

#7747

**MISE EN SERVICE DE
L'ENVELOPPE DU BÂTIMENT
ET VÉRIFICATION DES
FUITES D'AIR**

NOTE: ISSUED ALSO IN ENGLISH UNDER THE TITLE:

**COMMISSIONING AND MONITORING THE BUILDING ENVELOPE FOR AIR
LEAKAGE**

RAPPORT

**Mise en service de l'enveloppe
du bâtiment et vérification des
fuites d'air**

Présenté à:

M. Pierre-Michel Busque

Agent de projet

et

M. Jacques Rousseau

Directeur de projet

**Société canadienne d'hypothèques et de
logement**

Division de l'innovation dans l'habitation
700, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

Préparé par:

Morrison Hershfield



AVERTISSEMENT

La présente publication est l'un des nombreux moyens d'information que la SCHL a produits avec l'aide de capitaux du gouvernement fédéral. Les idées présentées ci-après sont celles de l'auteur et ne représentent pas nécessairement la position officielle de la Société canadienne d'hypothèques et de logement.



Résumé

Les fuites d'air endommagent l'enveloppe du bâtiment et entraînent des conséquences fâcheuses pour les propriétaires d'immeubles et leurs occupants. Les coûts énergétiques augmentent, le confort de l'occupant diminue et le propriétaire voit monter en flèche ses frais de réparation et de remplacement des immobilisations.

La mise en service du pare-air au sein de l'enveloppe d'un bâtiment peut contribuer à éviter ces conséquences. Le sens du terme «mise en service», qui signifie généralement un processus amorcé dès la fin d'un ouvrage, a été modifié sensiblement. Le présent document présente une approche visant à étendre le processus de mise en service du pare-air à l'énoncé de projet, à la validation de la conception et à la certification progressive durant et possiblement après la construction.

À l'étape de l'énoncé du projet, le propriétaire doit définir des exigences de performance précises pour le pare-air. L'équipe de conception doit produire un rapport de progression sur les détails validés, de l'étape du concept aux documents d'appel d'offres finaux, confirmant que la performance précisée dans l'énoncé de projet peut être obtenue si la construction se fait selon les plans. Durant la construction, la certification progressive de la performance des matériaux, des éléments et des assemblages essentiels est nécessaire pour que l'ouvrage construit satisfasse aux mêmes exigences de performance. À l'achèvement des travaux, le pare-air peut être ou ne pas être mis en service intégralement.

Tout au long du processus de mise en service du pare-air, c'est-à-dire de l'énoncé de projet à la construction, l'équipe de conception doit pouvoir compter sur les indications d'une personne afin de l'aider à définir les objectifs initiaux de performance, à effectuer les évaluations de validation de la conception et à assister aux essais de performance pendant et après la construction. Cette personne pourrait être l'architecte responsable de l'ouvrage ou un autre spécialiste engagé par l'équipe de conception pour assumer ces responsabilités.

Le processus de mise en service décrit vise à fournir au propriétaire un pare-air convenant tout à fait à son bâtiment une fois la construction terminée. Pour que la performance du pare-air se maintienne durant l'existence du bâtiment, le présent document présente également une méthode de contrôle de la performance, de l'entretien et des réparations.

On a beaucoup parlé ces dernières années de l'assurance de la qualité en construction et des processus de mise en service des bâtiments. Ce rapport devrait être considéré comme une amorce de discussion sur la terminologie et les méthodes requises pour produire un manuel complet de mise en service des pare-air.

La prochaine phase de ce projet consistera à décrire, à partir de ce rapport, la méthode de mise en service d'une tour d'habitation réelle. Cette étude de cas sera prête au début de 1995.

La présente étude a été lancée par Jacques Rousseau et gérée par Pierre-Michel Busque de la Division de l'innovation dans l'habitation.



REMERCIEMENTS

Les auteurs désirent exprimer leur reconnaissance à ceux qui ont contribué à l'atelier de mise en service, notamment :

- M. Ross Monsour, Association canadienne des constructeurs d'habitation
- Mme Adaire Chown, Institut de recherche en construction, Conseil national de recherches
- M. Gerry Granek, ECE Group
- M. Don Buchan, Buchan Lawton Parent
- M. Armand Patenaude, AIR-INS

Des remerciements particuliers s'adressent aussi à M. Doug Clancey de Katz Webster Clancey Architects, M. Don Elwood de Eastern Construction Ltd. et M. David House de Adason Properties Ltd. pour leur contribution à l'atelier et aux revues détaillées du document provisoire.



TABLE DES MATIÈRES

	Page
REMERCIEMENTS	i
1. INTRODUCTION	1
2. ÉNONCÉ DE PROJET: CARACTÉRISTIQUES DU PARE-AIR DE L'ENVELOPPE DU BÂTIMENT	4
3. PROCESSUS DE CONCEPTION : PARE-AIR	7
3.1 Généralités	7
3.2 Révisions suggérées au processus de conception du pare-air	8
3.2.1 Validation du pare-air	9
3.2.2 Vérification du pare-air	11
4. DOCUMENTS D'APPEL D'OFFRES : DÉTAILS D'EXÉCUTION ET CARACTÉRISTIQUES DU PARE-AIR	13
4.1 Généralités	13
4.2 Spécification des options d'essai de la conformité de la qualité de construction	13
5. CERTIFICATION DU PARE-AIR PENDANT LA CONSTRUCTION ET LA MISE EN SERVICE FINALE	17
5.1 Certification du pare-air pendant la construction	17
5.2 Mise en service du pare-air	17

TABLE DES MATIÈRES (Cont'd)

	Page
6. EXPLOITATION, CONTRÔLE ET RÉPARATION APRÈS LA MISE EN SERVICE	19
6.1 Renseignements d'exploitation	19
6.1.1 Description du pare-air	19
6.1.2 Limites d'exploitation du pare-air	19
6.2 Méthodes de contrôle	20
6.2.1 Généralités	20
6.2.2 Contrôle indirect	20
6.2.3 Contrôle direct	21
6.2.4 Essais	22
6.2.5 Diagnostic et réparations	22
7. COÛTS	24
8. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS	25
Annexe A: Perméabilité à l'air des matériaux de construction	
Annexe B: Détails d'exécution de pare-air certifié	

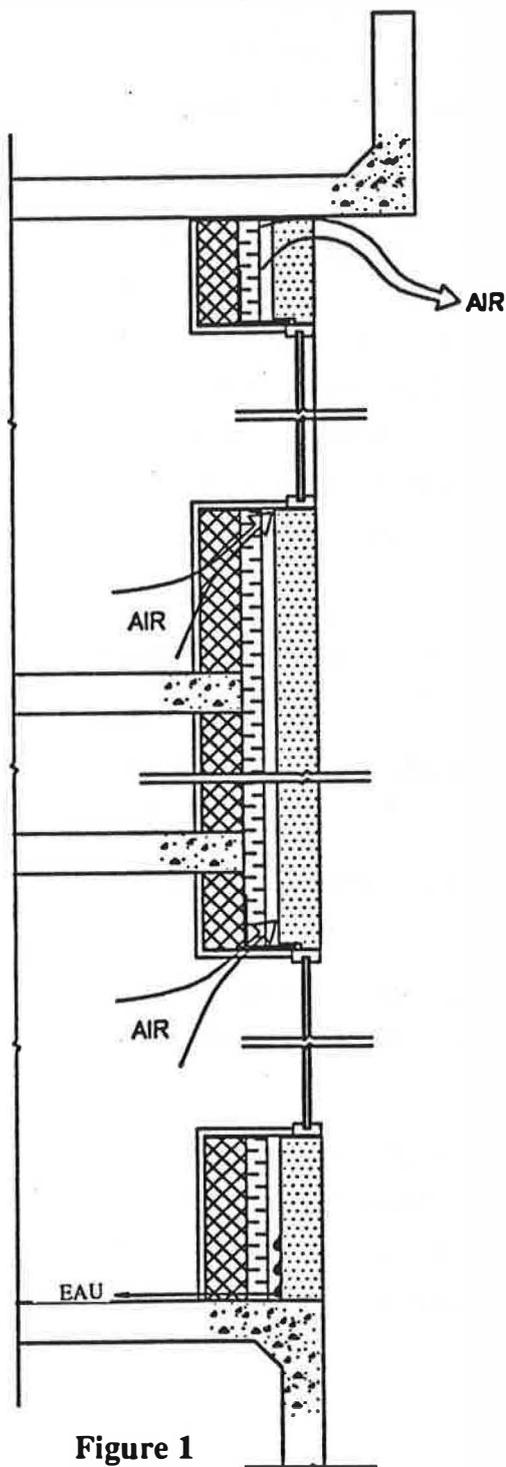


Figure 1

1. INTRODUCTION

Les fuites d'air de l'enveloppe exercent une influence dramatique sur la durée utile de nombreux bâtiments. Par ailleurs, les attentes des propriétaires immobiliers à l'égard de la qualité du milieu intérieur et de la durabilité de l'enveloppe, ne font que croître.

La figure 1 représente un exemple type de bâtiment. Chaque printemps, les appartements du rez-de-chaussée de cet ensemble d'habitations en copropriété subissaient des "inondations". Au début, la responsabilité du problème et des dégâts fut imputée à l'entrepreneur. Or, une étude plus approfondie indiqua qu'il avait construit les bâtiments conformément aux plans et devis du concepteur. Le problème découlait de la fuite d'air dans les cavités froides situées derrière le parement préfabriqué, entraînant une accumulation de givre, puis la fonte au printemps.

Dans cet exemple, les systèmes choisis pour construire les murs intérieurs étaient contre-indiqués pour empêcher les fuites d'air de parvenir dans les cavités. La "mise en service" du pare-air aurait pu éviter de tels ennuis.

Normalement, la mise en service est associée aux installations mécaniques et électriques d'un bâtiment. Il s'agit de vérifier si la performance des systèmes installés se conforme aux documents de conception et aux cotes spécifiées.

Pour appliquer à un pare-air les concepts de la mise en service, nous devons établir les exigences de performance du système installé et élaborer des méthodes d'évaluation de la conception pour s'assurer que si la construction est effectuée conformément au plan, la performance escomptée sera atteinte. Les étapes d'avant-construction ne tombent pas sous les nombreuses définitions

acceptées de la mise en service. Pour cette raison, d'autres termes ont été utilisés dans le présent document, notamment validation des définitions de concept et certification des fuites d'air des sous-systèmes pare-air. L'expression «mise en service» a été réservée au système achevé.

Afin d'améliorer la capacité de l'industrie de construction à prévoir la performance et la durabilité du pare-air, nous devons nous efforcer de fournir de meilleurs renseignements à tous les intervenants de la production du bâtiment, depuis le propriétaire jusqu'à l'utilisateur éventuel. Il faut aussi élaborer une méthode pour encourager les concepteurs et les constructeurs à faire passer la conception et la construction des pare-air de l'état d'art à l'état de science. Grâce à divers projets de recherche et de développement, la Société canadienne d'hypothèques et de logement a réalisé des progrès importants vers cet objectif. Le résultat de cette recherche constitue le fondement d'une méthode de mise en service du système pare-air. La méthode proposée repose sur certaines hypothèses, notamment:

- les indices de performance du pare-air requis dans l'énoncé de projet comprennent les taux de fuites d'air¹ et les charges structurales²,
- la performance du pare-air est vérifiable au moyen d'une évaluation, d'essais, des données du fabricant ou d'une performance éprouvée antérieurement,
- le processus de construction comporte des essais au cours des travaux et l'examen sur place pour garantir la conformité aux documents de construction,
- des mesures correctrices sont entreprises pendant le processus de conception ou de construction si l'évaluation de la performance d'une partie ou de l'ensemble du système ne se conforme pas aux exigences de performance de l'énoncé de projet,
- les travaux nécessaires pour incorporer un pare-air ne font pas partie de la portée normale des services de conception et que par conséquent, des honoraires supplémentaires sont justifiés. Qui plus est, les travaux nécessaires à l'exécution d'un pare-air ne relèvent pas de la portée normale des services de construction et par conséquent, des frais additionnels sont justifiés dans les prix de soumission.

1 "Un pare-air pour l'enveloppe du bâtiment", Regard 1986 sur la science du bâtiment, IRC/CNRC

2 "Exigences structurales des pare-vent", Rapport de la SCHL.

La méthode qui suit illustre les étapes nécessaires pour concevoir, réaliser et mettre en service le pare-air de l'enveloppe d'un bâtiment résidentiel.

Caractéristiques du pare-air/de l'écran pare-pluie dans l'énoncé du projet



Validation du pare-air



Documents d'appel d'offres



Essai Certification du pare-air pendant la construction et la mise en service finale



Exploitation, maintenance et réparation après la mise en service

Les étapes supplémentaires préconisées ci-dessus se justifient puisqu'elles se traduisent par une enveloppe de bâtiment plus durable, contribuant à accroître l'efficacité énergétique, le confort et à réduire les coûts globaux.



2. ÉNONCÉ DE PROJET : CARACTÉRISTIQUES DU PARE-AIR DE L'ENVELOPPE DU BÂTIMENT

Contenu suggéré

L'énoncé de projet est un document faisant état du caractère, des attributs et des limites régissant la conception et la réalisation d'un nouveau bâtiment. Il incombe à l'équipe du propriétaire d'y documenter aussi clairement que possible les attentes et les restrictions du projet. L'énoncé peut être simple ou pas, selon l'envergure et la complexité du projet.

Pour la plupart des projets, l'énoncé doit contenir les renseignements suivants :

- type de projet: bureaux, logements, musée, centre commercial.
- conditions de calcul extérieures: température, charges dues au vent, acoustique, poussière ...
- conditions intérieures : température, humidité, pression
- zones à fonctions multiples, élimination de la fumée
- fonctions de contrôle à certifier et à mettre en service - fuites d'air, infiltration d'eau, atténuation acoustique
- objectifs de performance réalistes pour
- attentes sur le plan de la durabilité/de la maintenance

Exemple :

Une tour d'habitation de 20 étages doit être construite à Ottawa. Le bâtiment de 200 appartements abritera un complexe récréatif avec piscine, baignoire à hydromassage, vestiaires et sera raccordé à un stationnement souterrain.

Les propriétaires ont réalisé avec succès des ensembles ayant des murs extérieurs à charpente d'acier recouverte de brique et des toits à membrane protégée.

Conditions de calcul extérieures :

- température de calcul de janvier à 2-1/2% (-25°C)
- température de calcul de juillet à 2-1/2% (30°C)
- charge due au vent de 1/30 (0,37 kPa)
- autoroute du côté nord de l'emplacement

Conditions de calcul intérieures:

- température de l'appartement 22°C,
30% HR - hiver;
25°C, 80 % HR - été
- température de la piscine 26°C, 55 % HR hiver et été.
- stationnement souterrain : non chauffé, ventilation conforme au Code national du bâtiment de 1990

Ce sont là les exigences à l'origine d'un pare-air pouvant être mis en service. Le concepteur doit ensuite mettre au point le pare-air tout en élaborant le projet.

Des systèmes CVC distincts pour les appartements, les corridors, les cages d'escalier et le complexe récréatif sont nécessaires.

Le pare-air de l'enveloppe de ce bâtiment doit fournir un plan de matériaux continu, appuyé structurellement pour s'opposer à l'infiltration et à l'exfiltration conformément aux exigences suivantes :

- L'enveloppe doit incorporer un pare-air continu, conformément à la sous-section 5.3.1 du Code national du bâtiment de 1990.
- Les fuites d'air maximales par le pare-air du toit et du hors-toit technique ne doivent pas dépasser $0,15 \text{ l/s}\cdot\text{m}^2$ à 75 Pa.
- Les fuites d'air maximales par le pare-air des murs extérieurs avec fond à charpente d'acier et placage de brique depuis le toit jusqu'au sol (à l'exclusion des fenêtres, des portes-fenêtres, etc.) ne doivent pas dépasser $0,30 \text{ l/s}\cdot\text{m}^2$ à 75 Pa.
- Les fuites d'air maximales par la séparation coupe-feu (plancher) entre le garage souterrain et le vestibule du bâtiment ne doivent pas dépasser $0,10 \text{ l/s}\cdot\text{m}^2$ à 75 Pa.
- Les fuites d'air maximales par les fenêtres et les portes-fenêtres ne doivent pas dépasser les limites prescrites dans le Guide de l'utilisateur de la norme correspondante CSA-A440.1.

- Les fuites d'air maximales entre les joints des composants du pare-air de divers assemblages ne doivent pas dépasser $0,20 \text{ l/s}\cdot\text{m}^2$ à 75 Pa.
- Le pare-air de toute l'enveloppe doit être conçu pour supporter des charges maximales dues au vent survenant une fois en 30 ans.

Le pare-air doit offrir la durabilité suivante :

murs à charpente d'acier et placage de brique	30 ans
toits	25 ans
fenêtres	20 ans
portes	15 ans

Les attentes en matière de maintenance pendant ces périodes où au-delà de celles-ci doivent être définies dans le Manuel d'exploitation et de maintenance.



3. PROCESSUS DE CONCEPTION : PARE-AIR

3.1 Généralités

Le processus de conception de l'enveloppe du bâtiment se déroule normalement. La définition de concept vise à organiser les espaces, la circulation, l'emplacement et l'aspect général. Un concept structural et une méthode de construction sont d'abord retenus pour le bâtiment, puis le choix se porte sur le toit, les murs et les fenêtres. C'est à ce stade que le pare-air entre en ligne de compte, c'est-à-dire son emplacement au sein de chaque ensemble, le type de matériau et les caractéristiques de performance recherchées.

Jusqu'à présent, le processus de conception de pare-air s'est *tout au plus* traduit dans le cadre d'appel d'offres par des plans et devis qui prévoient :

- la spécification de matériaux dont les caractéristiques de perméabilité à l'air sont connues.
- l'évaluation des pressions d'air et des détails d'exécution du pare-air permettant de transmettre ces charges à la structure.
- la spécification d'assurer la meilleure étanchéité à l'air possible du bâtiment et des éléments clés tels que les murs-rideaux et les fenêtres.
- des exigences générales visant à préserver la continuité de l'étanchéité à l'air dans toute l'enveloppe. Les responsabilités contractuelles particulières pour le raccordement des différents éléments peuvent avoir été définies ou non.

Ces processus ne permettent généralement pas d'attester le comportement du pare-air jusqu'à ce que tout le bâtiment soit achevé. Évaluer la nature de toute défaillance et prendre des mesures correctives à ce stade est extrêmement coûteux.

3.2 Révisions suggérées au processus de conception du pare-air

Pour améliorer le processus de conception du pare-air de façon à pouvoir en vérifier la performance pendant la construction et la mise en service finale, nous proposons d'inclure deux étapes additionnelles :

- Valider les caractéristiques fondamentales d'imperméabilité à l'air, de continuité, de résistance structurale et de durabilité du pare-air; et
- Procéder à la fin de l'étape de conception à une vérification pour déterminer si le taux de fuite d'air obtenu par la juxtaposition de tous les éléments proposés s'inscrit à l'intérieur des caractéristiques globales d'étanchéité à l'air du bâtiment.

3.2.1 Validation du pare-air

S'il incombe à l'entrepreneur de mettre en oeuvre un ensemble de matériaux assurant un niveau spécifié d'étanchéité à l'air, le concepteur doit attester que le plan réalisé conformément aux documents d'appel d'offres permettra d'atteindre la performance requise. Cette «preuve» ou vérification peut faire appel à plusieurs sources, mais doit tendre à valider l'imperméabilité à l'air, la continuité, la résistance structurale et la durabilité requises. Les sources de renseignements suivantes sont proposées :

- Perméabilité à l'air des matériaux et des systèmes

La perméabilité à l'air de nombreux matériaux de construction courants est indiquée à l'annexe A. Si un matériau particulier ne s'y trouve pas, il se peut que le fabricant ait effectué des essais ou que des résultats d'essai puissent s'obtenir d'une recherche antérieure. De nombreux systèmes, tels que les murs-rideaux et les fenêtres, ont fait l'objet d'essais d'étanchéité à l'air dont les résultats sont exprimés en $l/s \cdot m^2$ à une différence de pression spécifiée.

Exemple de validation d'un pare-air

L'exemple suivant amène l'énoncé de projet précédent d'un bâtiment résidentiel de 20 étages au processus de validation du pare-air. Il fournit uniquement un échantillon des détails de conception à valider.

- Perméabilité à l'air

Le matériau de base du pare-air à utiliser ici doit être une membrane auto-adhésive en bitume modifié de 1,3 mm appliquée sur des plaques de plâtre extérieures renforcées de fibre de verre.

La perméabilité à l'air de ce matériau est de $0,0 l/s \cdot m^2$ à 75 Pa selon le tableau 1 de l'annexe A.

La membrane est traversée par les agrafes de liaisonnement de la brique et les fixations de l'isolant. Un système identique, soumis à des essais sur place pour le même propriétaire, a donné un taux de fuite d'air de $0,12 l/s \cdot m^2$ à 75 Pa. Les résultats du reste de l'essai sont consignés dans le rapport intitulé "Air Leakage of Wall System for the ABC Building" en date du 5 mai 1992.

- Continuité

Au moment de réunir les matériaux constitutifs du pare-air, les joints ou raccordements doivent offrir une performance prévisible. Certains détails d'exécution courants ont été soumis à des essais d'étanchéité à l'air lors d'une recherche antérieure de la SCHL (voir annexe B).

Malheureusement, de nombreux assemblages comptant sur des produits d'étanchéité et diverses fixations pour éviter les fuites d'air n'ont pas encore été testés. Dans ces cas, des essais spécifiques sur maquette doivent certifier que la continuité et l'étanchéité du pare-air seront préservées sous l'effet des charges prévues.

- Résistance structurale

Les cotes d'étanchéité à l'air à une pression d'air donnée sont aussi fournies à l'annexe B pour des éléments courants de bâtiments de faible hauteur, de même que pour des éléments tels que les prises électriques que l'on retrouve également dans les bâtiments de grande hauteur. Les exigences de charge structurale peuvent aussi être évaluées en examinant les rapports d'essai en laboratoire portant sur les murs-rideaux et les fenêtres. Les rapports d'essai effectués sur des maquettes précédentes ou d'essais courants en laboratoire ou sur le chantier peuvent aussi être utilisés.

- Continuité

Avant de procéder à la pose des fenêtres et des portes, la membrane auto-adhésive en bitume modifié est prolongée sur le bâti d'attente. L'espace entre le dormant de la porte ou de la fenêtre et la membrane adhésive est rempli de mousse de polyuréthane à deux composants pour y maintenir la continuité.

Le programme d'essai des fenêtres a été étendu pour couvrir la jonction fenêtre/mur exécutée conformément à ces détails. On a constaté que les fuites d'air au périmètre de la fenêtre étaient de 0,18 l/s*m à 75 Pa. Les résultats d'essais sont consignés dans le rapport intitulé "Air Leakage Test - CDE Windows Inc." en date du 6 juillet 1990.

- Résistance structurale

La membrane auto-adhésive proposée a été éprouvée à des pressions positive et négative de 2,5 kPa et les résultats obtenus figurent dans les rapports dont il est fait mention antérieurement. Aucune perte d'étanchéité à l'air n'a été enregistrée.

• Durabilité

La durabilité d'un matériau, d'un ensemble ou d'un système dépend de l'environnement où il est placé. La durabilité d'un pare-air se mesure en se reportant au dossier de service de systèmes similaires qui ont été exploités dans le même environnement. Lorsque des nouveaux matériaux, ensembles et procédures de chantier sont envisagés, il est recommandé de confier à des spécialistes le choix d'examiner en détail les matériaux et le pare-air.

• Durabilité

Les membranes auto-adhésives en bitume modifié s'utilisent comme pare-air depuis au moins huit ans. Le propriétaire n'a constaté aucun problème de durabilité lorsque la construction originale avait été de bonne qualité.

3.2.2 Vérification du pare-air

Après avoir validé la performance des matériaux, des composants et des ensembles du pare-air, la vérification de la conception globale permet d'établir si elle répond aux caractéristiques d'étanchéité à l'air dont fait état l'énoncé de projet.

Exemple de vérification du pare-air

Tableau 1

	Surface	Taux de fuite d'air admissible l/s	Total de fuite d'air admissible pour l'élément l/s	Taux de fuite d'air réel l/s	Total de fuite d'air réel de l'élément	Méthode de validation
Mur nord						
Mur sud						
Mur est						
Mur ouest						
Fenêtre percée						
Toit principal						
Toit/hors-toit technique						
Jonction toit/mur						
Jonction fenêtre/mur						
Tout l'enveloppe						

Tableau 1

	Surface	Taux de fuite d'air admissible l/s	Total de fuite d'air admissible pour l'élément l/s	Taux de fuite d'air réel l/s	Total de fuite d'air réel de l'élément	Méthode de validation
Mur nord	750	0.30	225	0.12	90	1
Mur sud	750	0.30	225	0.12	90	1
Mur est	1200	0.30	360	0.12	144	1
Mur ouest	1200	0.30	360	0.12	144	1
Fenêtre percée	3900	0.10	390	0.08	312	2
Toit principal	900m ²	0.15	135	0.13	117	3
Toit/hors-toit technique	100m ²	0.15	15	0.13	13	2
Jonction toit/mur	210	0.20	42	0.18	38	4
Jonction fenêtre/mur	8600	0.20	1720	0.18	1548	2
Tout l'enveloppe			3472		2496	

Le tableau 1 montre une feuille de calcul typique dont l'adaptation permettrait l'itération entre les fuites d'air admissibles conformes à l'énoncé de projet et les taux de fuite réels de chaque élément qui ressortent de la validation de conception décrite en 3.2.1. Il faut particulièrement veiller à ce stade à bien identifier tous les éléments et leurs intersections. Si le total des fuites d'air réelles de l'enveloppe ne dépasse pas le total précisé dans l'énoncé de projet, le pare-air répond aux exigences d'étanchéité à l'air établies par le propriétaire.

1. Rapport intitulé «Air Leakage of Wall System for ABC Building» en date du 5 mai 1992.
2. Rapport intitulé «Air Leakage Test - CDE Windows Inc.» en date du 6 juillet 1990.
3. Données d'essai du fabricant du 10 juillet 1991.
4. Essai sur le chantier sur le même détail d'exécution XYZ d'immeuble -mars 1991.

Cet exemple simplifié montre comment la vérification confirme que les limites de fuites d'air établies dans l'énoncé de projet sont respectées. Les notes sur la méthode de validation de la conception sont aussi nécessaires pour fins documentaires.

4. DOCUMENTS D'APPEL D'OFFRES : DÉTAILS D'EXÉCUTION ET RAC T É R I S T I Q U E S D U P A R E - A I R

4.1 Généralités

Pour la plupart des projets de construction, le pare-air est décrit dans les plans et devis. Les sections et les détails d'exécution montrent le type de matériaux et leur emplacement respectif dans chaque partie de l'enveloppe.

Le devis décrit également le pare-air à la section 07195, en plus de préciser le type de matériau, le travail de préparation et le mode d'installation et d'établir des renvois à d'autres sections. C'est dans cette optique qu'un processus de conformité à la qualité de construction est proposé pour le pare-air.

4.2 Spécification des options d'essai de la conformité de la qualité de construction

Selon l'envergure du projet, l'entrepreneur peut être tenu de suivre une des options suivantes de plus en plus strictes pour démontrer la conformité du pare-air aux exigences de performance de la section 07195 du devis. Ces essais ou activités d'examen sur place, explicités dans la section appropriée du devis, sont effectués en général par une compagnie indépendante et payés par le propriétaire du

bâtiment, sauf que les essais répétés découlant du défaut de conformité aux exigences de performance incombent à l'entrepreneur.

Option 1

L'ensemble du pare-air de l'enveloppe sera soumis à des essais d'étanchéité à l'air à son quasi-achèvement. Si les fuites dépassent la limite prescrite, le constructeur devra en rechercher la cause et apporter les correctifs à ses frais. Le mode opératoire est décrit dans la norme CAN/CGSB2-149.10-M85 "Détermination de l'étanchéité à l'air des enveloppes de bâtiment par la méthode de dépressurisation au moyen d'un ventilateur".

Option 2

À son achèvement, chacune des zones du pare-air de l'enveloppe sera testée. Il peut s'agir du pare-air du toit, du mur, des fenêtres ou d'autres ensembles. Le mode opératoire généralement prévu pour ces éléments figure dans la norme ASTM E783-91 "Field Measurement of Air Leakage Through Installed Exterior Windows and Doors". Une fois que le type d'ensemble pare-air a été soumis à des essais, il n'a plus à être testé ailleurs, aussi longtemps que les examens de construction certifient la même qualité d'exécution des autres secteurs.

Exemple de spécifications de conformité de la qualité de construction

Le devis du complexe de 20 étages de notre exemple nécessite les essais de conformité suivants pendant la conception.

- *La construction de maquettes des détails d'exécution clés dès les premières étapes du processus de construction, notamment : la surface type des murs comprenant les agrafes de liaisonnement de la brique et les fixations de l'isolant; la jonction fenêtre/mur; la jonction toit/mur; la jonction toit/hors-toit technique.*
- *L'examen visuel des maquettes pour établir la conformité aux plans et devis suivi des essais d'étanchéité à l'air et de résistance structurale du pare-air. (Ces essais seront effectués en grande partie conformément à la norme appropriée ASTM E783-91 ou ASTM E-1233-88).*
- *Les maquettes doivent répondre aux exigences d'étanchéité à l'air suivantes :*
 - *surface des murs 0,30 l/s*m²*
 - *tous les joints/raccordements 0,20 l/s*m²*

La performance structurale du pare-air doit être éprouvée sélectivement ou certifiée par un ingénieur de structure. La procédure à suivre est décrite dans la norme ASTM E-1233-88 "Standard Test Method for Structural Performance of Exterior Windows, Curtain Walls and Doors by Cyclic Static Pressure Difference".

Après qu'il aura été achevé en grande partie, le bâtiment en entier sera soumis à un essai pour déterminer la conformité au taux global d'étanchéité à l'air de son enveloppe.

Option 3

Le pare-air sera progressivement soumis à des essais suivant l'option 2 ci-dessus, et sa performance structurale sera attestée par des essais ou par un ingénieur. Qui plus est, le pare-air sera éprouvé sur des maquettes avant la construction de l'enveloppe du bâtiment. Les maquettes, décrites dans les documents architecturaux, comprendront une section représentative du toit, du mur extérieur, des fenêtres, des soffites et des particularités. La maquette ne sera construite que dans la mesure où le pare-air est complet de telle sorte que des essais sélectifs puissent être menés. Si le taux d'étanchéité à l'air et les caractéristiques structurales sont conformes aux exigences

- Les essais incombent au propriétaire sauf lorsque les résultats attendus ne sont pas atteints, sinon, les essais supplémentaires seront à la charge de l'entrepreneur.

Les maquettes qui passent les essais ci-dessus établiront la norme de qualité d'exécution requise pour le reste de la construction.

D'autres essais pourront être effectués à toute étape du processus de construction pour vérifier la conformité aux documents de soumission.

de performance, la construction de l'enveloppe pourra avancer tant que le pare-air sera identique aux maquettes. Si la performance n'est pas à la hauteur des exigences, la qualité de la construction devra faire l'objet d'une révision jusqu'à ce que la performance nécessaire soit obtenue. Ensuite, le processus pourra continuer d'une façon progressive avec la performance certifiée du matériau, des composants, des ensembles et finalement de l'enveloppe du bâtiment tout entier.

Option 4

En plus de faire appel aux détails d'exécution des options 2 et 3, celle-ci comprend une série d'exposés à organiser à pied d'oeuvre pendant les travaux pour expliquer l'objectif recherché à l'équipe de construction responsable. Ces exposés d'information doivent traiter du but, de la fonction et des exigences de performance, des tests de vérification de la performance, des qualités qui seront acceptées et des défauts qui seront rejetés et pourquoi. En outre, la tenue, avant le dépôt des soumissions, d'une réunion à l'intention de tous les soumissionnaires offrira l'occasion d'expliquer les nouvelles exigences, les tolérances ainsi que le rôle et les responsabilités du spécialiste pendant la construction et suivant l'achèvement appréciable des travaux.

5. CERTIFICATION DU PARE-AIR PENDANT LA CONSTRUCTION ET LA MISE EN SERVICE FINALE

5.1 Certification du pare-air pendant la construction

À mesure qu'avance la réalisation de grands projets, il se révèle généralement efficient de certifier la performance du pare-air par étape pour s'assurer que la qualité d'exécution répond aux exigences de conception. Ce processus nécessite l'ordonnancement des essais spécifiés, la présentation opportune des rapports et un suivi pour faire en sorte que l'entrepreneur ne soit pas retardé.

Lorsque la performance attendue n'est pas atteinte, la revue immédiate de la validation du pare-air s'impose avant de procéder à de nouveaux essais.

5.2 Mise en service du pare-air

Lorsque les travaux de construction du bâtiment tirent à leur fin, la performance globale du pare-air peut faire maintenant l'objet d'une mise en service. La mise en service du pare-air consiste à tester ses caractéristiques de performance.

Exemple de certification du pare-air

L'étape de la construction de la tour d'habitation fait intervenir l'examen et l'essai de la maquette précisée dans les documents d'appel d'offres. Cette certification progressive pendant la construction est suggérée pour garantir une qualité d'exécution adéquate au début du processus de mise en oeuvre du pare-air.

Exemple de mise en service

L'immeuble d'appartements de l'exemple est équipé de systèmes mécaniques très limités et ne serait pas requis de passer un essai de mise en service final. Cette méthode est tout indiquée lorsque le bâtiment dispose

Les derniers essais de performance doivent déterminer le taux maximal de fuite d'air par l'enveloppe toute entière et la capacité du pare-air à résister aux charges structurales. Ces essais sont tous les deux prescrits par les documents d'appel d'offres.

Si l'enveloppe du bâtiment ne passe pas l'essai final, un spécialiste est habilité à déterminer l'endroit des fuites et à enjoindre l'entrepreneur d'apporter les correctifs nécessaires. Il est entendu aux termes du contrat passé entre le propriétaire et le constructeur que les coûts de tous essais répétés seront imputés à l'un ou à l'autre. C'est pour cette raison que l'évaluation et la certification progressives des divers secteurs, composants, systèmes et ensembles revêtent de l'importance pour le constructeur de façon à lui éviter toute grosse surprise.

Après tous les essais, le spécialiste approuve le certificat de conformité du pare-air du constructeur et le certificat de mise en service. Il atteste aussi que la conception, la mise en oeuvre et la performance du pare-air dans son ensemble, y compris les matériaux et la qualité d'exécution, ont été soumis à des essais et trouvés conformes aux limites de performance de l'enveloppe prescrites dans l'énoncé de projet du propriétaire.

d'importants systèmes mécaniques qui peuvent servir à exercer des différences de pression sur l'enveloppe du bâtiment et à mesurer les débits globaux. En conséquence, l'essai final constitue une vérification des essais qui ont suivi le processus de construction.

6. EXPLOITATION, CONTRÔLE ET RÉPARATION APRÈS LA MISE EN SERVICE

6.1 Renseignements d'exploitation

6.1.1 Description du pare-air

Avant de se lancer dans un programme de contrôle, il est important de disposer d'une description exacte du pare-air de l'enveloppe du bâtiment. La description doit être concentrée sur les types de matériaux, leur emplacement au sein de chaque ensemble et les moyens par lesquels ils sont liés ensemble pour fournir un plan continu d'enveloppe de bâtiment.

Ce qui importe le plus dans la description, c'est de bien comprendre les divers modes de jonction. Les joints les plus importants se produiront à l'interface toit/mur, d'habitude à l'endroit d'un mur en surélévation. La jonction peut être effectuée à l'aide de divers types de matériaux, comme la tôle d'acier, les membranes bitumées, les membranes en plastique ou en caoutchouc, mais dans la plupart des cas, elle sera cachée et difficile à entretenir.

L'emplacement du pare-air est tout aussi important. S'il se trouve du côté intérieur et est accessible, alors il peut être entretenu. Mais il est aussi susceptible d'être endommagé, ce qui peut ne pas être décelé pendant quelque temps, même s'il est facile à réparer. Les pare-air cachés dans la construction peuvent nécessiter un accès pour en assurer l'entretien.

6.1.2 Limites d'exploitation du pare-air

Un manuel d'exploitation d'immeuble doit aussi décrire les limites d'exploitation prévues du pare-air. Elles peuvent se trouver dans l'énoncé de projet et doivent fournir des détails sur l'humidité relative admissible au sein des divers espaces et sur la différence de pression maximale admise sur l'enveloppe.

6.2 Méthodes de contrôle

6.2.1 Généralités

Pour veiller à ce que le pare-air se comporte adéquatement au cours du temps, un programme de contrôle et d'essai peut en assurer la durabilité. Le contrôle signifie inspecter, observer et vérifier que la performance du pare-air continue de répondre aux caractéristiques mesurées à l'origine lors de sa certification et de sa mise en service. Diverses méthodes de contrôle et d'essai du pare-air sont indiquées ci-après.

6.2.2 Contrôle indirect

Le contrôle indirect peut s'exercer par des observations visuelles du toit et des façades destinées à relever tout symptôme se rapportant à l'augmentation des fuites d'air ou par l'examen de zones locales endommagées. Ces symptômes comprennent :

- l'efflorescence de la brique, les glaçons sous les appuis de fenêtre et en provenance des chantepleures dans la maçonnerie
- les taches de rouille qui apparaissent à divers endroits, mais qui ne sont pas liées au ruissellement de la pluie mais plutôt à la condensation continue de l'humidité s'échappant à l'extérieur
- la dilatation de la maçonnerie suggérant une augmentation de la teneur en humidité
- des taches sur les revêtements de finition extérieure
- la fonte de la neige et de la glace ou simplement l'apparence de givre ou de vapeur là où il ne devrait pas en avoir.

Une deuxième méthode de contrôle indirect consiste à consigner la consommation d'énergie de chauffage au sein du bâtiment. Relever, lorsque l'immeuble est neuf, toutes les factures d'énergie de chauffage permet de déterminer un niveau de base de la consommation d'énergie. Ce niveau peut ensuite servir, pour fins de comparaison, à déceler toute détérioration de la performance du pare-air. Si le pare-air est endommagé et qu'il entraîne une augmentation des fuites, surtout en hiver, les factures d'énergie se traduiront par une augmentation correspondante de la consommation d'énergie.

6.2.3 Contrôle direct

Le contrôle direct est plus coûteux que le contrôle indirect. Il nécessite le recours à des instruments et à du matériel qui, placés à des endroits stratégiques, contrôlent les facteurs agissant sur la performance du pare-air. Il s'agit en général des différences de pression d'air, de la température et de l'humidité des cavités par rapport aux conditions extérieures et intérieures. Les mesures consistent à disposer des buses de pression, des thermocouples et des détecteurs d'humidité dans les cavités du toit, à deux ou trois endroits et à les relier à de l'équipement électronique. Le contrôle peut être périodique ou continu.

En examinant la différence de pression d'air s'exerçant sur le pare-air par rapport aux conditions de vent sur le toit ou le mur, un indice de différence de pression initial peut être déterminé. Cet indice peut servir périodiquement, aux fins de comparaison directe, à déterminer la performance du pare-air pendant la durée du bâtiment. De façon analogue, en contrôlant la température et l'humidité des cavités de la construction, on peut établir une relation entre la différence de pression d'air, la température et l'humidité et la quantité d'augmentation des fuites d'air.

Les instruments de contrôle peuvent se placer dans le toit, les murs extérieurs et à des endroits critiques au niveau du sol, mais les fuites d'air se produisant ailleurs ne seraient pas décelées et apparaîtraient plus tard comme symptôme ou dommages. Pour compléter cette méthode, il est suggéré de suivre d'autres méthodes d'essai direct, dont les techniques au gaz de dépistage et la pressurisation par ventilateur.

Une autre façon de contrôler la performance globale du pare-air consiste à effectuer une analyse thermographique du bâtiment. Cette analyse des murs extérieurs et du toit s'effectue au moment où il se produit le plus d'exfiltration, ou en hiver. D'ordinaire, les fuites d'air apparaissent de façon prononcée, tout comme leur emplacement.

6.2.4 Essais

Lorsque l'on soupçonne une augmentation des fuites d'air dans une zone du toit ou du mur, il peut être nécessaire de mener des essais en vue de localiser le problème et de déterminer les correctifs requis pour rétablir la performance. On a, le plus souvent, recours à la pressurisation d'un secteur et à la fumée, au crayon fumigène et quelquefois à la thermographie. La pressurisation induit les fuites d'air et le recours à la fumée ou à la thermographie permet de retracer l'emplacement des fuites pour ainsi établir la cause la plus probable. D'habitude cet essai est suivi de la percée d'ouvertures d'essai et d'une inspection, mais l'opération se révèle généralement coûteuse. Elle peut être entreprise de l'intérieur ou de l'extérieur. Effectuer les travaux de l'extérieur exige souvent un échafaudage volant et des entrepreneurs pour démolir ou démonter une partie du revêtement extérieur, alors que les exécuter de l'intérieur a habituellement pour effet de déranger les occupants et même de les forcer à déménager temporairement pendant la durée des travaux d'inspection et des réparations.

6.2.5 Diagnostic et réparations

Lorsqu'un symptôme ou des dommages mettent en cause des fuites d'air considérables, il y a quelques conditions d'exploitation importantes à vérifier avant de se lancer dans un programme de réparation. Premièrement, la pression d'exploitation de l'immeuble a-t-elle beaucoup changé? Dans l'affirmative, cela signifie que l'admission d'air du bâtiment peut avoir été modifiée et avoir été accrue fortement par suite de l'installation de nouvel équipement ou du réglage de l'ancien matériel. Les pressions d'air doivent être ramenées aux anciens niveaux avant de procéder à la réfection de l'enveloppe.

Si le degré d'humidité intérieur s'est fortement modifié par suite de l'installation de nouvel équipement ou de son changement d'utilisation, alors il faut le ramener à son niveau antérieur ou bien revaloriser le système toit/mur en conséquence. La défaillance du pare-air est d'habitude imputable à une condition locale. Par exemple, une feuille de poly peut avoir été prévue comme pare-air de choix, mais une rafale de vent soudaine l'a déchirée et dissociée de ses attaches en raison du manque d'appui. Le cas échéant, il est inutile de réparer la feuille de poly car elle risque à nouveau de subir le même sort. Il vaut mieux réexaminer le plan de la section du mur et corriger la lacune en faisant appel à des matériaux plus robustes et à de meilleures attaches.

À certains moments, la défaillance aura lieu par suite de charges de fluage. Il s'agit d'une condition de faible différence de pression provoquée par l'effet de tirage naturel ou la pressurisation par ventilateur et le détachement ultérieur d'un matériau de jointoiement tel que ruban adhésif, produit de scellement ou membrane. Lorsque cela se présente et que les raccords sont profonds au sein de la construction, la solution la plus efficace consiste à démonter et à réparer. Aucun autre traitement n'est connu pour remédier à la situation sauf modifier la température intérieure, la pression et l'humidité à l'intérieur au détriment du confort des occupants.

La rédaction d'un manuel de réparation valable pour tous les types de pare-air dépasse la portée du présent rapport. Toutefois, les questions les plus importantes sont les suivantes : quel genre de pare-air a été conçu pour cet immeuble particulier? quelle partie de l'immeuble nécessite une réparation? et quelle est la méthode la plus simple pour réparer le pare-air?

Les pare-air internes et externes sont relativement faciles à entretenir et ne sont pas nécessairement coûteux à réparer. Cependant, ils sont respectivement susceptibles d'être endommagés par les occupants et les conditions environnementales extérieures. Les pare-air se trouvant dans la construction sont d'habitude inaccessibles et peuvent nécessiter des efforts importants pour les réparer.



7. COÛTS

Les coûts d'élaboration d'un pare-air pouvant être mis en service sont difficiles à définir précisément, parce qu'il s'agit d'un nouveau concept et les principaux facteurs qui régissent la qualité et le succès du processus sont fort variables. Toutefois, les coûts peuvent être répartis en deux catégories : les honoraires des consultants et les coûts d'amélioration technique.

Les honoraires de consultants sont ceux d'un spécialiste appelé à travailler avec le propriétaire, le concepteur, le constructeur et le gestionnaire immobilier ultérieur (ou le propriétaire encore une fois). Ce spécialiste peut être un membre supplémentaire de l'équipe qui dispose de compétences spécialisées en enveloppe de bâtiment ou s'il fait partie de l'équipe de conception, les fonctions peuvent être acquittées à l'interne. Les tâches du spécialiste consistent à élaborer l'énoncé de projet en compagnie du propriétaire et du concepteur, à aider l'équipe de conception à mettre au point et à valider le pare-air depuis le concept jusqu'aux documents de construction. Il lui incombe ensuite de travailler avec le constructeur pendant l'assemblage et l'essai et finalement de diriger le processus de mise en service pendant l'achèvement du projet. Il peut aussi être tenu de faire démarrer et de lancer un programme de contrôle du pare-air.

En plus de compter sur un spécialiste, le concepteur (architecte) a droit à une augmentation des honoraires en contrepartie des travaux supplémentaires nécessaires pour mettre au point et valider son pare-air en fonction d'exigences de performance particulières. Il aura sans aucun doute à engager des frais de documentation supplémentaire relative aux détails de construction et aux devis supplémentaires ainsi qu'aux instructions destinées au constructeur concernant la vérification sur le chantier de la qualité d'exécution et des essais de mise en service.

De même, les constructeurs ont droit à une augmentation du prix de soumission pour tenir compte des exposés d'information nécessaires, des maquettes, des essais et des examens sur place nécessaires dans le cadre du processus de validation. Le prix du constructeur doit inclure les coûts définitifs de mise en service et un fonds de prévoyance. Les frais de construction du pare-air peuvent varier de façon importante, mais une certaine augmentation des coûts est probable puisque des objectifs de performance particuliers doivent être atteints.



8. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

Le concept d'un pare-air pouvant être mis en service est intéressant et l'industrie de la construction en a besoin. De nombreux pare-air faisant aujourd'hui partie de l'enveloppe de bâtiments n'ont pas la tenue en service efficace qu'ils devraient avoir et nous ne sommes que partiellement capables de prévoir une meilleure performance d'étanchéité à l'air d'autres concepts.

À l'heure actuelle, il n'est pas réaliste de penser qu'éprouver sur place l'étanchéité à l'air de l'enveloppe de l'immeuble améliorera la performance du pare-air. En effet, les résultats d'essai, bien qu'ils soient nécessaires pour la recherche et le développement, ne sont pas des conséquences à faire respecter puisque la plupart des documents d'appel d'offres ne prescrivent pas de limites de performance. Les entrepreneurs ne sont pas tenus, selon les plans et devis, de construire des enveloppes et des pare-air particuliers, en fonction d'une performance mesurable. Fait plus important, la technique de conception du pare-air et de ses détails n'est pas suffisamment développée pour permettre aux concepteurs d'en prévoir la performance par rapport à la perméabilité à l'air et aux pressions d'air. Mais, pour être juste envers les concepteurs, il faut admettre que les codes du bâtiment n'énoncent aucune exigence minimale de performance et que, par conséquent, la pratique des règles de l'art compte sur chaque concepteur pour comprendre la norme de performance nécessaire.

Les propriétaires quant à eux, ne comprennent pas en général cette technique, bien qu'il y en ait de plus en plus qui reconnaissent la nécessité de s'en remettre à des normes meilleures que le minimum et désirent certainement envisager une technologie améliorée.

Pour élaborer, concevoir et construire un pare-air susceptible d'être mis en service pour l'enveloppe du bâtiment, le processus doit commencer par l'intervention du propriétaire qui précise dans son énoncé de projet les exigences de performance quantifiable pour toutes les composantes du pare-air. Sans ces critères, on ne peut avoir un pare-air susceptible d'être mis en service.

Le concepteur doit ensuite mettre au point le pare-air d'après les objectifs de performance de l'énoncé de projet. Le pare-air et les détails connexes doivent être validés à l'aide d'essais, d'antécédents, d'une analyse ou d'une autre méthode quelconque. Le concepteur doit démontrer la continuité, l'imperméabilité à l'air, l'appui structural et la durabilité du système. Il doit aussi élaborer les documents de construction nécessaires pour permettre aux constructeurs de comprendre le nouveau défi et leur accorder des fonds suffisants pour absorber les frais de la nouvelle technologie.

La plupart des concepteurs ne sont pas des spécialistes de l'étude technique des pare-air. Il est recommandé que le propriétaire retienne les services d'un spécialiste pour aider et guider s'il y a lieu le concepteur à travers ce processus.

Les entrepreneurs eux ont l'habitude de recevoir des instructions sur ce qu'il faut faire, quand le faire et comment le faire. Ils sont prêts à entreprendre dans l'ordre et à monter un produit de qualité supérieure, mais il faut admettre que les entrepreneurs ne sont pas des concepteurs et il se peut qu'ils ne comprennent vraiment jamais tout à fait pourquoi tel pare-air a été mis au point d'une telle façon. Cependant, à l'aide d'exposés d'information et d'essais progressifs et d'examens, les constructeurs seront capables de réaliser des pare-air affichant la performance requise et ils s'adapteront aux nouvelles exigences de la mise en service et comprendront l'objectif des essais correspondants.

Le succès de la mise en service du pare-air dépend de la coopération de toutes les parties participant au projet, et en particulier, du concepteur et de l'entrepreneur.

Pour avancer d'avantage l'application de la technologie des pare-air aux enveloppes de bâtiment et pour atteindre des systèmes susceptibles d'être mis en service, il est recommandé :

1. De lancer un projet pour appliquer le processus décrit ci-dessus à un immeuble d'appartements hypothétique de taille moyenne et de le réaliser en coopération avec une société d'architectes et de le faire examiner par un propriétaire et un entrepreneur.
2. De mettre au point une norme de performance pour le pare-air.

3. D'entreprendre plus de développement et d'essais de pare-air génériques et de leurs détails d'exécution pour que les concepteurs puissent choisir des sections et des détails qui ont une performance éprouvée plutôt que d'exiger chaque fois des essais en laboratoire.
4. De créer des méthodes améliorées et simplifiées d'essai sur place quant à la continuité, à la perméabilité à l'air et à la qualité structurale des composants, des ensembles et des systèmes de pare-air.
5. De mettre au point des techniques d'assemblage de construction et de les démontrer pour illustrer les points forts et les points faibles de la qualité d'exécution.
6. D'étudier à fond les conséquences de l'humidité intérieure, des différences de pression d'air et des températures extérieures pour établir les taux maximaux de fuite d'air qui peuvent être tolérés sans agir de façon importante sur l'humidité et la performance énergétique de l'enveloppe du bâtiment.
7. D'étudier le coût et les avantages de mieux réguler les fuites d'air pour différents types de bâtiment et leur durabilité.

MORRISON HERSHFIELD

Richard L. Quirouette, B.Arch.
Spécialiste en science du bâtiment



David L. Scott, B.Arch.
Spécialiste en science du bâtiment



ANNEXE A

PERMÉABILITÉ À L'AIR DES MATÉRIAUX DE CONSTRUCTION



Perméabilité à l'air des matériaux de construction

No	Description	Perméabilité à l'air l/s*m ² à 75 Pa
1	membrane de couverture à surface lisse, 2 mm	0,0
2	pare-vapeur d'aluminium avec membrane de bitume modifié posée au chalumeau et renforcée de fibre de verre, 2,7 mm	0,0
3	membrane auto-adhésive de bitume modifié, 1,3 mm	0,0
4	membrane de bitume modifié, renforcée de polyester, posée au chalumeau, 2,7 mm	0,0
5	revêtement d'ossature en contreplaqué, 9,5 mm	0,0
6	isolant de polystyrène extrudé, 38 mm	0,0
7	isolant d'uréthane avec revers métallique, 25, 4 mm	0,0
8	panneau d'isolant phénolique, 24 mm	0,0
9	panneau d'isolant phénolique, 42 mm	0,0
10	panneau de fibre-ciment, 12,7 mm	0,0
11	plaque de plâtre avec revers métallique, 12,7 mm	0,0
12	revêtement d'ossature en contreplaqué, 8 mm	0,007
13	revêtement d'ossature en panneau de particules, 16 mm	0,007
14	plaque de plâtre résistant à l'humidité, 12,7 mm	0,009
15	panneau de particules, 11 mm	0,011
16	panneau de particules, 12,7 mm	0,016
17	polyoléfine non perforée renforcée	0,020
18	plaque de plâtre, 12,7 mm	0,020
19	panneau de particules, 15,9 mm	0,026
20	panneau rigide trempé, 3,2 mm	0,027
21	polystyrène expansé, type 2	0,119
22	feutre de couverture, 30 lb	0,187
23	Feutre bitumé non performé, 15 lb	0,271
24	Feutre perforé, 15 lb	0,396
25	Isolant de fibre de verre semi-rigide avec papier d'oléfine d'un côté	0,488
26	panneau de fibres ordinaire, 11 mm	0,822
27	panneau de fibres, imprégné de bitume, 11 mm	0,829
28	Pellicule d'oléfine filée-liée	0,960
29	Polyéthylène perforé no 1	4,032
30	Polyéthylène perforé no 2	3,231
31	Isolant de polystyrène expansé (1)	12,237
32	Planches bouvetées	19,117
33	Isolant de laine de verre	36,733
34	Isolant de vermiculite	70,493
35	Isolant de fibre cellulosique (5 couches)	86,946



ANNEXE B

DÉTAILS D'EXÉCUTION DE PARE-AIR CERTIFIÉ



Détails d'exécution de pare-air certifié

No	Description	Infiltration d'air à 75 Pa			Charge Structurale kPa
		l/s	l/s*m	l/s*m ²	
Détails 1 de la SCHL					
1	Solive de rive, traditionnelle		0,22		±1,0
2	Solive de rive, poly		0,05		±1,0
3	Solive de rive, ADA		0,02		±1,0
4	Solive de rive, EASE		0,04		±1,0
5	Prise électrique, traditionnelle	0,09			±1,0
6	Prise électrique, poly	0,02			±1,0
7	Prise électrique, ADA	0,38			±1,0
8	Prise électrique, EASE	0,03			±1,0
9	Bâti d'attente (standard)	0,60			±1,0
10	Dormant de fenêtre, poly		0,07		±1,0
11	Dormant de fenetre, ADA		0,01		±1,0
12	Dormant de fenêtre, EASE		0,06		±1,0

