de l'isolant	indéterminée
Couches sous-jacentes	indéterminées
Fixation	adhésif
Dessins PEI	indisponibles
Fabrication	sur place
Fissures	aucune visible
Problèmes de joints	aucun
Problèmes d'humidité	pas visibles de l'extérieur
Dommages causés par chocs	minimes

Il s'agit d'un petit immeuble recouvert de PEI. Le bâtiment a subi des dommages types dus au choc à l'étage inférieur. Une large section inclinée du toit PEI, aussi haute qu'un étage, a été construite avec une membrane imperméable double en polyuréthane entre la couche de fond et la couche de finition (d'après les renseignements fournis par le fabricant). Aucune détérioration ou fissure n'a été observée.

BÂTIMENT 18 Petit immeuble d'habitation

Emplacement	Toronto
Hauteur du PEI	3 étages
Humidité intérieure	modérée
Âge de la construction	environ 30 ans
Âge du PEI	environ 5 ans
Type de PEI	pas PEI; couche de finition en acrylique sur plâtre de ciment portland et latte métallique
Épaisseur de l'isolant	150 mm
Couches sous-jacentes	brique d'argile
Fixation	mécanique
Dessins PEI	indisponibles
Fabrication	sur place
Fissures	modérées
Problèmes de joints	pas de joints souples
Problèmes d'humidité	minimes
Dommages causés par chocs	minimes

La finition du bâtiment avait été réalisée avec du plâtre de ciment portland ordinaire sur des planches à baguette de polystyrène expansé de 150 mm, recouverte d'une couche d'acrylique. Le plâtre avait été renforcé d'une latte de métal déployé fixée mécaniquement à la brique. Le fournisseur de matériaux a fait savoir que la couche de fond était aussi modifiée par de l'acrylique, quoiqu'elle ait été appliquée sur un treillis métallique, avec des baguettes et encoignures de métal déployé. Dans les environs des ouvertures techniques, compteurs à gaz et dépendances du genre, comme aucune réhabilitation n'a été effectuée, les bords exposés de la mousse n'avaient pas de couche de finition. À quelques endroits la couche d'acrylique s'était détachée, surtout près du niveau du sol où il y a des éclaboussures d'eau. Ailleurs, la couche de finition s'écaillait sans cause évidente, comme l'humidité. La latte métallique rouillait aux endroits exposés. Il y avait des joints de retrait dans le stucco ordinaire à mi-hauteur des fenêtres. Des fissures ont été remarquées à de nombreux angles rentrants des ouvertures de fenêtre.

BÂTIMENT 19 Complexe commercial/résidentiel

Emplacement	Toronto
Hauteur du PEI	10 étages
Humidité intérieure	modérée à élevée
Âge de la construction	3 ans
Âge du PEI	3 ans
Épaisseur de l'isolant	150 mm
Couches sous-jacentes	béton et gypse
Fixation	adhésif
Dessins PEI	indisponibles
Fabrication	panneautage et sur place
Fissures	modérées
Problèmes de joints	minimes
Problèmes d'humidité	minimes
Dommages causés par chocs	minimes

Il s'agit d'un immeuble comportant des appartements et commerces de détail. Deux murs aux étages supérieurs ont été cloisonnés de panneaux PEI avec de longues fenêtres en bande horizontale, alors que les autres murs semblaient être de béton recouvert de PEI sur place. Cinq des vingt angles rentrants étaient fissurés. Le scellant semblait être en bon état. Un mur avait été recouvert de PEI selon la méthode courante. Les panneaux isolants d'environ 1,5 mm² et de 150 mm d'épais avaient été préfinis avec du PEI à texture de sable, y compris les bords enrobés, puis posés comme du carrelage en les collant au revêtement de plâtre, avec des joints souples entre les carreaux. L'épaisseur et les tolérances des dimensions de joint ne semblent pas avaient été bien maîtrisées. Des volets d'aérage ont été découpés dans le PEI, mais les extrémités de l'isolant et du revêtement ont été laissées exposées aux éléments.

BÂTIMENT 20 Complexe commercial/administratif

Emplacement	Vancouver
Hauteur du PEI	12 étages
Humidité intérieure	faible à modérée
Âge de la construction	environ 3 ans
Âge du PEI	environ 3 ans
Épaisseur de l'isolant	indéterminée
Couches sous-jacentes	indéterminées
Fixation	indéterminée
Dessins PEI	indisponibles
Fabrication	sur place
Fissures	minimes
Problèmes de joints	minimes
Problèmes d'humidité	indéterminés
Dommages causés par chocs	minimes

Les étages supérieurs étaient principalement des murs-rideaux avec un peu de PEI, tandis que les étages inférieurs étaient de PEI avec des fenêtres enfoncées. Les fissures formaient un motif au-dessus des fenêtres aux extrémités du PEI, peut-être à cause du mouvement d'une moulure de rive. Les dommages causés par les changements fréquents d'enseignes fixées au PEI étaient considérables (l'enseigne du locataire et l'enseigne provisoire de l'agence immobilière sont toutes deux responsables).

BÂTIMENT 21 Centre commercial

Emplacement	Vancouver
Hauteur du PEI	5 étages
Humidité intérieure	faible
Âge de la construction	environ 5 ans
Âge du PEI	environ 5 ans
Épaisseur de l'isolant	50 mm
Couches sous-jacentes	gypse
Fixation	adhésif
Dessins PEI	indisponibles
Fabrication	sur place
Fissures	minimes
Problèmes de joints	importants
Problèmes d'humidité	importants
Dommages causés par chocs	minimes

Le PEI a été divisé en larges sections rectangulaires. Deux grandes sections de PEI s'étaient détachées du mur. Les murs ont été inspectés peu de temps après la défaillance, et encore une fois après les réparations. D'après les observations faites au niveau du sol et les rares informations dont nous disposions, les facteurs suivants ont été jugés responsables de la défaillance. L'espacement des joints était d'environ 7 m à l'horizontale et de 3 m à la verticale. La couche de finition avait fait défaut à plusieurs endroits où le scellant s'était détaché dans les joints souples. Certains joints semblaient s'être beaucoup déplacés. L'eau de pluie qui s'était introduite dans les joints souples défectueux a affaibli la liaison du PEI et des plaques de plâtre. De larges sections de PEI se sont écroulées sur le sol. Le mur a été recouvert à

nouveau de PEI fixé mécaniquement par-dessus une membrane pare-air.

BÂTIMENT 22 Complexe commercial/administratif

Emplacement	Vancouver
Hauteur du PEI	7 étages
Humidité intérieure	faible
Âge de la construction	4 ans
Âge du PEI	4 ans
Épaisseur de l'isolant	38 mm
Couches sous-jacentes	gypse
Fixation	adhésif
Dessins PEI	architecturaux
Fabrication	sur place
Fissures	minimes
Problèmes de joints	minimes
Problèmes d'humidité	minimes
Dommages causés par chocs	minimes
Lieu de prélèvement d'échantillon	Arrière du parapet face nord, souvent mouillé par eau d'évacuation (sous joint du contre-solin du parapet)
Poids de la lame	2,7 kg/m²
Teneur en polymère	14,6 %
Absorption d'eau	8,8 %
Épaisseur de la couche de fond	0,5 - 0,75 mm
Épaisseur de la couche de finition	0,1 - 0,75 mm
Armature	0,12 kg/m²

Le parement du bâtiment est un PEI de trois couleurs sur du béton préfabriqué et de la maçonnerie. Les étages au niveau de l'oeil sont en maçonnerie. La plupart des fenêtres élevées ont des seuils de PEI fortement inclinés qui se sont très peu dégradés. Les fissures étaient minimes. Des plaques de plâtre revêtues et endossées d'aluminium ont été utilisées comme support. Des solins horizontaux ont été installés vis-à-vis des étages jusqu'à l'isolant. La lame est étroitement fixée à la surface des solins supérieurs et le dessous a été calfeutré. Les solins n'ont sans doute pas été très efficaces pour éliminer l'humidité car nous avons vu un peu de suintement. Le calfeutrant a été bien appliqué et était en bon état. Il y avait des champignons et de la mousse sur la surface de PEI à plusieurs endroits. Des fissures suivant un motif hexagonal ont été observées dans la couche de finition à un autre endroit. Cette dernière semblait avoir rétréci et craquelé avant de durcir, peut-être à cause du gel. En prélevant un échantillon d'une section apparemment en bon état, nous avons découvert par inadvertance une partie qui s'était détachée du support parce qu'elle n'aurait pas été suffisamment enfoncée durant la construction.

BÂTIMENT 23 Immeuble à bureaux

Emplacement	Vancouver
Hauteur du PEI	14 étages
Humidité intérieure	faible à modérée
Âge de la construction	environ 25 ans

Âge du PEI	4 ans
Épaisseur de l'isolant	38 mm
Couches sous-jacentes	gypse en majeure partie
Fixation	mécanique
Dessins PEI	architecturaux - rénovation
Fabrication	sur place
Fissures	aucune décelée
Problèmes de joints	minimes
Problèmes d'humidité	aucun évident
Dommages causés par chocs	aucun (hors de portée)

À l'origine, le parement de ce bâtiment était en mosaïque de verre liée à du béton. À cause du détachement des carreaux, le parement a été refait avec un PEI. La surface carrelée a été recouverte de treillis métallique, puis d'un fond de clouage métallique et de plaques de plâtre. L'espace prévu pour le fond de clouage a été ventilé sur l'extérieur au moyen de volets à mi-hauteur et au bas du mur. Le périmètre des fenêtres a été reculé et l'isolation PEI fixée directement au mur autour de chaque fenêtre. Les deux plus larges faces du bâtiment ont chacune été divisées en deux par un joint souple vertical, la distance entre le joint et l'angle étant d'environ 30 m. Une petite partie du joint avait fait défaut. Sauf pour ce cas isolé, il n'y avait pas de joint souple. Aucune fissure n'était visible malgré le grand nombre de fenêtres enfoncées. L'isolation a été fixée mécaniquement aux plaques de plâtre au moyen d'une épaisseur de papier de construction en polyoléfine filée-liée.

Joints et jonctions

Il arrive souvent que des problèmes surgissent à l'interface des matériaux, surtout à la jonction des fenêtres, plus que dans le PEI ou au niveau des joints entre les panneaux de PEI.

Il y a eu peu de défaillance des joints souples par rapport de la longueur totale de joints observés, sur une base procentuelle. Des dommages considérables dus à l'eau ont néanmoins été causés par des joints défectueux dans six bâtiments. Certaines défaillances étaient sans contredit liées au PEI. Les joints souples qui ont le plus communément fait défaut étaient des joints de dilatation, où il y avait eu du mouvement entre des structures de soutènement. Si, à la jonction des panneaux de PEI vis-à-vis d'un joint souple, les deux panneaux sont montés sur la même couche sous-jacente continue, il semble qu'il y aurait normalement peu de mouvement. Au nombre des défaillances de scellement, nous avons observé des déchirures causées par une couche trop mince, un scellant non durci et d'autres problèmes qui ne sont pas spécifiques aux joints de PEI.

Outre ces problèmes communs pour tous les joints de scellement, d'autres défaillances ont été causées par le détachement de la couche de fond de la couche de finition du PEI à l'intérieur du joint. Elles sont normalement associées à la présence d'humidité dans le joint, et ce genre de défaillance est communément signalée au sujet de joints de PEI. La couche de finition est poreuse et retient l'eau. Les polymères qu'elle contient tendent à s'amollir s'ils sont exposés à l'humidité pendant de longues périodes. La couche de finition qui se trouve sur le côté du joint, entre le scellant et la couche de fond, ne peut sécher aussi rapidement que si elle était exposée à l'air. De plus, certains produits chimiques dans le scellant amollissent la couche de finition. Une fois qu'il y a eu ramollissement, de minuscules efforts de traction dans le scellant rompent la liaison entre la couche de finition et la couche de fond.

Certains fabricants recommandent actuellement de ne pas appliquer de couche de finition sur les surfaces destinées à être scellées. Nous n'avons vu aucun cas où des efforts auraient été faits pour ne pas appliquer de couche de finition sur les côtés des joints afin que le scellant puisse adhérer directement à la couche de fond.

Comme les assemblages de PEI sont scellés en surface et faits de matériaux sujets à être endommagés par l'eau, des joints défectueux présentent plus de risques que

ceux de beaucoup d'autres matériaux de parement. Sur certains des bâtiments examinés, le calfeutrage du périmètre et des joints souples laissait à désirer. Les joints étaient mal dimensionnés, le rapport profondeur-largeur du scellant était inexact, la tige d'appui était fréquemment absente et le façonnage du scellant n'avait pas été parachevé correctement. Il est à conseiller de retenir les services d'ouvriers qualifiés pour la pose du scellant.

Dans deux bâtiments, les joints des panneaux avaient été posés en deux étapes, avec des cordons de scellant à l'endos de la gaine et en surface du joint.

Fissures

Il arrive souvent que des articulations en surface, les angles d'ouvertures, ou encore des interstices ou des plis à la surface de l'isolation concourent à contraindre la lame et causent des fissures. En outre, une isolation humide provoque une fissuration qui ne se produirait pas autrement. Ce phénomène a plus de chances de survenir si la couche de fond est très mince, aux extrémités des mailles du treillis d'armature. Les fissures observées pourraient être attribuables à chacun de ces facteurs. Selon certaines études, l'isolation PEI rétrécit pendant quelque temps après la fabrication; alors si elle n'a pas tout le temps de sécher avant usage, des fissures peuvent surgir aux joints d'isolation. Rien ne portait à croire, toutefois, que ceci aurait provoqué les fissures observées.

Certains indices semblent indiquer qu'il y a plus de fissuration avec une isolation épaisse. Dans un cas (bâtiment 10), les brèches ont été attribuées à l'absence d'enduit polymère sur le treillis d'armature, ce qui laisse entendre que le treillis affaibli par les attaques d'alcalis pourrait être à blâmer.

Nous avons souvent vu des fissures dans les coins des fenêtres enfoncées. Les fabricants recommandent de renforcer les angles ouvrants et de positionner les joints d'isolation loin des angles. Il était impossible de savoir si c'est ce qu'on avait fait dans les bâtiments examinés, mais certains nous ont dit qu'on fait fréquemment abstraction de cette consigne. Des nombreuses fissures ont été remarquées à l'intérieur des angles d'ouverture de l'assemblage. La marche à suivre recommandée concernant l'emplacement des joints et l'armature pourrait résoudre le problème si elle était observée de manière uniforme.

Des fissures se produisent aussi souvent vis-à-vis des joints de panneaux isolants, particulièrement si les joints ouverts ont été partiellement remplis d'une couche de fond. Elles sont communément associées à une isolation humide, car aucune autre explication n'est possible dans bien des cas. Nous avons

observé deux types de fissures dues à l'humidité : fissures multiples et très rapprochées, normalement centrées sur l'âme du treillis d'armature; fissures isolées marquées d'efflorescence. Dans plusieurs cas, de courtes fissures (75 - 300 mm de long), où l'efflorescence trahissait l'évaporation de l'humidité à l'intérieur de l'assemblage, se sont manifestées. Elles n'étaient en rien associées à un point concentré d'effort évident. Il semble que l'humidité emprisonnée derrière la lame gèle par temps froid et la fait craqueler.

Dans les bâtiments à panneaux, plus souvent dotés de joints souples et comptant moins d'ouvertures enfoncées que les bâtiments où le PEI avait été posé sur place, les fissures étaient moins communes. Une isolation mince et des surfaces de soutènement solides (maçonnerie ou béton) semblent être moins enclines aux fissures sur de larges surfaces.

Il va sans dire que le PEI est très différent du béton préfabriqué ou des autres matériaux similaires pour lesquels on dessine des joints en se basant sur un comportement thermique sans contrainte. Ne serait-ce pour les contraintes d'isolation, le PEI ne serait pas aussi performant qu'il ne l'est, mais ceci a été largement mal interprété. La plupart des fissures dans les lames de PEI sont probablement dues aux mouvements thermiques, mais l'isolation et la lame sont incapables d'empêcher ces mouvements; ce n'est pas parce que les joints leur font obstacle. Si la lame pouvait se mouvoir librement au diapason des changements de température, soit qu'elle se détacherait de l'isolant, soit qu'elle arracherait l'isolant du support et ferait onduler le PEI comme une bilame. Dans un cas (bâtiment 10), une brèche dans la lame semblait effectivement avoir fait onduler l'isolant de cette façon, l'ayant arraché du mur de soutènement d'environ un demi mètre de chaque côté.

En ce qui a trait aux assemblages fixés par des moyens mécaniques, certains estiment que les fixations contribueraient aux fissures dues aux charges concentrées. Aucune fissure de ce genre n'a été observée dans notre échantillon limité d'assemblages fixés mécaniquement.

Tous les bâtiments étaient plus ou moins fissurés.

Résistance au choc

Bien que le matériau ait l'aspect de béton, de pierre ou de stucco, il résiste mal au choc. Les quais de chargement et installations récréatives avaient subi des dommages considérables. À deux centres récréatifs, les vandales avaient découvert que les cailloux projetés contre la surface perforent la lame et

s'incrustent dans l'isolation. Aux endroits où des voitures ou chariots étaient à étroite proximité, il y avait immanquablement des dommages. Certaines des sections endommagées avaient été renforcées de treillis hautement résistant au choc. Le treillis épais est plus résistant, mais il ne semble pas assez fort pour les quais de chargement ou les aires où circulent des véhicules, ni pour les endroits fréquentés par les vandales.

Les sections près du sol ne sont pas les seules à être sujettes aux dommages, comme en témoignent les dommages causés par les échafaudages volants utilisés pour le lavage des vitres ou, dans un cas, par des objets lancés d'immeubles voisins plus hauts.

Les sections sans dommage qui étaient renforcées de treillis épais ne paraissaient pas différentes des autres. Les dommages dus au choc n'ont pas multiplié les fissures.

Tolérances d'application

La lame de PEI est très mince. La différence entre une lame trop épaisse et une lame trop mince repose sur un millimètre. Si le treillis n'est pas entièrement recouvert de l'avant à l'arrière, la lame ne sera pas imperméable. On a naturellement tendance en appliquant le matériau à la truelle de l'araser sur la surface, si bien que la couche est trop mince. Il est difficile d'appliquer une couche bien égale sur le treillis, surtout si ce dernier doit être incrusté et enduit d'un seul trait. Un ouvrier économe pourrait être tenté de négliger les mesures nécessaires pour obtenir une épaisseur adéquate.

Dans bien des cas, la texture du treillis d'armature était perceptible dans la couche de finition. Et dans au moins un de ces cas, la fine lame semblait avoir laissé l'eau pénétrer dans l'isolant et s'accumuler dans les joints souples derrière le scellant.

Surfaces mouillées

Certaines défaillances, dont la délamination de la couche de finition dans les joints souples, peuvent être accélérées par une couche de finition mouillée. Nous avons vu des cas où ce phénomène avait érodé ou détaché cette couche, et une situation (bâtiment 4A) où la couche de finition avait été arrachée par l'amoncellement de givre en surface. Il y avait aussi des situations in situ où l'isolation derrière la lame, de même que la tige d'appui derrière le scellant,

étaient saturées d'eau. À plusieurs endroits, la couche de finition s'était détériorée là où la neige touchait aux murs.

Pénétration d'humidité

L'eau entraîne la détérioration du PEI une fois qu'elle s'est introduite dans l'assemblage par les solins au-dessus, les ouvertures de fenêtres, les fissures, les joints défectueux, la surface de la lame, ou si elle est renversée à l'intérieur.

Certaines petites fissures observées étaient accompagnées de traces de suintement et d'évaporation, parfois de taches causées par les solutés captés avant que l'eau n'entre dans le PEI (taches vertes des solins de cuivre, par exemple). Dans certains cas, l'endos de la lame était détrempé par de l'eau emprisonnée qui avait ramolli la couche de finition, ce qui favorise la détérioration de la structure de soutènement. Ailleurs, l'eau s'était accumulée derrière la tige de mousse et le scellant des joints qui, malgré tout, semblaient en bon état de l'extérieur (l'eau aurait traversé la lame depuis la surface du mur).

Dans un bâtiment, l'eau s'était introduite dans un joint souple non fini (où on avait omis d'appliquer du scellant sur un petit bout), traversé l'isolant et fui à l'intérieur plusieurs mètres plus loin, ce qui avait causé des dommages considérables aux murs secs et à la moquette.

Dans trois des bâtiments examinés, une bonne partie du PEI endommagée par l'eau avait dû être remplacée. Les fuites d'eau dans les joints et jonctions, de même que l'eau déversée à l'intérieur, semblaient avoir causé plus de dommages que de condensation.

Condensation

Si le matériau supportant l'isolation peut être endommagée par l'eau, l'isolation du PEI devrait être assez épaisse pour que le point de rosée de l'air intérieur corresponde aux pires conditions hivernales. Ceci n'est pas facile à obtenir s'il n'y a pas d'autre isolation, ou si l'humidité relative intérieure est basse. Faute d'autre isolation cependant, il pourrait être nécessaire de prévoir un PEI plus épais que la normale.

Si le point de rosée est atteint à l'intérieur du mur de soutènement, même quand les couches sous-jacentes du PEI et la construction porteuse peuvent supporter

la condensation résultante, le PEI subit plus de gelure et d'effort thermique. Parfois, les vides isolés derrière le PEI emprisonnent aussi l'eau qui ne peut s'échapper par évaporation à cause de la présence de matériaux imperméables à la vapeur des deux côtés (le PEI, une membrane pare-air s'il y a lieu, un film de polyéthylène à l'intérieur, ou seulement des revêtements de finition intérieurs imperméables).

Couches sous-jacentes

Lorsque des plaques de plâtre sont posées sans pare-air, l'eau qui s'est accumulée dans l'assemblage fait décoller le papier du gypse, de sorte que ce dernier gonfle et s'affaiblit, surtout s'il y a une natte isolante derrière. Le PEI n'est donc plus fixé à une masse solide, mais à une surface de papier mouillé. Les auteurs déconseillent l'emploi de plaques de plâtre comme substratum à moins qu'elles ne soient protégées contre les fuites, la condensation et les inondations à l'intérieur. Il existe divers matériaux moins vulnérables aux dommages causés par l'eau, quoiqu'il faille tenir compte de certaines autres propriétés, à savoir fragilité, aptitude à retenir les vis, coût et combustibilité plus particulièrement. Des panneaux de ciment portland ont été utilisés comme variante. Le matériau lui-même est moins sujet aux dommages causés par l'eau. Par contre, il est lourd, peut être endommagé par une pression localisée, coûte plus cher et retient mal les vis. Le panneau résiste mieux aux dommages dus à l'eau, mais les fixations et supports demeurent vulnérables.

Fixation

Presque tous les PEI examinés étaient fixés au moyen d'un adhésif. Le plus souvent, l'adhésif était appliqué ici et là, et couvrait moins de la moitié de la surface prélevée. En plus de fixer le PEI au bâtiment, l'adhésif contribue vraisemblablement à prévenir la fissuration. Les petits échantillons assez peu nombreux que nous avons prélevés donnent une piètre indication de l'ampleur d'une mauvaise adhérence, mais elles portent à croire que la qualité d'exécution est souvent la cause d'une adhérence uniforme.

Étant donné qu'un assemblage scellé en surface doit être étanche à l'air à 100 %, il doit aussi porter 100 % de la charge due au vent. Certaines installations actuelles en sont peut-être capables de jour en jour, mais pas lorsque la pleine charge de calcul intervient. On a remis en question la mesure dans laquelle les méthodes courantes de fixation des plaques de plâtre permettent

de supporter les charges de vent de calcul.[6]

Certaines sections de PEI observées s'étaient détachées. À preuve, dans l'échantillon du bâtiment 22, certaines parties mal fixées ne sont pas toujours évidentes de l'extérieur. C'est donc dire qu'il y avait des sections mal fixées dans un grand nombre d'autres bâtiments examinés. Faute de méthode non dommageable propre à identifier les endroits où l'isolation n'avait pas adhéré, il se peut que certains parements qui semblent en bon état à l'extérieur se détachent à la première bourrasque.

Il faudrait étudier davantage la liaison et la performance des PEI installés sur des matériaux de soutien autres que le béton et la maçonnerie.

L'application directe de la couche de finition sur le béton provoque une délamination après un court cycle de vie utile.

Mouvement des supports

Les transitions ou mouvements dans la construction porteuse causent fréquemment des fissurations si le PEI ne comporte pas de joints. Lorsque le PEI sert d'interface entre des surfaces de soutien qui se déplacent l'une contre l'autre, des fissures vont probablement se produire. Toutefois, les joints souples observés ont plus souvent fait défaut à ces endroits qu'à d'autres. Dans un bâtiment où les fissures étaient considérables, les plus importantes se situaient aux points de transition entre le béton coffré sur place et les supports en maçonnerie de béton, où le béton avait été appliqué en continu. En outre, les assemblages de PEI semblent être capables d'accommoder des mouvements limités entre les couches sous-jacentes attenantes.

Le mouvement latéral des supports, et les flèches dues aux charges latérales, peuvent aussi causer des fissures dans certains cas. Dans un assemblage modifié par polymères, des fissures ont été observées près de la ligne des planchers et aux angles extérieurs, ce qui traduit le défaut de s'adapter au mouvement normal de l'ossature d'acier. Des fissures du genre n'ont pas été observées dans des installations à base de polymères apparemment semblables.

Proportions des mélanges

---

[6] McDonald, D. et Quirouette, R., Exigences structurales des pare-air, rapport SCHL n° 30133.OR1, 1991.

Plusieurs facteurs entrent en jeu dans le mélange et la pose de PEI, qui sont susceptibles de nuire à sa performance. Les proportions des matériaux de la lame peuvent varier énormément entre fabricants et lignes de produits. La manière dont l'installateur interprète un mélange maniable et économique est également variable. Pour la plupart des produits, il faut ajouter de l'eau mais certains nécessitent du ciment portland et, parfois, du sable. On peut économiser de l'argent en modifiant les proportions, mais un malaxage inadéquat donne des matériaux bâtards, et un malaxage démesuré forme des bulles d'air et dégrade les ingrédients. Les éléments de performance, tels que flexibilité, maniabilité, couleur, texture, absorption d'eau, résistance à l'érosion par l'eau, perméance à la vapeur et durabilité, peuvent tous être touchés par la formulation, le malaxage et la cure du PEI.

Unisson tinctorial

L'ouvrier éprouve parfois quelque difficulté à réaliser l'unisson tinctorial, même avec des matériaux prémélangés. Dans trois cas, des panneaux côte à côte n'avaient pas tout à fait la couleur et la texture du parement initial.

Certains pigments, de couleur foncée particulièrement, sont plus sujets à la photodégradation que les autres. Sur un bâtiment, les couleurs plus foncées des élévations orientées au sud s'étaient estompées par rapport aux couleurs plus pâles qui ne semblaient pas s'être altérées.

Réparations et nettoyage

Comme pour la plupart des revêtements de finition, il est difficile de réparer un PEI et d'obtenir la texture et la couleur initiales. Comme le PEI n'est pas très résistant, il faut le réparer sans tarder, car si l'humidité s'y introduit, les dommages sont considérables. Même si le colmatage se fait avec les matériaux d'origine, l'assortiment de la texture et de la couleur présente des difficultés. Plusieurs bâtiments observés avaient été l'objet de tentatives de réparations avec du stucco ou du mortier ordinaire. Ces travaux étaient moins réussis que ceux réalisés avec des matériaux de PEI.

Les dommages dus au choc n'est pas la seule cause de réparations. Dans bien des circonstances, des enseignes et accessoires déplacés ou remplacés avaient laissé des marques inesthétiques. C'était plus souvent le cas pour les immeubles locatifs commerciaux, parce qu'il faut fréquemment changer les enseignes, quoique même de petits panneaux de *stationnement interdit* sont difficiles à poser à moins

d'avoir des supports indépendants.

Des difficultés inusitées surgissent aussi lorsqu'il faut recalfeutrer les joints et faire du nettoyage. Les meules, hydronettoyeurs, solvants, décapeurs au jet de sable et la plupart des outils électriques sont contre-indiqués. L'accumulation prématurée de saletés et la défaillance des joints prennent des proportions plus graves lorsque ces éléments sont utilisés. Il ne semble pas y avoir de moyen efficace de recalfeutrer les joints souples.

Mousse

Plusieurs sections de PEI favorisaient la croissance de mousse et peut-être d'autres organismes. Certains les trouvent jolis, mais ils retiennent normalement l'humidité et ralentissent l'évaporation. C'est ainsi qu'ils pourraient écourter la durée de vie utile de la couche de finition, même si leur aspect ne semble pas justifier qu'ils soient enlevés.

Récentes innovations

Les fabricants de PEI ont récemment introduit de nouveaux assemblages moins combustibles et incorporant le principe de l'écran de pluie. Ces produits n'ont pas encore été éprouvés in situ. Leur durabilité et leur résistance aux intempéries pourraient être décevantes.

RECOMMANDATIONS

Recherches futures

Robustesse de l'armature

Les études expliquent que les alcalis qui attaquent la surface des fibres de verre entraînent une perte radicale de force. Ceci pourrait expliquer certaines fissurations importantes sur le terrain (bâtiment 10). Des essais à la traction sur les échantillons de treillis avant et après l'exposition accélérée aux alcalis pourraient nous dire si les risques sont importants. Est-ce que tous les tissus sont plus ou moins vulnérables dans la même mesure, ou y a-t-il des variations d'un lot à un autre, ou d'un point sur un rouleau à un autre, ou entre manufacturiers? Les polymères de la couche de fond protègent-ils les fibres du treillis? Les réponses à ces questions permettraient de suggérer des correctifs. Il serait peut-être indiqué de limiter la quantité de chaux libre dans la couche de fond si tout le verre est vulnérable. Cependant, s'il y a beaucoup de

variations relativement à la vulnérabilité du verre, les spécifications devraient peut-être stipuler les valeurs maximales de perte de force du treillis, en regard de l'essai-type, et des échantillons seraient prélevés du chantier pour être éprouvés. Si les polymères de la couche de fond assurent une protection adéquate, la polémique pourrait se poursuivre.

Recherches proposées : Exécuter des essais à la traction sur plusieurs échantillons d'armatures de différents fabricants. Évaluer les moyens d'identifier les éléments protégeant le treillis contre l'attaque d'alcalis. Faire des essais au dynamomètre avant et après l'exposition accélérée aux alcalis, avec un treillis vierge et un treillis enduit d'une couche de fond durcie de PEI.

Pénétration d'eau

Les essais réalisés aux États-Unis révèlent que la lame de PEI peut être très perméable à l'eau. De toute évidence, une application à la truelle donne généralement une couche trop mince pour faire obstacle à l'eau. Dans bien des cas observés, la texture du treillis était perceptible à travers la couche de finition. Est-ce tout est fonction de la bonne volonté et de la compétence de l'ouvrier, ou est-ce que différentes méthodes d'application (repasser 1, 2 ou 3 fois par exemple) correspondent à différents niveaux de risque d'appliquer une couche de fond trop mince?

Recherches proposées : Évaluer la perméabilité à l'humidité de la lame lorsqu'elle est assujettie à de l'humidité, un jet de vapeur et un débit d'eau constant, en regard de différentes épaisseurs de couche de fond et de méthodes d'application (truelle, vaporisateur, ou 1, 2 ou 3 couches). Évaluer également les caractéristiques de séchage à travers la lame d'une isolation saturée.

Emplacement des joints

Il y avait suffisamment de fissures, par opposition aux bâtiments à panneaux peu fissurés, pour croire qu'il faut des joints à certains intervalles et que les ouvertures enfoncées sont à proscrire. Quel devrait être l'espacement des joints? Même si la tâche semble ambitieuse, une enquête combinée en laboratoire et théorique pourrait jeter un peu de lumière sur la question. Quelles sont les propriétés critiques? L'élasticité de la lame? (Probablement pas, car le treillis est en verre.) L'élasticité de l'isolant? La résistance au cisaillement de la lame par rapport à la liaison avec l'isolant? La résistance

de cohésion de l'isolant? La solidité de la liaison entre l'isolant et le support? Les coefficients thermiques de dilatation? L'épaisseur de l'isolant? Si les propriétés des matériaux et l'épaisseur de l'assemblage étaient des variables connues, pourrait-on prévoir quel devrait être l'espacement maximum des joints?

Nous avons vu beaucoup de fissures dans les angles intérieurs des ouvertures. Est-ce que l'emplacement et les méthodes de renfort des joints d'isolation (qui pourraient être fréquemment ignorés) recommandés réduiraient l'incidence des fissures, ou faudrait-il tout simplement proscrire les ouvertures enfoncées? La taille des ouvertures est-elle un facteur?

Recherches proposées : Évaluer le rétrécissement au séchage et le coefficient thermique de dilatation des lames de surface sans contrainte, les capacités limites de liaison de l'isolation pour restreindre ces mouvements, et l'incidence de l'épaisseur de l'isolant sur le mouvement thermique à la surface du composé. Tester l'armature des angles rentrants.

Défauts de scellement

Tous les scellants élastométriques conviennent-ils aux joints de PEI? Outre la difficulté d'éviter d'appliquer une couche de finition dans le joint sans révéler une bande contrastante de couche de fond entre l'extrémité de la finition et le cordon de scellant, existe-t-il des scellants assez élastiques et friables à la fois pour faire défaut en partie seulement, et qui pourraient être réparés avec le même matériau? L'attaque de solvants et une résistance supérieure à celles des composants du PEI n'ont pas encore été résolues. À moins que le scellant, lorsqu'il fait défaut, puisse être découpé au couteau dans le joint, laissant un résidu bien solide de scellant durci sur la surface du PEI et sur lequel appliquer d'autre scellant, les joints de PEI ne pourraient être réparés par l'application d'autre scellant dans les joints d'origine. Une solution évidente serait des joints posés en deux étapes avec égalisation de pression, à condition d'utiliser un produit autre qu'un calfeutrant pour le joint exposé.

Recherches proposées :

- Dépouiller la documentation et interroger les fabricants de scellants pour déterminer quels seraient les produits appropriés à faible module, à la lumière des effets à long terme des solvants et des plastifiants dans le scellant de la couche de fond, l'armature et l'isolation. Tester les scellants prometteurs pour déterminer comment en assurer la défaillance partielle sans endommager le PEI. Exposer certains échantillons à

l'humidité. Éprouver la nouvelle liaison du matériau neuf et du scellant durci.

- Dessiner et évaluer de nouveaux joints à installer en deux étapes, avec déflecteurs au lieu de scellant au deuxième volet, et avec égalisation de pression. Examiner la pénétration de l'eau de pluie, l'évacuation d'eau et la performance thermique.

Installations futures

Les points suivants résument les recommandations applicables aux futures installations de PEI.

- Mandater des architectes à faire des études techniques. Fournir les dessins d'atelier indiquant les détails de joints, l'espacement et les jonctions. Faire faire des inspections par des experts pour tous les projets importants.
- Ne pas utiliser de PEI aux endroits subissant des chocs importants ou sur une ossature recouverte de plaques de plâtre s'il faut avoir un mur bien solide. Choisir plutôt un matériau plus résistant comme le béton, la maçonnerie ou la pierre, spécialement à proximité de quais de chargement, de stationnements et de chaussées.
- Privilégier les fenêtres pouvant être nettoyées par l'intérieur, sauf si elles sont accessibles du rez-de-chaussée ou des balcons, sans avoir à utiliser d'échelles ou d'échafaudages.
- Concevoir le parement et tous les accessoires en fonction de la pleine charge de calcul du vent.
- Utiliser des plaques de plâtre comme couche sous-jacente seulement s'il y a un pare-air et une membrane d'étanchéisation à l'eau sur les parois extérieures. Sinon, choisir un revêtement plus résistant à l'humidité ne contenant pas de gypse; les panneaux de gypse pour usage extérieur et résistant à l'eau ne sont pas adéquats.
- Poser plus d'isolation dans l'espace entourant les poteaux de l'ossature murale soutenant le PEI seulement une fois que les profils thermiques ont été étudiés pour la saison froide.
- Ne pas oublier que les couleurs foncées perdent de leur intensité plus rapidement et qu'elles soumettent la surface à des températures plus extrêmes, par temps ensoleillé et par les nuits claires.
- Éviter les ouvertures enfoncées en alignant les joints sur les angles rentrants.
- Utiliser des joints deux étapes (écran de pluie). Choisir un produit autre que du calfeutrant pour le scellement extérieur, si possible. Ne pas appliquer de couche de finition dans les joints à calfeutrer.
- Au besoin, utiliser du scellant à faible module comportant le moins de coupes transversales que possible. Se servir d'une marque de scellant compatible avec la marque de PEI. Prendre plus de précautions que pour la pose d'autres matériaux.
- Utiliser des joints de dilatation de bâtiment qui ne dépendent pas de l'adhérence du scellant au PEI. Achever le PEI en le scellant à une partie de l'assemblage de joints fixé à un substrat continu.
- Prévoir des supports indépendants du PEI pour les enseignes et autres

accessoires.

- Fixer le PEI à un substrat rigide comme du béton ou une maçonnerie dans la mesure du possible. Advenant l'emploi de supports flexibles, soupeser le mouvement potentiel aux raccords et jonctions.
- Ne pas se servir de PEI pour le seuil des fenêtres ou comme solin pour le parapet du toit.
- Veiller à ce que l'eau évacuée d'autres surfaces ne s'écoule pas sur la couche de finition du PEI, ou qu'il ne se forme pas de glaçons.
- Ne pas utiliser de PEI là où de la neige y serait entassée pour de longues périodes.
- Prévoir des larmiers en-dessous des éléments en saillie du PEI.
- Laisser sécher les matériaux du PEI pendant 24 heures au moins à une température supérieure à 5 °C.
- Ne pas tarder à réparer les dommages au PEI pour prévenir la pénétration d'humidité.