ÉPREUVE DES MURS ET FENÊTRES À ÉCRAN PARE-PLUIE: LA MÉTHODE DE STIMULATION DE LA CAVITÉ

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

TESTING RAINSCREEN WALL AND WINDOW SYSTEMS: THE CAVITY EXCITATION METHOD

Épreuve des murs et fenêtres à écran pare-pluie : la méthode de stimulation de la cavité

Travail présenté à :

Jacques Rousseau et Pierre-Michel Busque
Division de l'innovation dans l'habitation
Société canadienne d'hypothèques et de logement
700, chemin Montréal
Ottawa (Ontario) K1A 0P7
et
Antonio Colontonio
Travaux publics et Services gouvernementaux Canada
Édifice Sir Charles Tupper
Promenade Riverside
Ottawa (Ontario) K1A 0M2

Travail préparé par :

Richard Quirouette, B. Arch.
Quirouette Building Specialists Ltd.
18, Crispin Private
Ottawa (Ontario) K1K 2T8

Projet no. J93r07f-4
Le 11 novembre 1996

TABLE DES MATIÈRES

Sommaire

1.0 Introduction ..... Page 1

2.0 La méthode de stimulation de la cavité ..... Page 3
2.1 Conformité du rendement des écrans pare-pluie... 3
2.2 Élaboration en laboratoire de la méthode MSC..... 3
2.3 Équipement et méthodologie..... 4
2.4 Évents et superficies des fuites d'air..... 6
2.5 Une signature d'écran pare-pluie..... 9
2.6 Courbe («S») de réaction aux fréquences..... 11

3.0 Épreuve sur place de la Méthode de stimulation de la cavité (MSC)..... Page 14
3.1 Méthodologie..... 15
3.2 Analyses et résultats..... 16

4.0 Conclusions et recommandations..... Page 19
Annexe 'A' -- Essais en laboratoire -- Queen's University
Annexe 'B' -- Épreuve sur place de la méthode de stimulation de la cavité -- Le Clos St-André

Sommaire

Le principe d'un écran pare-pluie n'est pas nouveau. Il a été proposé dès la moitié des années 60 par des chercheurs de la Division de la recherche en bâtiment du Conseil national de recherches du Canada, et les principes fondamentaux ont été élaborés. Il a été appliqué à certains types de murs extérieurs, mais il demeure largement inconnu à cause de l'absence de fiches techniques concrètes sur l'efficacité alléguée. Ce n'est que récemment que l'intérêt pour ce principe a augmenté, car l'approche fondée sur les joints mécaniques et les cavités drainées ne permettait pas un contrôle satisfaisant de l'humidité dans les cavités exposées à la pluie ou à la condensation.

Le principe est bien développé au point de vue qualitatif, mais non sur le plan quantitatif. Il n'y a pas de critères techniques ni d'ingénierie pour aider les concepteurs, et guère de prescriptions établies pour les constructeurs. Le rendement réel sur place de l'écran pare-pluie est inconnu, de même que la relation avec l'équilibrage des pressions. La Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) a reconnu la nécessité de poursuivre des recherches dans le domaine de l'ingénierie et de la technologie, relativement à ce principe. Ce projet a été lancé par la SCHL et Travaux publics et Services gouvernementaux Canada (TPSGC), pour appliquer davantage le principe à la conception des murs extérieurs et à la construction d'immeubles, tant résidentiels que commerciaux.

Le projet comprenait trois zones distinctes d'intérêt. D'abord, l'élaboration d'une méthode pour surveiller le rendement des murs actuels à écran pare-pluie, et pour se renseigner sur l'efficacité réelle ou sur place de l'équilibrage des pressions. Ces travaux étaient également complétés par une enquête en laboratoire sur l'humidification et le séchage d'une cavité pratiquée dans un écran pare-pluie intégré à un mur rideau en métal et en verre. En second lieu, on visait à élaborer un test de conformité en matière de conception et d'efficacité sur place. Le test s'appelle «méthode de stimulation de la cavité» ou MSC, se déroule sur place et n'exige pas de préparations détaillées ni d'importantes maquettes. En troisième lieu, il fallait établir des critères de rendement pour la conception d'écrans pare-pluie et des lignes directrices sur la mise en service de murs dotés de ces écrans.

Il s'agit ici du deuxième rapport sur ce projet de recherche sur le rendement des écrans pare-pluie. Ce rapport comprend des travaux en laboratoire et un essai sur place d'une nouvelle procédure d'essai d'écrans pare-pluie que l'on appelle la Méthode de stimulation de la cavité (MSC). Les travaux en laboratoire ont été entrepris dans le laboratoire de construction du Département d'ingénierie de la Queen's University. Les travaux sur place se sont réalisés dans un édifice à Montréal (Québec), soit «Le Clos St-André».

1.0 Introduction

Il y a trois types de conception pour le contrôle de la pénétration de l'eau dans les murs et fenêtres extérieurs : la méthode traditionnelle des joints mécaniques, celle des cavités drainées et enfin le principe de l'écran pare-pluie, qui est l'approche la plus courante sur le plan de l'efficacité et de la durabilité à long terme. Ce principe comprend plusieurs caractéristiques, dont les garnitures d'étanchéité et les barbacanes pour le contrôle de l'entrée directe de la pluie, les bris capillaires afin d'interrompre le drainage de l'eau de surface, les solins internes de drainage et, les trous de suintement et les évents à même les revêtements en vue de l'équilibrage des pressions. De plus, le vide mural interne doit être rendu étanche à l'air et segmenté en compartiments.

La recherche et le développement sur le principe de l'écran pare-pluie ont donné lieu à des progrès, surtout sous l'impulsion de la Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL). Par exemple, le Conseil national de recherches du Canada mène actuellement un projet de recherche de la SCHL sur l'efficacité des écrans pare-pluie. On y examine les effets de la surcharge dynamique due au vent (charges sinusoïdales à diverses fréquences) et du contrôle de la pénétration de l'eau. Un autre projet de la SCHL a récemment été achevé à l'University of Western Ontario, à London (Ontario); il porte sur l'étude des modèles d'humidification et des emplacements stratégiques des compartiments, dans les façades. En outre, on a consulté plusieurs fabricants du secteur privé ainsi que des architectes et ingénieurs, pour mieux se renseigner sur l'application et l'efficacité des murs et fenêtres à écran pare-pluie basés sur l'équilibrage des pressions.

Bien que le principe de l'écran pare-pluie soit de conception saine et que les attributs qualitatifs aient été appliqués à divers modèles de murs et de fenêtres, il existe peu de renseignements sur les aspects quantitatifs de son efficacité. Par exemple, quel niveau d'équilibrage de pression faut-il atteindre pour contrôler la pénétration de la pluie? Y a-t-il une différence de pénétration entre une pluie soutenue actionnée par le vent et des rafales de vent pendant une tempête de pluie? Combien d'eau faut-il laisser passer dans la cavité ou s'accumuler dans les matériaux de revêtement, après une tempête de pluie? Comment peut-on vérifier la conformité d'un système à écran pare-pluie sur les

plans de l'efficacité et de la construction? Le présent projet examine ces questions et d'autres.

Ce projet a été commandé par la SCHL et par Travaux publics et Services gouvernementaux Canada (TPSGC) et comprend trois volets :

1) L'élaboration et la mise à l'essai d'une méthode de contrôle du rendement sur place des murs et des fenêtres à écran pare-pluie.
2) L'élaboration d'un essai de conformité sur place, soit la Méthode de stimulation de la cavité (MSC), aux fins d'évaluation de la qualité des écrans pare-pluie du point de vue de leur construction.
3) Une méthode de mise en service aux fins de conception et de construction de murs et de fenêtres à écran pare-pluie.

Ce rapport de recherche présente les résultats du deuxième volet à l'étude, soit l'élaboration d'un essai de conformité sur place des murs et des fenêtres à écran pare-pluie. Les objectifs visés portaient sur l'identification de l'ensemble des zones présentant des fuites d'air par opposition aux fuites d'évent, aux fuites à l'emplacement des garnitures d'étanchéité des ouvrages compartimentalisés et aux fuites depuis les pare-vent. Ce rapport portait aussi sur la signature de rendement de la réaction dynamique des écrans pare-pluie. Le concept fondamental a été élaboré dans le laboratoire de construction de la Queen's University, en Ontario. Les résultats de l'exploration et de l'élaboration en laboratoire ont servi à formuler une méthode d'essai qui faisait le lien entre le rendement d'équilibrage des pressions prédites des écrans pare-pluie et les résultats d'essai de conformité sur place. C'est ainsi que cette méthode a pris le nom de Méthode de stimulation de la cavité (MSC).

Les résultats des recherches découlant des projets d'écrans pare-pluie sur place (rapport n^0 1) et du protocole de mise en service (rapport n^0 3) sont disponibles auprès de la SCHL, sous forme de rapports distincts, qui portent respectivement les titres suivants : Enquête en laboratoire et surveillance sur place des murs à écran pare-pluie à pressions équilibrées et; le mur à écran pare-pluie : un protocole de mise en service.

2.0 La méthode de stimulation de la cavité

2.1 Conformité du rendement des écrans pare-pluie

À l'heure actuelle, il n'existe aucune méthode simple d'évaluer le rendement ou la conformité d'un nouveau mur à écran pare-pluie. L'approche la plus simple demeure encombrante, coûteuse et gênante par rapport au processus de construction. Elle sous-entend la construction d'un emboîtement à attacher à la partie extérieure de la surface de revêtement à éprouver (dans certains cas, à plusieurs étages au-dessus du niveau du sol) et le montage d'une pompe à air, d'un support d'eau de pluie et d'un assortiment d'instruments. De plus, dans le cas de la recherche d'une réaction dynamique, la chambre ou l'emboîtement doit être aménagé avec un piston ou un soufflet assorti, afin de reproduire les fréquences et les amplitudes à l'intérieur des gammes de rendement à évaluer.

C'est donc pour cette raison que l'on a proposé une méthode alternative d'évaluation du rendement de ces murs. L'on croit qu'il est possible de soutirer suffisamment de renseignements sur les rendements statique et dynamique d'un mur à écran pare-pluie, en se servant tout simplement de la cavité de l'écran pare-pluie comme s'il s'agissait de la chambre d'essai. Cette cavité est alors assujettie à plusieurs mesures de débit et de pression d'air, afin d'obtenir des données fondamentales sur les fuites et sur la signature de l'écran pare-pluie. Cette signature est alors comparée aux données de contrôle en laboratoire, puis aux résultats de conformité des modèles en cause. Cette méthode s'appelle la Méthode de stimulation de la cavité ou la MSC.

Afin de déterminer la validité de cette méthode, l'on a procédé à une exploration et à une élaboration en laboratoire d'un mur rideau conventionnel en verre et en métal et un essai subséquent d'usage sur place a été entrepris sur une partie d'un mur à écran pare-pluie (mur à montants en acier et à revêtement en brique) du condominium «Le Clos St-André» à Montréal. Nous examinons premièrement l'élaboration en laboratoire de la méthode MSC, puis les résultats de l'essai d'usage sur le mur pare-pluie du projet «Le Clos St-André».

2.2 Élaboration en laboratoire de la méthode MSC

Aux fins d'élaboration de la méthode MSC, l'on s'est procuré un échantillon de mur rideau en métal et en verre auprès d'un fabricant canadien de mur rideau.

L'échantillon comprenait une fenêtre ordinaire en saillie et un mur d'allège. La conception du panneau d'allège et du pan de vitrage du mur rideau type était fondée sur l'application du principe de l'écran pare-pluie. Les travaux d'élaboration se sont poursuivis dans le laboratoire de construction de la Queen's University. Le mur rideau a fait l'objet d'un montage à la verticale, avec sa partie en allège près de l'assise et la vitre transparente au-dessus de l'allège (voir les figures 1 et 2). La construction du mur rideau comprenait des montants standard en aluminium, un élément de vitrage double et un verre d'étançon à casserole arrière en métal dans l'allège.

Les cavités de l'écran pare-pluie à panneau d'allège et à pan de vitrage comportaient des évents et des drains à l'emplacement des plaques de pression et des trous dans les bouchons emboîtables. Aux fins de la présente étude, l'on a procédé à l'enlèvement de ces bouchons afin d'offrir de plus grands trous de ventilation.

2.3 Équipement et méthodologie

L'on a aménagé le mur rideau type avec des raccords (tubes) de pression raccordés aux cavités de chaque cavité de l'écran pare-pluie. Un collier de raccordement a aussi été monté à l'emplacement de la casserole arrière, afin d'offrir une alimentation d'air à prise rapide pour la cavité de l'allège. L'espace du pan de la cavité de la fenêtre a aussi fait l'objet d'un accès rapide par l'entremise de raccords d'air comprimé à prise rapide. À leur tour, les raccords de pression ont été raccordés à des transducteurs électroniques, dont la lecture se faisait à l'aide d'un ordinateur portatif 486, doté d'une planchette de saisie de données et d'un logiciel Labtek. De plus, un regroupement de débitmètres (compteurs Roto) ont été utilisés afin de déterminer le débit d'air entrant dans les cavités ou en sortant. Les prélèvements de débits se sont faits manuellement alors que toutes les données de pression ont fait l'objet d'une lecture et d'un enregistrement électroniques.

Il a été déterminé dans une étude antérieure(1) que le rendement de l'écran pare-pluie est essentiellement contrôlé par les attributs suivants : le volume de la cavité, la grosseur des évents à même les travaux de revêtement, la superficie de fuite à l'emplacement du pare-vent et la raideur (flexibilité) des systèmes de revêtement et de pare-vent.

(1) *Morrison Hershfield Ltd., «A Study of the Rainscreen Concept Applied to Cladding Systems on Wood Frame Walls», le 3 août 1990, 43 p., figures; impression et distribution relevant de la Société canadienne d'hypothèques et de logement, à Ottawa.*

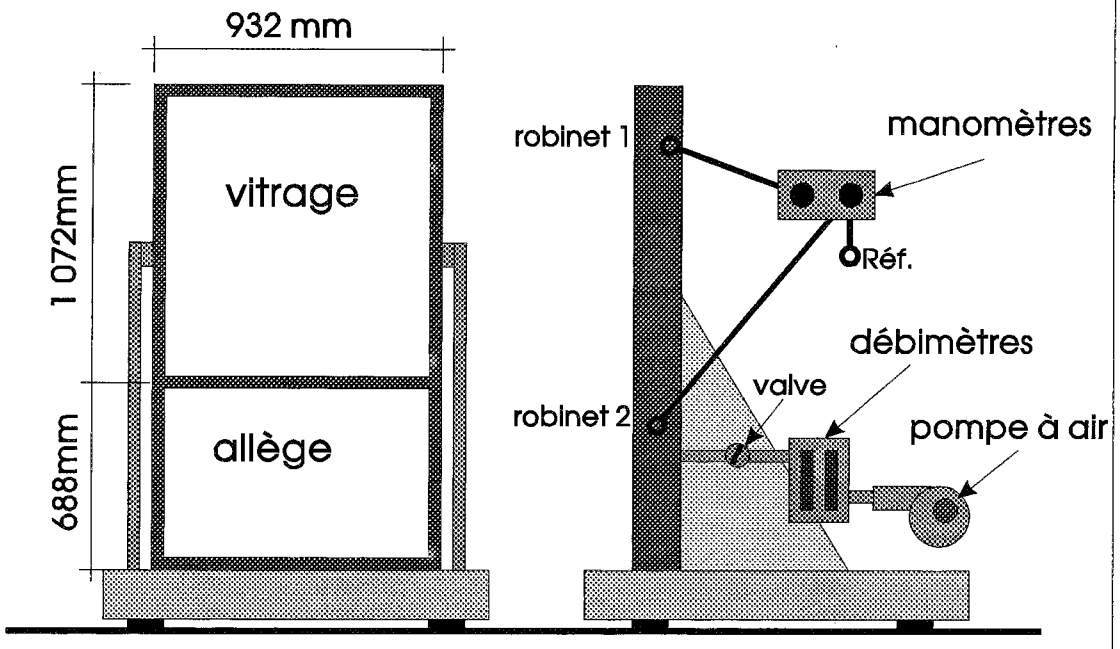


Figure 1
Installation d'essai (mur rideau en métal et en verre)

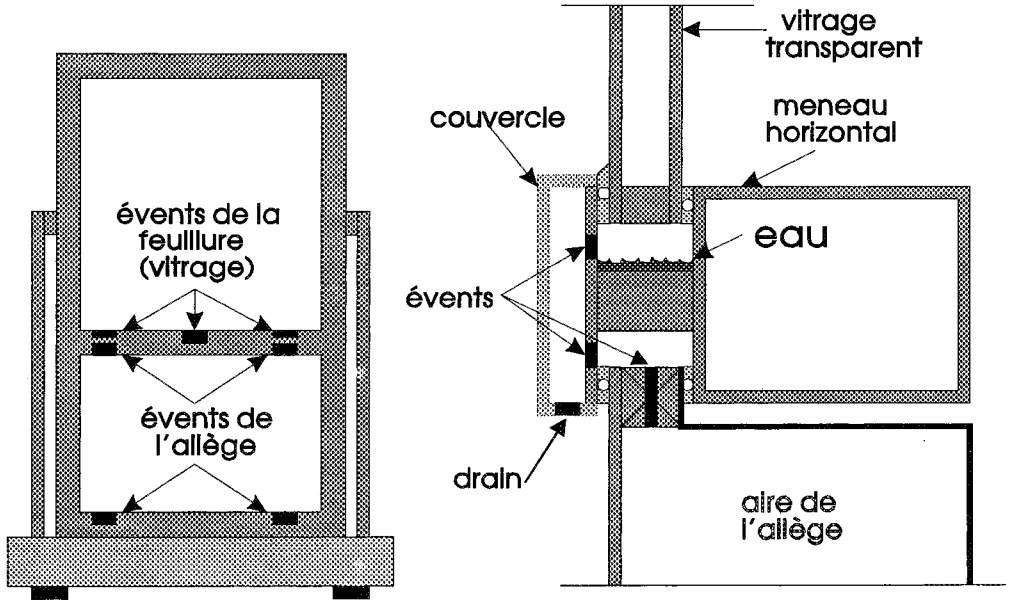


Figure 2
Ventilation et détails

L'élaboration du concept de la méthode de stimulation de la cavité (MSC) est fondé sur le fait que la cavité proprement dite de l'écran pare-pluie peut constituer la chambre d'air et que plusieurs des attributs de l'écran pare-pluie pourraient être déterminés en mesurant la pression et les débits d'air. De plus, l'on a sous-entendu qu'une partie de l'essai permettrait d'établir la signature de l'écran pare-pluie, tout comme un essai d'affaissement du béton permettrait d'établir une signature de la résistance définitive à la compression. La procédure MSC a été entreprise à l'emplacement de la cavité de l'allège du système d'écran pare-pluie, puis à l'emplacement de l'espace du pan de vitrage, soit tout autour du verre. La méthode comportait quatre étapes :

1) La cavité de l'allège a progressivement été assujettie à une pression positive, via des différences de pression variées, et les débits d'air ont fait l'objet d'un enregistrement et d'un traçage. L'essai s'est poursuivi alors que les évents étaient ouverts et aussi lorsqu'ils étaient imperméabilisés.

2) Une fois les évents imperméabilisés et la pression à l'intérieur de la cavité rendue à sa plus haute valeur, l'on a rapidement coupé l'alimentation d'air, afin d'enregistrer et de tracer la diminution de la pression dans la cavité.

3) La pression à l'intérieur de la cavité a alors été inversée (pression négative) et les procédures 1 et 2 ont été répétées.

4) Au cours de l'application de pression la plus élevée et avant la déconnexion de la pompe à air, l'on a mesuré les déflexions à l'emplacement du pan de verre et de la casserole arrière en métal.

Les mesures résultantes ont été converties sous forme graphique et reproduites à l'annexe 'A'.

Les données observées et obtenues de la première partie de cette étude ont été utilisées afin de valider les parties de calcul de la méthode. En mesurant les débits et les pressions des évents à l'état ouvert et à l'état imperméabilisé, les superficies des évents ont été calculées afin de les comparer aux superficies nominales et de façon à obtenir la superficie totale de fuite des pièces composantes entourant la cavité de l'allège. Veuillez trouver ci-après l'analyse des données et les calculs pertinents.

2.4 Évents et superficies des fuites d'air

Dans les représentations graphiques PF1 et PF2 de l'annexe 'A', les superficies

d'évent (encoches) étaient ouvertes et les caractéristiques de débit et de pression de la cavité de l'allège ont été mesurées de deux façons : premièrement, en appliquant de la pression à l'emplacement de la cavité et deuxièmement, en soumettant la cavité à une dépressurisation. Dans les deux cas, les données observées ont été analysées afin de déterminer la meilleure courbe de réglage. En se servant des résultats de la courbe de réglage, le débit mesuré à 75 Pa signalait une fuite de $7{,}15 \times 10^{-3}$ m^3/s dans le cas du PF1 et de $6{,}97 \times 10^{-3}$ m^3/s dans le cas du PF2. La moyenne des deux correspondait donc à $7{,}06 \times 10^{-3}$ m^3/s.

Pour ce qui est des représentations graphiques PF3 et PF4 de l'annexe 'A', les évents intentionnels (encoches) étaient fermés et le système a fait l'objet d'un nouvel essai afin d'établir les caractéristiques de débit et de pression. En se fondant sur la valeur de 75 Pa, les taux de fuite indiqués correspondaient respectivement à $3{,}28 \times 10^{-3}$ m^3/s dans le cas du PF3 et à $3{,}16 \times 10^{-3}$ m^3/s dans le cas du PF4. La moyenne des deux débits correspond donc à $3{,}22 \times 10^{-3}$ m^3/s. Les résultats de deux de ces tracés sont reproduits à la figure 3 qui suit.

En se servant des résultats susmentionnés et de l'équation de débit standard, la superficie efficace d'évent a été déterminée et comparée à la superficie nominale d'évent (superficie mesurée des encoches);

$$Va = Q / [0{,}61 \times (2 \times \Delta P/\rho)^n]$$

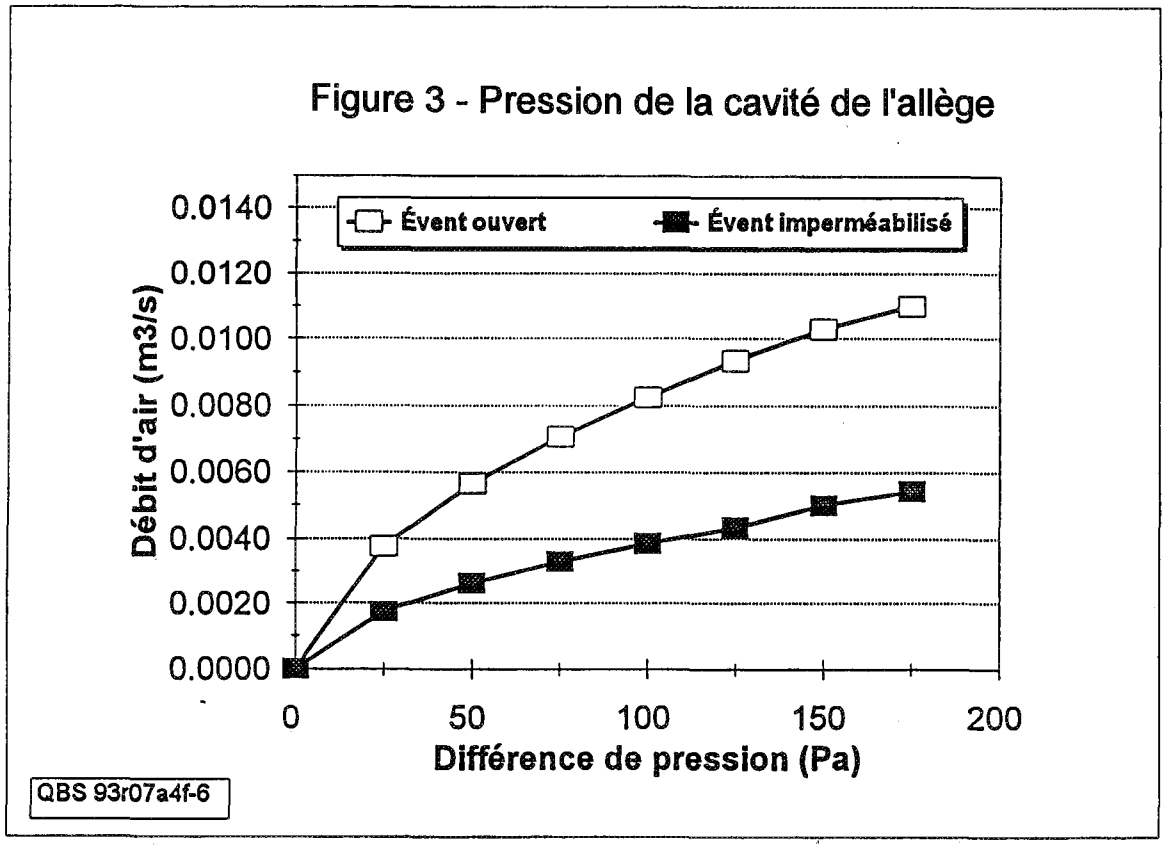
où Va correspond à la superficie d'évent (m^2)
Q correspond au débit d'air (m^3/s)
ΔP correspond à la différence de pression (Pa)
ρ correspond à la densité de l'air (1,12 kg/m^3)
0,61 constitue une constante
n est un exposant de la courbe réglée

Dans le cas de la cavité de l'allège comprenant des évents imperméabilisés, la superficie calculée de fuite accessoire («Ea») correspond à :

$$Ea = 3{,}22 \times 10^{-3} /[0{,}61(2 \times 75/1{,}12)^{0{,}57}]$$
$$= 0{,}000320 \ m^2$$

Dans le cas de la cavité de l'allège comprenant des évents ouverts, la superficie d'évent calculée, plus la superficie de fuite accessoire («Ta») correspondent à :

$$Ta = 7{,}06 \times 10^{-3} /[0{,}61(2 \times 75/1{,}12)^{0{,}54}]$$
$$= 0{,}000822 \ m^2$$



C'est en soustrayant la superficie de fuite d'évent imperméabilisé (Ea) de la cavité de l'allège de la superficie totale de fuite (Ta) qu'il est possible d'obtenir la superficie d'évent calculée (Va);

$$
\begin{aligned}
Va &= Ta - Ea \\
&= 0{,}000822 - 0{,}000320 \\
&= 0{,}00050\ m^2
\end{aligned}
$$

Les trous d'évent pour la cavité de l'allège comprennent 4 encoches, soit 2 au bas et 2 au haut. Les encoches du bas mesuraient 6,35 mm de hauteur sur 25,4 mm et les encoches du haut, 6,35 mm de hauteur sur 34,9 mm. Les trous sont aussi arrondis à chaque extrémité. La superficie totale d'évent calculée correspondait à 0,00077 m^2. En comparant la superficie d'évent calculée à la superficie d'encoche mesurée, l'on obtient une différence de (0,000777 - 0,00050 = 0,00027 m^2). La différence entre les deux superficies d'évent est considérable et même si l'on croit que les prélèvements de mesure de superficie nominaux étaient corrects, ils ne tiennent pas compte de la résistance réelle du débit. Le sentier de fuite d'air présente actuellement des obstructions derrière les encoches d'évent, soit une barre d'espacement ressemblant à un tube. Par conséquent, il s'agit de la superficie d'évent calculée qui est correcte aux fins de rendement et non la superficie nominale d'évent. La superficie réelle d'évent correspond donc à 0,00050 m^2. Cette conclusion est aussi soutenue par les

résultats des essais dynamiques qui sont expliqués plus loin.

Il faut donc noter que les prélèvements de mesure de débit et de pression offrent une méthode simple de calcul de la superficie totale de fuite de la cavité de l'écran pare-pluie et de la superficie réelle d'évent. Il faudra toutefois trouver une méthode permettant de faire une distinction entre la superficie des évents, les garnitures d'étanchéité des compartiments et la superficie de fuite du pare-vent. Ce sujet est abordé dans les essais sur place MSC du projet «Le Clos St-André».

2.5 Une signature d'écran pare-pluie

L'on croit que chaque cavité d'écran pare-pluie est à signature distincte si elle est assujettie à un essai de diminution de la pression. Si le volume de la cavité de l'écran pare-pluie est connu ou s'il s'avère facile à déterminer à l'aide des dessins et des prélèvements de mesures sur place et si la superficie d'évent et les superficies de fuite d'air ont été déterminées, il est possible de montrer que la cavité de l'écran pare-pluie présentera un taux de diminution de pression qui s'avère unique par rapport aux attributs particuliers des écrans pare-pluie. Ces attributs comprennent le volume de la cavité, les superficies de fuite d'air des évents, des compartiments et des pare-vent et les conditions de flexibilité du pare-vent et du revêtement. Ce taux de diminution peut alors être utilisé afin de déterminer la conformité des attributs de l'écran pare-pluie sur place par rapport aux exigences de rendement établies.

La diminution de la pression de n'importe quel volume constitue une fonction exponentielle. Les exposants et coefficients correspondants d'une courbe d'altération exponentielle se déterminent facilement par analyse. Par ailleurs, avant d'analyser les résultats d'une courbe de diminution exponentielle d'une cavité d'un écran pare-pluie, il s'avère important de comprendre quelques points fondamentaux qui se rapportent aux volumes des cavités et à leur comportement lorsque le tout est assujetti à une augmentation de pression ou à une dépressurisation.

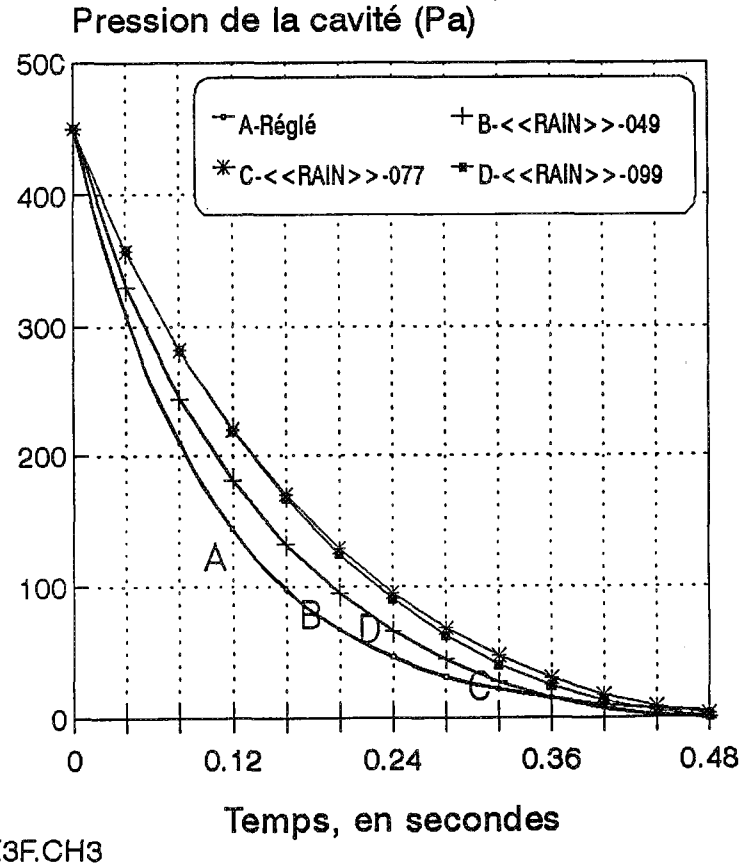
Dans le cas d'un volume fixe (cavité rigide), où les superficies des évents sont connues, la diminution de la pression se fera de façon beaucoup plus rapide que s'il s'agissait d'une cavité à superficie d'évent et à volume nominal identiques, mais présentant un revêtement flexible et un pare-vent flexible. La raison expliquant ce phénomène est que la diminution d'un volume d'une cavité sous pression à pièces composantes flexibles (non rigides) prendra plus de temps à se manifester du fait qu'il faut que cette cavité décharge un volume correspondant d'air plus grand que dans le cas d'un volume rigide présentant

les mêmes superficies de fuite d'air.

De plus, si la raideur du revêtement est différente de celle du pare-vent, il se manifestera une différence correspondante au niveau du rendement dynamique de la cavité de l'écran pare-pluie lorsque le tout est assujetti à une charge de pression comme du vent qui souffle contre la façade. Dans le cas d'un écran pare-pluie doté d'un revêtement rigide et d'un pare-vent flexible, le volume de la cavité atteindra lentement son équilibre de pression si l'on compare le tout à un écran pare-pluie doté d'un revêtement flexible et d'un pare-vent rigide. Par ailleurs, la courbe de diminution peut être la même dans les deux cas; pour cette raison, la raideur du revêtement et des pare-vent doit faire l'objet de calculs distincts.

Dans le cas de la maquette expérimentale du mur rideau à écran pare-pluie de la Queen's University, la superficie de l'allège et l'espace du pan de la superficie de vitrage ont été assujettis à une pression, jusqu'à concurrence d'un niveau donné; par la suite, l'on a laissé les ensembles s'altérer et diminuer

Figure 4 - Diminution de la pression de la cavité de l'allège



QBS CAVITE3F.CH3

en les exposant aux conditions atmosphériques. Les conditions de diminution des pressions ont été enregistrées et tracées (graphiques Pd-1 à Pd5 de l'annexe A). Alors que le tout était sous pression, les déflexions du verre de l'allège et de la casserole arrière en métal ont aussi été mesurées. Pour chaque essai de diminution, les données ont été analysées afin de déterminer la meilleure courbe de réglage et la fonction exponentielle correspondante.

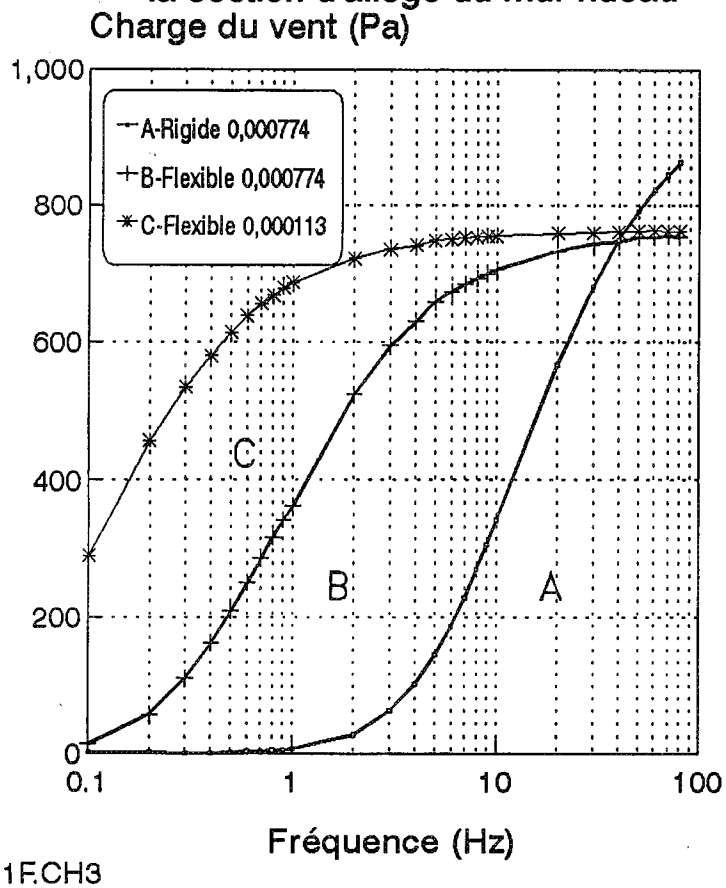
À la figure 4 ci-haut, le taux de diminution observé de la cavité de l'allège de l'essai Pd-3 a fait l'objet du traçage de la courbe A. Les 3 autres courbes ont été obtenues en établissant des modèles de rendement de cavité et en se servant de différentes valeurs pour les superficies d'évent et la raideur des pièces composantes. À remarquer que la courbe B est celle qui se rapproche le plus de la courbe A. Cette courbe B a été obtenue en établissant un modèle de diminution de la cavité de l'allège, en utilisant la superficie efficace d'évent déterminée au préalable et en se servant des déflexions mesurées du verre et de la casserole arrière en métal. Le graphique montre aussi deux autres courbes, soit les courbes C et D, afin de démontrer l'aspect unique de cette courbe de diminution. Ces courbes ont aussi été obtenues en établissant un modèle de diminution de la cavité de l'allège, mais en utilisant des superficies d'évent et des caractéristiques de flexibilité quelque peu différentes. Dans les courbes C et D, les superficies d'évent ont respectivement été établies à 0,00077 m^2 et à 0,00099 m^2. Pour chaque condition de superficie d'évent, la flexibilité du verre de l'allège et de la casserole arrière en métal a été modifiée afin d'obtenir un rapport aussi près que possible de la courbe A, qui correspond au rendement mesuré. Les données utilisées pour l'établissement du modèle de la cavité d'écran pare-pluie pour la courbe B offraient le rapprochement le plus près du rendement mesuré de la courbe A. Ceci signifie que le programme d'établissement de modèle «Rain» peut être utilisé afin de prédire sur le champ les caractéristiques de diminution de pression d'un système à écran pare-pluie.

2.6 Courbe («S») de réaction aux fréquences

À l'aide des renseignements obtenus qui précèdent, il est possible d'obtenir par dérivation la caractéristique d'équilibrage de pression dynamique (réponse aux fréquences) de la cavité de l'allège. Cette représentation a été nommée la courbe d'écran de pare-pluie «S». C'est en incorporant les données mesurées de l'allège d'écran pare-pluie du mur rideau dans le programme informatisé «Rain V2.0» (qui sera disponible sous peu auprès de la SCHL) et en simulant le rendement d'équilibrage de pression de 0,1 Hz à 50 Hz qu'il a été possible d'obtenir et de tracer le rendement d'équilibrage de pression du revêtement. Les données d'entrée comprenaient le volume de la cavité, la superficie d'évent, la superficie de fuite et la flexibilité mesurée du verre d'allège et de la casserole

en métal. Le rendement d'équilibrage de pression de l'écran pare-pluie du mur rideau a alors été simulé en le soumettant à trois conditions, soit à un volume rigide (aucune flexibilité), à un volume flexible alors que les bouchons emboîtables étaient enlevés et enfin, à un volume flexible alors que les bouchons emboîtables étaient à l'état monté.

Figure 5 - Rendement d'équilibrage de pression de la section d'allège du mur rideau



QBS PRESEQ1F.CH3

À la figure susmentionnée 5, l'axe vertical représente la différence de pression d'air à l'emplacement du revêtement alors que l'axe horizontal représente la fréquence des rafales de vent. Prendre note des résultats lorsque la valeur de la fréquence correspond à 2 Hz. Il s'agit ici de la fréquence à partir de laquelle le programme RAIN V1.0 projette le rendement d'équilibrage de pression.

Le rendement dynamique projeté pour les trois conditions susmentionnées varie grandement. Même si le cas du volume rigide semble offrir un équilibre de pression par rapport à un coefficient de 5 p. 100 ou moins, en fonction d'une

fréquence de 2 Hz, les deux autres conditions indiquent que le rendement d'équilibrage de pression diminue rapidement. Dans le cas du volume de cavité flexible ayant une superficie d'évent de 0,00077 m^2, le revêtement devient assujetti à une charge de 55 p. 100 et dans le cas où la superficie d'évent se limite aux petits trous dans les bouchons emboîtables, ce qui donne une superficie de 0,000113 m^2, le revêtement devient assujetti à une charge de 75 p. 100. La grosseur des évents et les caractéristiques de raideur du revêtement et de la casserole arrière affectent définitivement et grandement le rendement d'équilibrage de pression dynamique.

En se servant des résultats de l'essai de diminution MSC, il a été démontré que les attributs dynamiques d'un mur rideau peuvent être déterminés en laboratoire ou sur le champ, aux fins de comparaison avec les calculs originaux sur les écrans pare-pluie. Par ailleurs, cette méthode demande beaucoup de connaissances sur les propriétés structurales des matériaux et des systèmes qui composent le mur extérieur et sur les concepts fondamentaux des travaux d'ossature.

3.0 Épreuve sur place de la Méthode de stimulation de la cavité (MSC)

La procédure d'essai MSC a été entreprise sur place, à l'emplacement d'un mur à écran pare-pluie d'un nouvel édifice en copropriété, soit Le Clos St-André, à Montréal (Québec). Le Clos St-André est un édifice de 8 étages, construit à partir d'une ossature en béton et d'un mur d'extérieur de remplissage à écran pare-pluie, ce mur étant constitué de montants en métal et d'un placage en brique. Le Clos St-André est aussi l'un des gagnants du défi IDÉES, un concours de la SCHL visant à promouvoir la conception et la construction d'ouvrages techniques innovateurs dans le domaine d'immeubles grande hauteur.

Le mur d'essai à écran pare-pluie comprenait une superficie sur un étage de hauteur, à même le mur de l'est, le long du septième étage (voir l'annexe B). Cette section ou ce pan de mur était divisé en compartiments à l'horizontale le long du plancher et du plafond et à la verticale, avec deux garnitures d'étanchéité dans la tôle, avec une distance d'environ 1,5 mètre (5 pieds) entre les deux. Le mur d'extérieur se composait comme suit : 50 mm (2") d'isolant en fibre minérale, du gypse d'extérieur dont tous les joints étaient tirés avec une membrane élastrométrique (pare-vent), des montants en acier de 150 mm (6"), avec de l'isolant dans les creux, un coupe-vapeur constitué d'un feuillard en polyéthylène et enfin, un fini d'intérieur en gypse. Le montage de l'isolant dans les creux des montants, du feuillard en polyéthylène et du gypse de finition ne s'est pas fait en même temps que les essais.

Les essais MSC ont été entrepris le 4 janvier 1996, à l'aide d'un ventilateur de conduit à régime de 1 000 pi^3/minute et à capacité de mesurage du débit, un registre intégré à fermeture positive, un conduit flexible de 8", un collier de 8", de l'équipement de contrôle de température et d'humidité «ACR», un oscilloscope à mémoire informatisée et un générateur de fumée.

Les capteurs et l'équipement d'application de pression à ventilateur assorti ont été attachés aux murs en pratiquant un trou de 8" dans la partie arrière du pare-vent en gypse, en montant les capteurs de température et d'humidité de cavité derrière la brique et en raccordant un collier et le conduit flexible. Le système a fait l'objet d'une vérification d'usage des fuites et le fonctionnement de chacun

des dispositifs de mesurage a aussi été vérifié.

La température d'intérieur a été mesurée à 15 °C alors que la température d'extérieur était à -16 °C. L'humidité relative d'intérieur a été mesurée et établie à une valeur inférieure à 20 p. 100. De plus, la température de la cavité entre la brique et l'isolant a été établie à -8 °C, compte tenu des conditions ambiantes. L'on a aussi remarqué que le mur d'extérieur était assujetti à une faible pression d'effet cheminée de 10 à 12 Pa à l'emplacement du pare-vent.

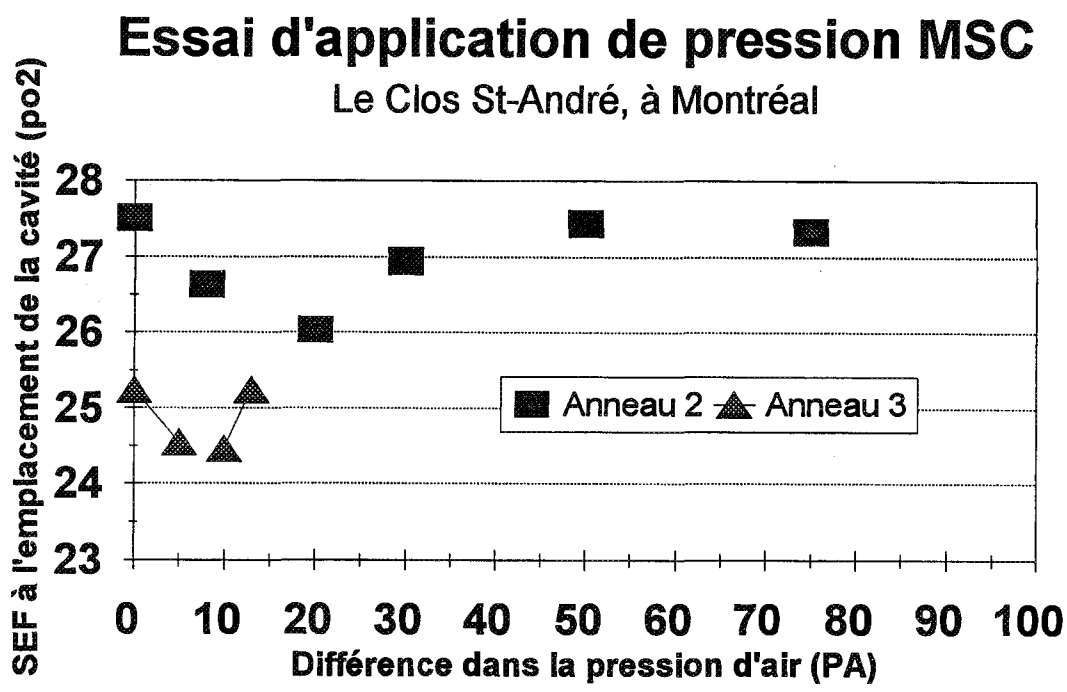
3.1 Méthodologie

Les essais initiaux comprenaient l'application de différents niveaux de pression dans la cavité et le mesurage des débits correspondants. Le mesurage comme tel s'est fait de façon répétée, en se servant d'adaptateurs d'équipement de ventilateur pour soumettre l'ensemble à 3 gammes distinctes de pression. Au cours d'un des essais, l'on s'est servi du générateur de fumée pour injecter de la fumée dans la cavité de l'écran pare-pluie, afin de permettre aux observateurs d'inscrire l'emplacement des fuites de fumée. Dans le cas de l'essai de diminution, l'on augmenta la pression à l'intérieur de la cavité à 100 Pa et l'on laissa le tout se stabiliser. Puis, l'on coupa rapidement la pression du ventilateur à l'aide du registre de contrôle, ce qui permit d'observer et d'enregistrer la diminution de la pression dans la cavité à l'aide d'un oscilloscope. L'on répéta la même série d'essais alors que le fonctionnement du ventilateur était assujetti au mode de dépressurisation et que tout essai de fumée était annulé. Au cours des essais de dépressurisation, l'on enregistra aussi les débits, les différences de pression et les changements de température et d'humidité à l'intérieur de la cavité.

L'objectif visé par rapport à l'enregistrement de la température et de l'humidité à l'intérieur de la cavité de l'écran pare-pluie au cours de l'essai de dépressurisation était d'obtenir des renseignements psychométriques sur le mélange de l'air d'extérieur, de l'air de la cavité et de l'air d'intérieur. Puisqu'il s'avère impossible d'obtenir directement les superficies de fuite individuelles des évents, des compartiments et du pare-vent à partir d'un simple essai de pression, nous avons sous-entendu que l'écart de température, la différence d'humidité, la pression du vent et l'effet cheminée à l'emplacement du mur d'extérieur pourraient être utilisés comme s'il s'agissait des deuxièmes et même des troisièmes variables à utiliser pour résoudre le problème. Au cours de l'essai sur place MSC du «Clos St-André», il y avait une différence importante de température et une faible pression d'effet cheminée à même la partie supérieure de l'édifice. Ces deux conditions ont été utilisées dans l'analyse définitive.

3.2 Analyses et résultats

Les résultats des essais d'application de pression ont été analysés et transformés pour qu'ils correspondent aux superficies équivalentes de fuite (SEF) et tracés en fonction de la différence de pression d'air (figure 6). L'on a constaté que la superficie totale de fuite du revêtement, des compartiments et du pare-vent présentait une moyenne de 0,017 m^2, soit environ 26 po^2. La superficie totale des trous d'évent et de suintement a été établie à 0,0039 m^2 (5,9 po^2), compte tenu que la cavité comprenait 4 trous standard d'évent et de suintement. Il restait donc une valeur de 0,0125 m^2 (19 po^2), à répartir entre les garnitures d'étanchéité de compartiments et le pare-vent. C'est en analysant les résultats des caractéristiques de débit d'air et de pression de la cavité assujettie à une faible pression d'effet cheminée et les résultats des analyses psychométriques qu'il a été possible de répartir cette valeur.



QBS
93r07a1f-2

Figure 6

Puisque la superficie de fuite de la cavité doit correspondre à une constante, le changement dans la superficie de fuite par une valeur de 0,00049 m^2 (0,75 po^2) au début de l'essai de pression (figure 6) a été attribué à l'effet neutralisant de la

pression du ventilateur contre l'effet cheminée. Puisque la pression a l'intérieur de la cavité a augmenté jusqu'à une valeur équivalent à la pression d'intérieur, ce qui neutralise tout effet de fuite depuis l'intérieur de l'édifice jusqu'à la cavité, il a été possible de retrouver la superficie de fuite du pare-vent. Cette différence a aussi été confirmée par les analyses psychométriques des conditions d'équilibre des températures d'air à l'intérieur de la cavité.

En se fondant sur cette analyse et sur les observations de l'essai de fumée, nous croyons que le plan du pare-vent dans la cavité de la superficie de l'écran pare-pluie ne manifeste pas plus de 0,00049 m^2 (0,75 po^2) de superficie de fuite, ce qui peut correspondre à 1,1 cm^2 par m^2 de mur. La superficie d'évent et de suintement présentait 4 ouvertures, totalisant une superficie de 0,0039 m^2 (5,9 po^2). La superficie résultante de fuite, soit 0,0125 m^2 (19 po^2) a été attribuée aux fuites d'étanchéité de compartiment à l'emplacement des joints de dilatation dans la brique. Il a aussi été remarqué que la grande superficie de l'ouverture dans les garnitures d'étanchéité de compartiment constitue la principale raison pour laquelle la température dans la cavité n'a jamais atteint les conditions d'extérieur au cours du processus de dépressurisation. La pression d'aspiration tirait essentiellement son air des cavités attenantes, à -8°C. Cette hypothèse a aussi été confirmée par l'essai de fumée, du fait qu'il a été possible de voir de la fumée sortir de toutes les zones adjacentes à la zone de compartiment.

Pour faire suite à l'analyse finale du mur à écran pare-pluie du Clos St-André, il a été établi que le mur présenterait un équilibre de pression satisfaisant, en autant que les conditions de pression du vent d'extérieur soient uniformes. De façon plus spécifique, l'équilibrage de la pression statique devrait assurer le transfert de 92 p. 100 de la charge du vent au pare-vent et de 8 p. 100 au revêtement. Si les conditions de pression sont à caractère dynamique (rafales) et alors que la fréquence est réglée à 2 Hz, la charge de vent devrait assurer le transfert de 85 p. 100 de la charge au pare-vent et de 15 p. 100 au revêtement. Si les pressions du vent entraînent la manifestation d'un gradient à valeur élevée, l'équilibrage de la pression du revêtement devrait diminuer de façon significative par suite des fuites à l'emplacement des garnitures d'étanchéité des compartiments.

Les essais MSC sur place se sont réalisés en une journée. Ils n'ont nécessité aucun préparatif majeur à l'emplacement de l'édifice et ils ont fourni tous les renseignements qui s'avèrent essentiels pour déterminer le rendement d'équilibrage de pression des murs à écran pare-pluie.

L'application de la Méthode de stimulation de la cavité (MSC) se fait mieux par

temps chaud ou par temps froid, lorsqu'il est possible d'utiliser les propriétés psychométriques de l'air et de profiter de l'effet cheminée et possiblement, des pressions du vent. Aussi étrange que cela puisse paraître, la méthode MSC assure la plus grande production de données par temps défavorable.

4.0 Conclusions et recommandations

La méthode MSC a été élaborée et appliquée à partir d'un système de mur rideau à écran pare-pluie en laboratoire et d'un mur à écran pare-pluie et à placage en brique sur un édifice de Montréal. Il a été établi que les mesures de débit et d'application de pression de l'air à l'intérieur et à l'extérieur de la cavité d'écran pare-pluie constituaient des renseignements adéquats pour déterminer les superficies totales de fuite à partir des évents, des compartiments et du pare-vent. L'application de la méthode MSC sur le chantier s'est fait en moins d'un jour.

Il a aussi été établi que l'essai de diminution dynamique de la méthode MSC offrait une signature unique dans le cas d'un mur à écran pare-pluie, mais que d'autres travaux étaient requis pour mieux comprendre les effets de la flexibilité du revêtement et du pare-vent et de façon à établir un meilleur rapport entre l'essai de diminution de la pression et le rendement de la courbe 'S'.

Les conditions sur place de la température, de l'humidité et des pressions d'air par rapport à d'autres sources comme l'effet cheminée et le vent ont fourni suffisamment de renseignements pour déterminer les superficies individuelles de fuite des évents, des garnitures d'étanchéité de compartiment et du système pare-vent.

La méthode MSC est viable et s'annonce bien. Il s'agit d'une analyse à plusieurs variables, mais d'application facile sur le champ. Le programme informatisé Rain II fournit aux chargés de la conception les caractéristiques de la méthode MSC qui permettent d'établir une conformité sur place. Nous recommandons toutefois d'entreprendre les recherches additionnelles ci-après, afin d'améliorer la fiabilité de cette méthode :

1) Les critères de rendement de l'équilibrage des pressions statique et dynamique par rapport à un rendement acceptable des écrans pare-pluie devraient faire l'objet de recherches plus poussées.
2) Il faudrait comparer davantage les résultats des méthodes d'essai standard à ceux de la méthode MSC.

3) L'analyse dynamique nécessite l'élaboration d'une méthode d'évaluation sur place de la déflexion des matériaux et des ensembles.

Quirouette Building Specialists Ltd.

Rick Quirouette, B. Arch.

Annexe
«A»

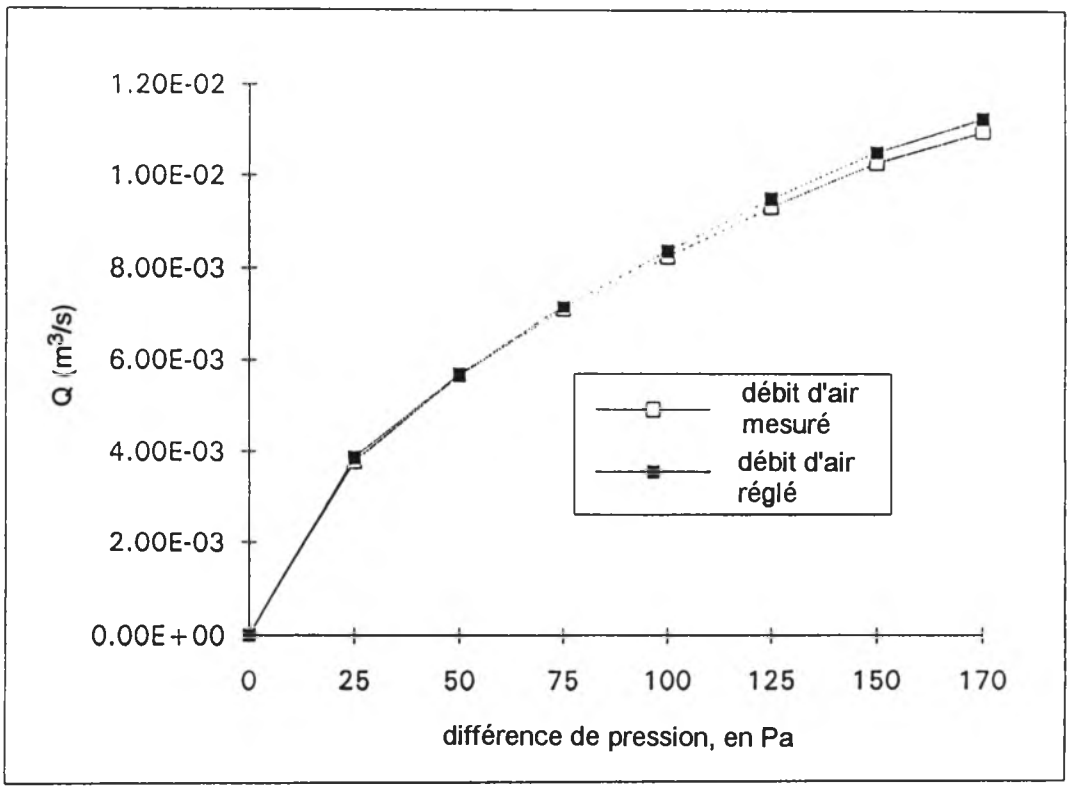
Essais en laboratoire,
Queen's University

GRAPHIQUE PF-1
RAPPORT DÉBIT-PRESSION DANS LA CAVITÉ DE L'ALLÈGE

Sommaire des conditions du test	
Direction du déplacement de l'air à travers la source branchée	à l'intérieur de la cavité
Joint périmétrique de la partie transparente	1,00
Bouchons emboîtables à l'extérieur	Fermés
Ouvertures des plaques de pression	
Aire	0,000774 m^2
Situation	Ouvertes

Notes au sujet du joint périmétrique de la partie transparente :
1. plaques de pression installées sur un boudin de silicone;
2. côté extérieur des plaques de pression scellé au côté extérieur du mur de meneau.

	Sommaire des	**résultats du test**	
P mesuré, en Pa	Débit mesuré, en m^3/s	Débit réglé, en m^3/s	
0	0,00E + 00	0,00E + 00	
25	3,78E-03	3,86E-03	Équation de la courbe réglée :
50	5,66E-03	5,70E-03	
75	7,08E-03	7,15E-03	$Q = 6{,}37E\text{-}04P^{0{,}56}$
100	8,26E-03	8,40E-03	
125	9,35E-03	9,52E-03	
150	1,03E-02	1,05E-02	
170	1,10E-02	1,13E-02	

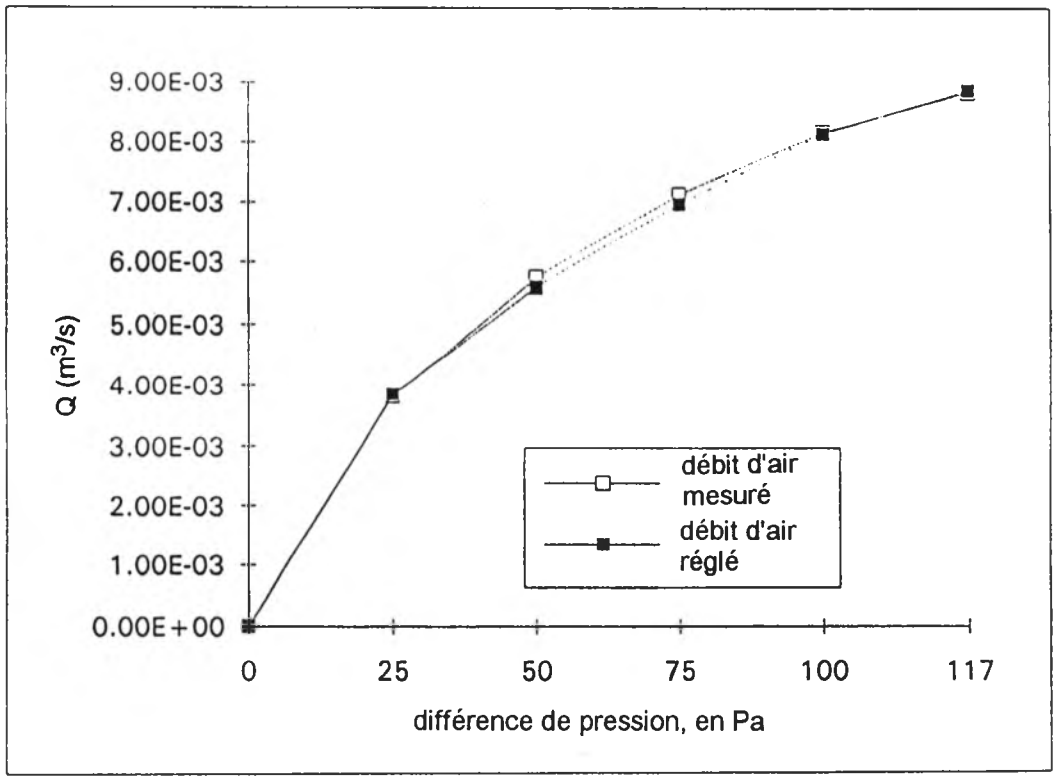


GRAPHIQUE PF-2
RAPPORT DÉBIT-PRESSION DANS LA CAVITÉ DE L'ALLÈGE

Sommaire des conditions du test	
Direction du déplacement de l'air à travers la source branchée	à l'extérieur de la cavité
Joint périmétrique de la partie transparente	1,00
Bouchons emboîtables à l'extérieur	Fermés
Ouvertures des plaques de pression	
Aire	0,000774 m^2
Situation	Ouvertes

Notes au sujet du joint périmétrique de la partie transparente :
1. plaques de pression installées sur un boudin de silicone;
2. côté extérieur des plaques de pression scellé au côté extérieur du mur de meneau.

Sommaire des résultats du test			
P mesuré, en Pa	Débit mesuré, en m^3/s	Débit réglé, en m^3/s	
0	0,00E + 00	0,00E + 00	Équation de la courbe réglée :
25	3,82E-03	3,85E-03	
50	5,76E-03	5,60E-03	
75	7,13E-03	6,97E-03	$Q = 6{,}77E\text{-}04\ P^{0{,}54}$
100	8,17E-03	8,14E-03	
117	8,83E-03	8,86E-03	

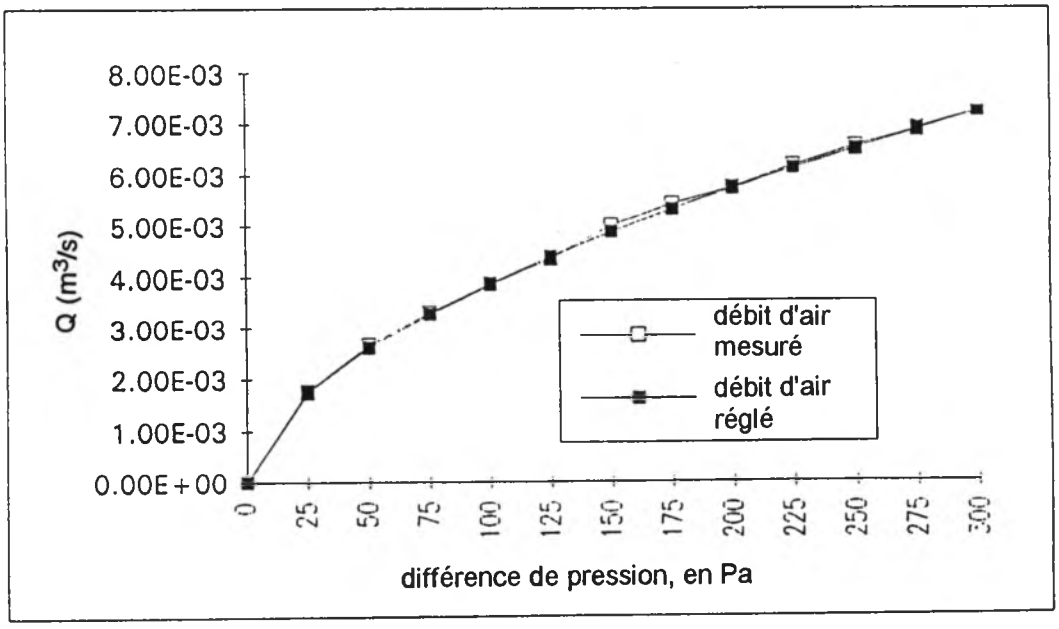


GRAPHIQUE PF-3
RAPPORT DÉBIT-PRESSION DANS LA CAVITÉ DE L'ALLÈGE

Sommaire des conditions du test	
Direction du déplacement de l'air à travers la source branchée	à l'intérieur de la cavité
Joint périmétrique de la partie transparente	1,00
Bouchons emboîtables à l'extérieur	Fermés
Ouvertures des plaques de pression	
Aire	0,000774 m^2
Situation	Fermées

Notes au sujet du joint périmétrique de la partie transparente :
1. plaques de pression installées sur un boudin de silicone;
2. côté extérieur des plaques de pression scellé au côté extérieur du mur de meneau.

Sommaire des résultats du test			
P mesuré, en Pa	Débit mesuré, en m^3/s	Débit réglé, en m^3/s	
0	0,00E + 00	0,00E + 00	
25	1,75E-03	1,75E-03	
50	2,64E-03	2,60E-03	
75	3,30E-03	3,28E-03	Équation de la courbe réglée:
100	3,87E-03	3,87E-03	
125	4,34E-03	4,39E-03	$Q = 2{,}80E\text{-}04\ P^{0,57}$
150	5,00E-03	4,87E-03	
175	5,43E-03	5,32E-03	
200	5,76E-03	5,74E-03	
225	6,18E-03	6,14E-03	
250	6,56E-03	6,52E-03	
275	6,89E-03	6,88E-03	
300	7,22E-03	7,23E-03	

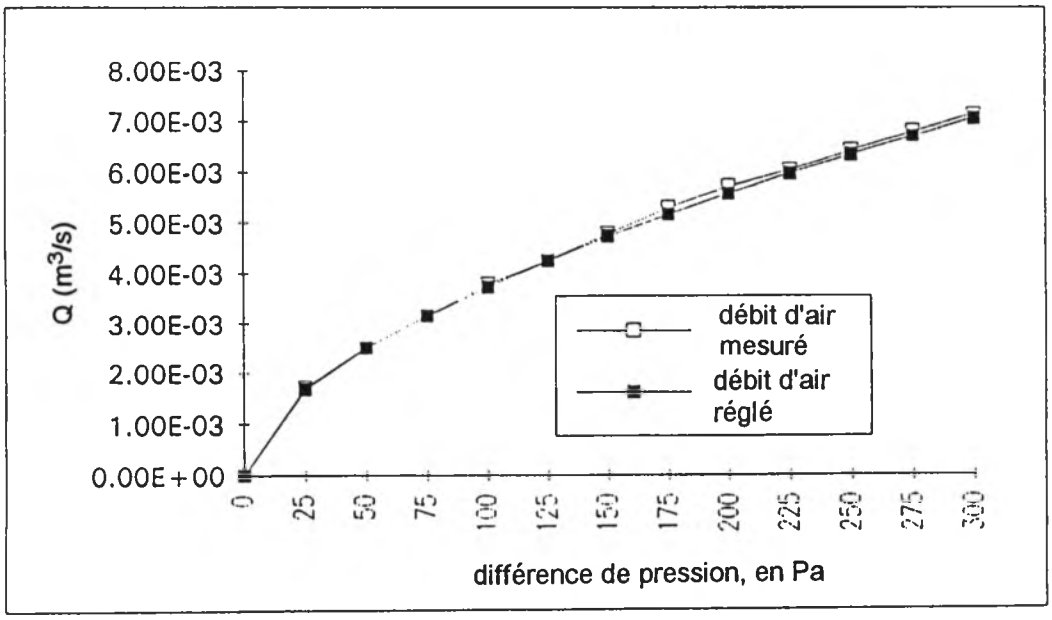


GRAPHIQUE PF-4
RAPPORT DÉBIT-PRESSION DANS LA CAVITÉ DE L'ALLÈGE

Sommaire des conditions du test	
Direction du déplacement de l'air à travers la source branchée	à l'extérieur de la cavité
Joint périmétrique de la partie transparente	1,00
Bouchons emboîtables à l'extérieur	Fermés
Ouvertures des plaques de pression	
Aire	0,000774 m^2
Situation	Fermées

Notes au sujet du joint périmétrique de la partie transparente :
1. plaques de pression installées sur un boudin de silicone;
2. côté extérieur des plaques de pression scellé au côté extérieur du mur de meneau.

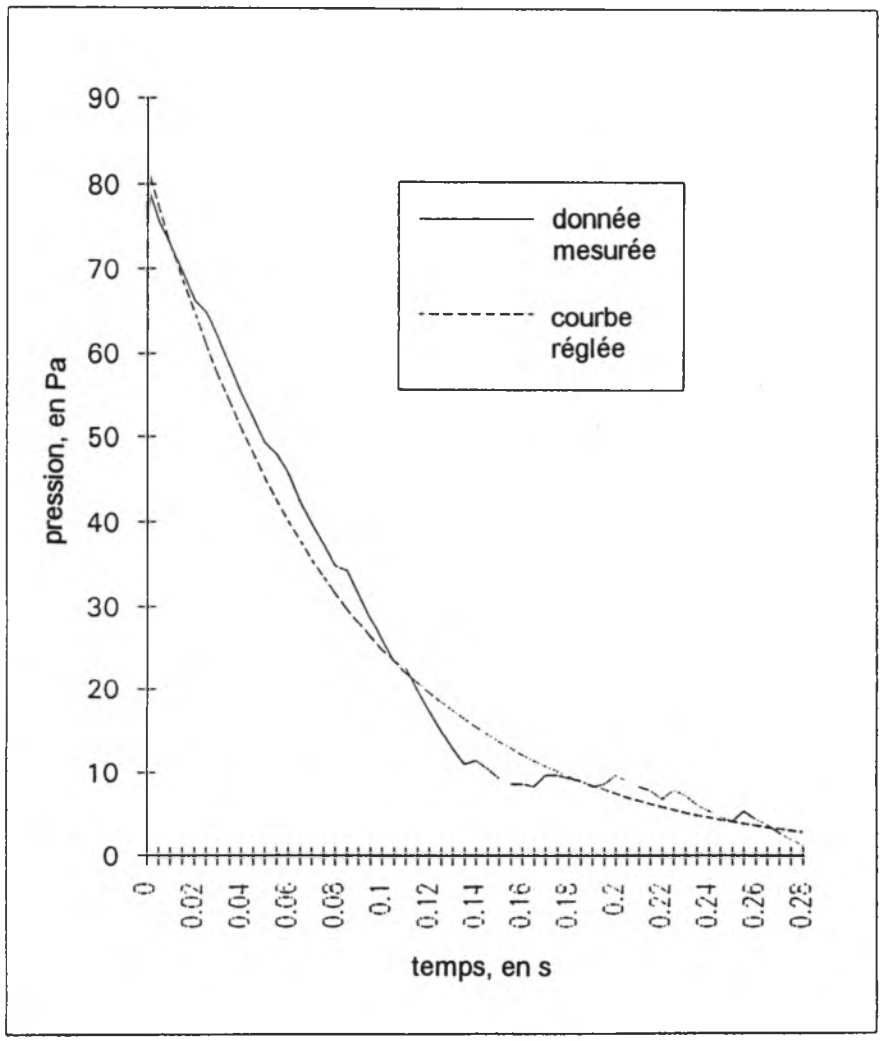
Sommaire des résultats du test			
P mesuré, en Pa	Débit mesuré, en m^3/s	Débit réglé, en m^3/s	
0	0,00E + 00	0,00E + 00	Équation de la courbe réglée: $Q = 2{,}58E\text{-}04\ P^{0,58}$
25	1,70E-03	1,67E-03	
50	2,50E-03	2,49E-03	
75	3,16E-03	3,16E-03	
100	3,78E-03	3,73E-03	
125	4,25E-03	4,24E-03	
150	4,77E-03	4,72E-03	
175	5,29E-03	5,16E-03	
200	5,71E-03	5,57E-03	
225	6,04E-03	5,97E-03	
250	6,42E-03	6,34E-03	
275	6,80E-03	6,71E-03	
300	7,13E-03	7,05E-03	



GRAPHIQUE PD-1
DIMINUTION DE LA PRESSION DANS LA CAVITÉ DE L'ALLÈGE

Sommaire des conditions du test	
Direction du déplacement de l'air à travers la source branchée	à l'intérieur de la cavité
Joint périmétrique de la partie transparente	1,00
Bouchons emboîtables à l'extérieur	Fermés
Ouvertures des plaques de pression	
Aire	0,000774 m^2
Situation	Ouvertes

Notes au sujet du joint périmétrique de la partie transparente :
1. plaques de pression installées sur un boudin de silicone;
2. côté extérieur des plaques de pression scellé au côté extérieur du mur de meneau.

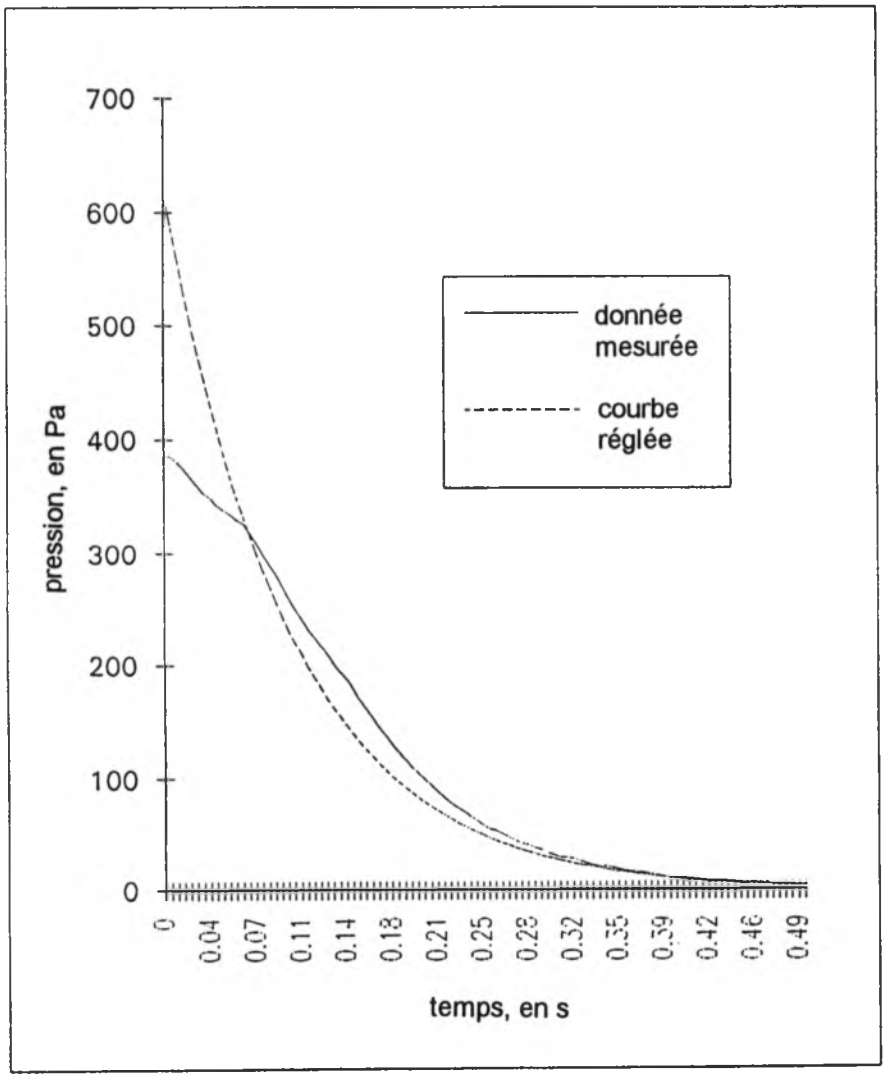


équation de la courbe réglée : $P = 82e^{(-11,9t)}$

GRAPHIQUE PD-2
DIMINUTION DE LA PRESSION DANS LA CAVITÉ DE L'ALLÈGE

Sommaire des conditions du test	
Direction du déplacement de l'air à travers la source branchée	à l'intérieur de la cavité
Joint périmétrique de la partie transparente	1,00
Bouchons emboîtables à l'extérieur	Fermés
Ouvertures des plaques de pression	
Aire	0,000774 m^2
Situation	Ouvertes

Notes au sujet du joint périmétrique de la partie transparente :
1. plaques de pression installées sur un boudin de silicone;
2. côté extérieur des plaques de pression scellé au côté extérieur du mur de meneau.

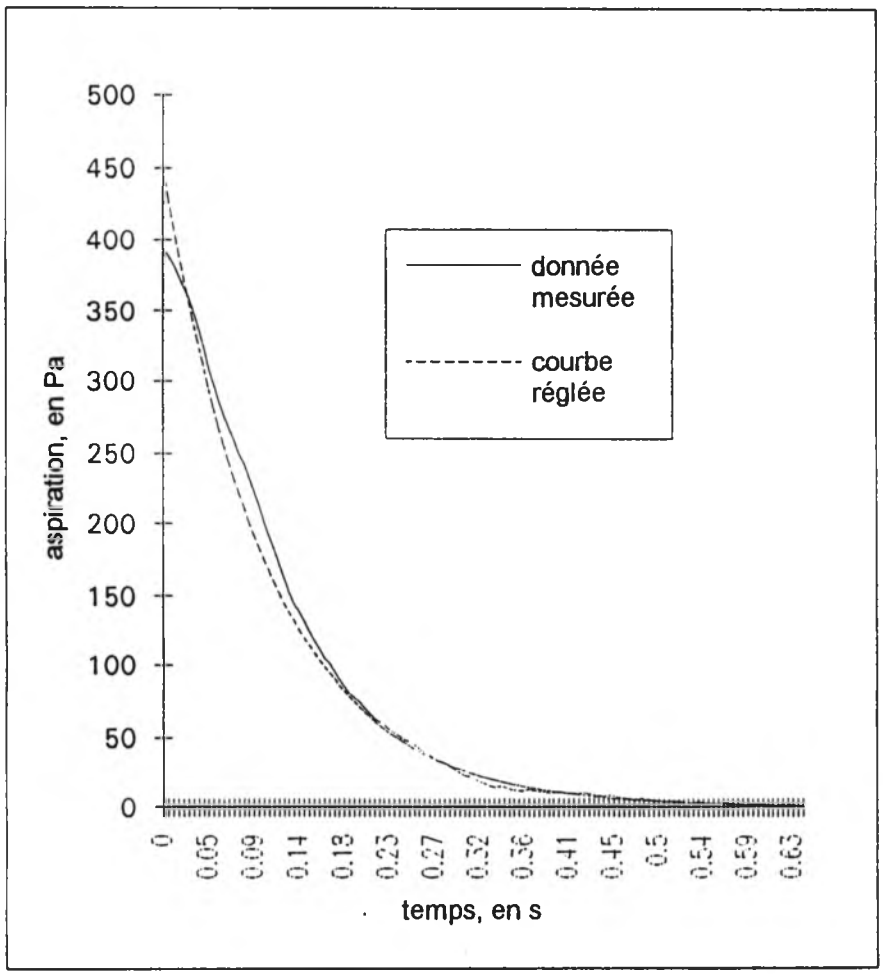


équation de la courbe réglée : $P = 618e^{(-10,3t)}$

GRAPHIQUE PD-3
DIMINUTION DE LA PRESSION DANS LA CAVITÉ DE L'ALLÈGE

Sommaire des conditions du test	
Direction du déplacement de l'air à travers la source branchée	à l'extérieur de la cavité
Joint périmétrique de la partie transparente	1,00
Bouchons emboîtables à l'extérieur	Fermés
Ouvertures des plaques de pression	
Aire	0,000774 m^2
Situation	Ouvertes

Notes au sujet du joint périmétrique de la partie transparente :
1. plaques de pression installées sur un boudin de silicone;
2. côté extérieur des plaques de pression scellé au côté extérieur du mur de meneau.

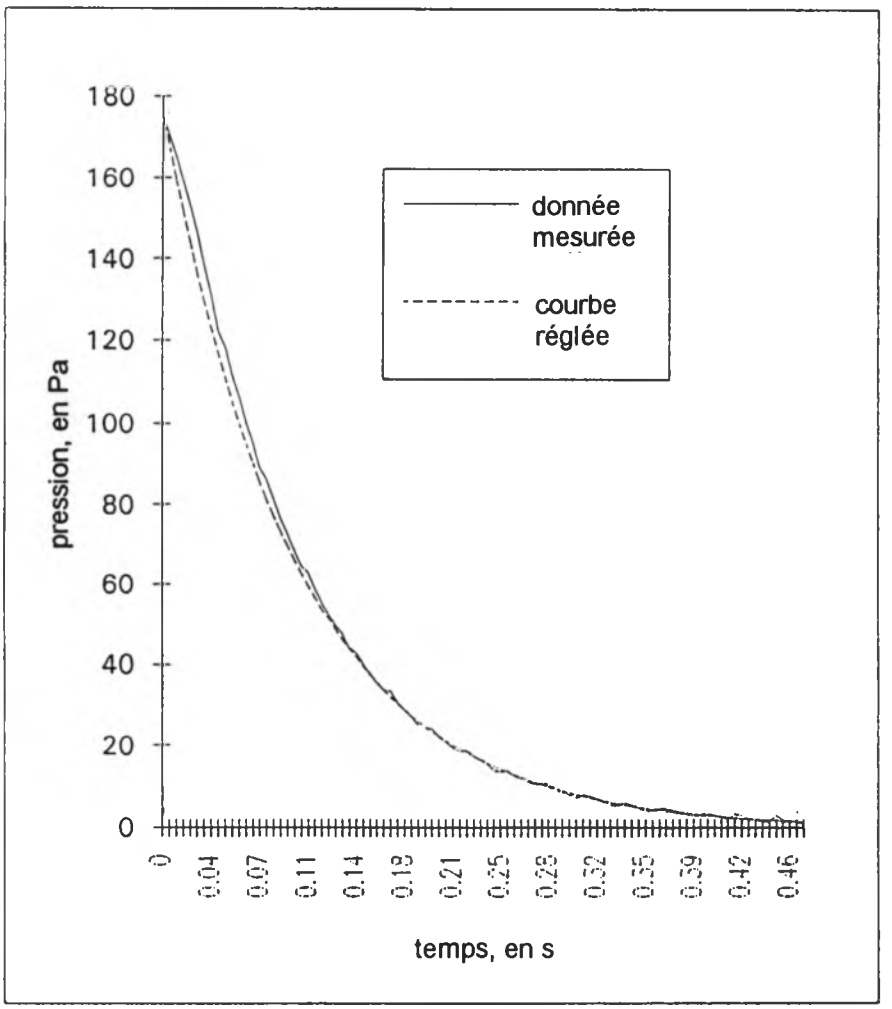


équation de la courbe réglée : $P = 450e^{(-9,5t)}$

GRAPHIQUE PD-4
DIMINUTION DE LA PRESSION DANS LA CAVITÉ VITRÉE

Sommaire des conditions du test	
Direction du déplacement de l'air à travers la source branchée	à l'intérieur de la cavité
Joint périmétrique de la partie transparente	1,00
Bouchons emboîtables à l'extérieur	Fermés
Ouvertures des plaques de pression	
Aire	0,000452 m^2
Situation	Ouvertes

Notes au sujet du joint périmétrique de la partie transparente :
1. plaques de pression installées sur un boudin de silicone;
2. côté extérieur des plaques de pression scellé au côté extérieur du mur de meneau.

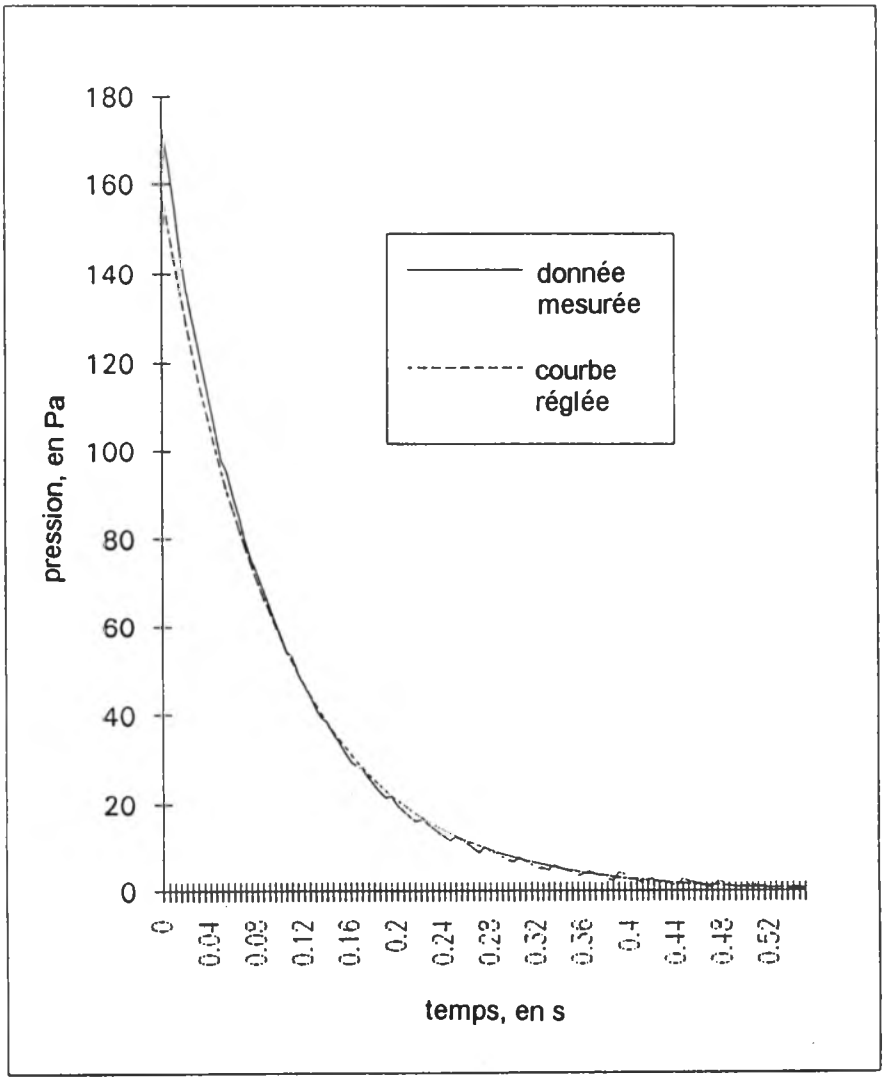


équation de la courbe réglée : $P = 176e^{(-10,3t)}$

GRAPHIQUE PD-5
DIMINUTION DE LA PRESSION DANS LA CAVITÉ VITRÉE

Sommaire des conditions du test	
Direction du déplacement de l'air à travers la source branchée	à l'intérieur de la cavité
Joint périmétrique de la partie transparente	1,00
Bouchons emboîtables à l'extérieur	Fermés
Ouvertures des plaques de pression	
Aire	0,000452 m^2
Situation	Ouvertes

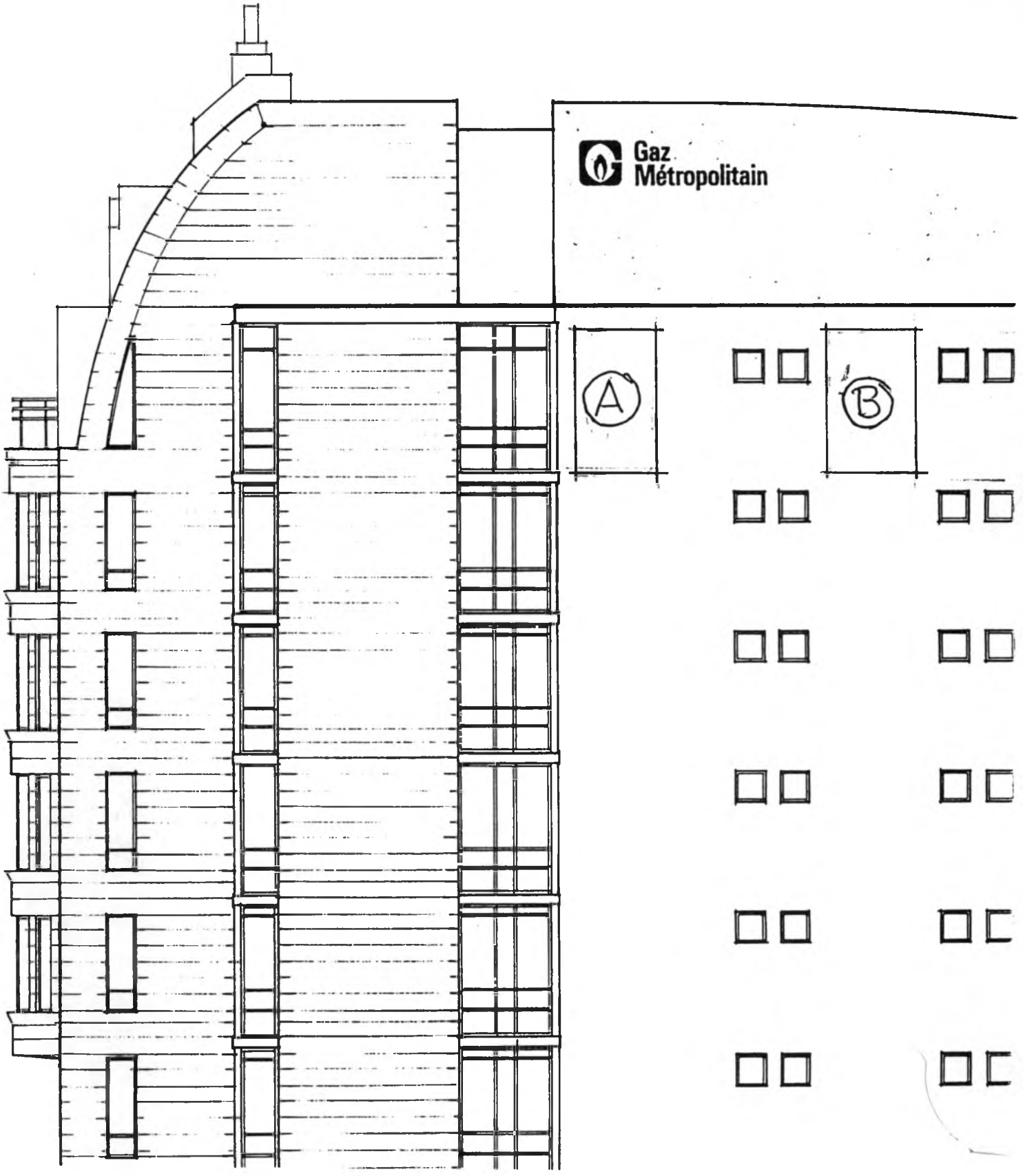
Notes au sujet du joint périmétrique de la partie transparente :
1. plaques de pression installées sur un boudin de silicone;
2. côté extérieur des plaques de pression scellé au côté extérieur du mur de meneau.

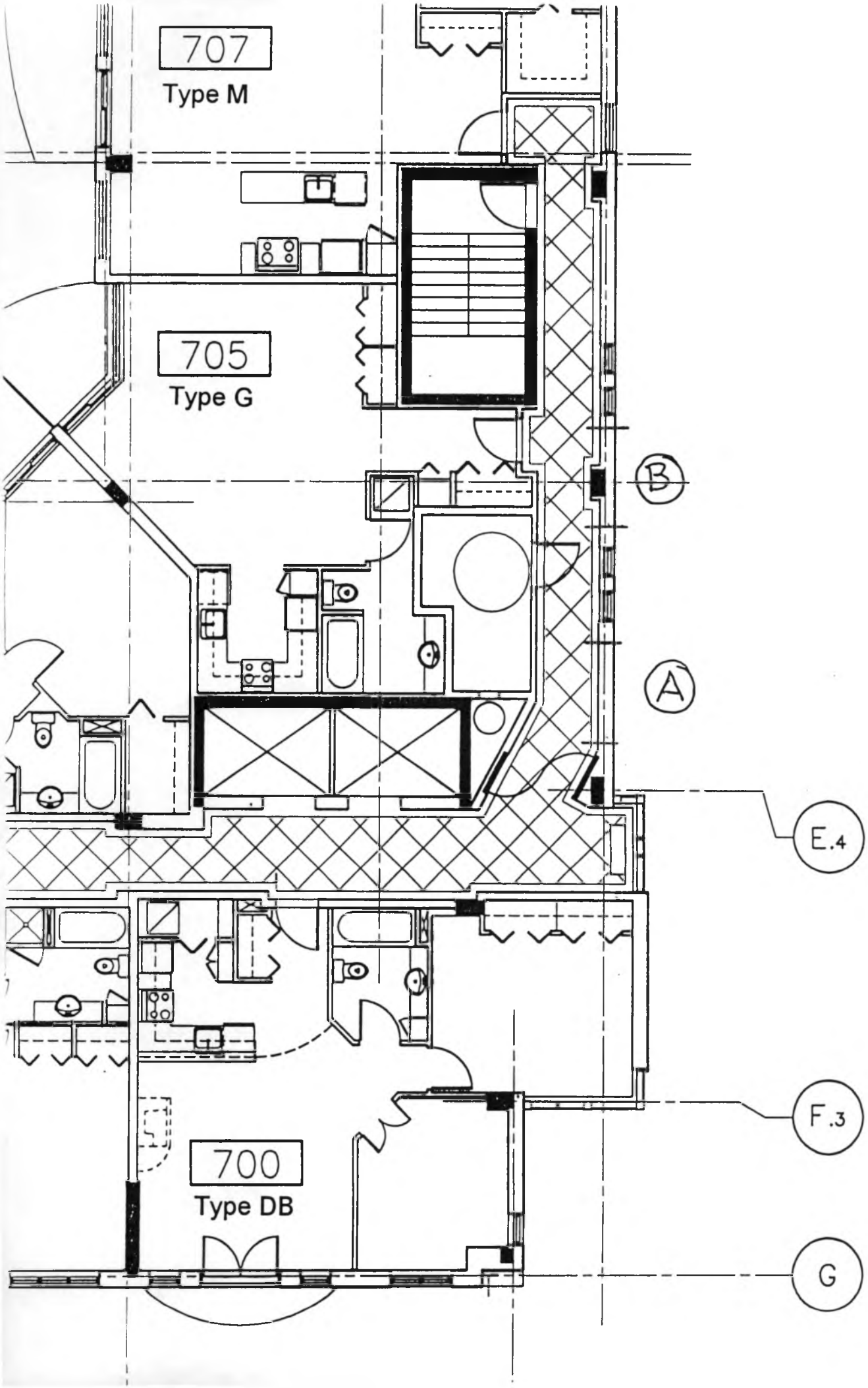


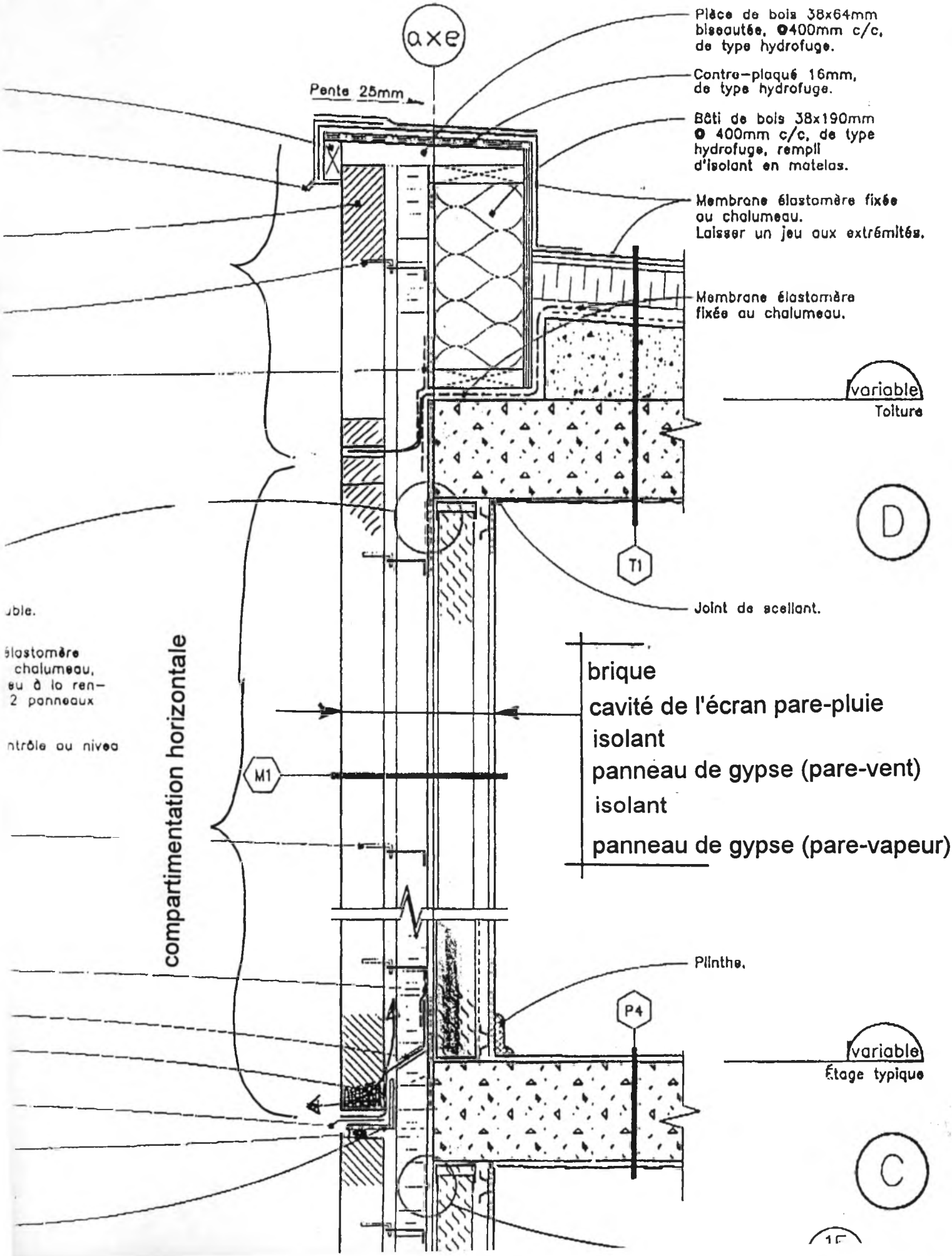
équation de la courbe réglée : $P = 158e^{(-10,1t)}$

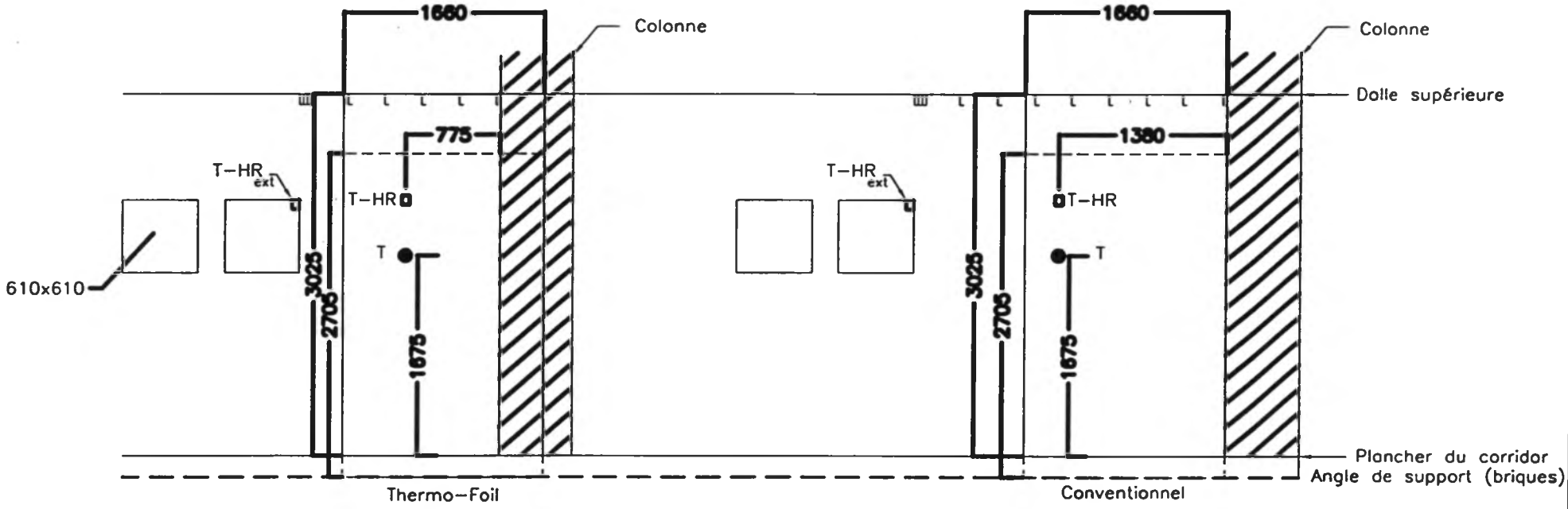
Annexe
«B»

Épreuve sur place de la méthode
de stimulation de la cavité
«Le Clos St-André»


Gaz
Métropolitain
A
B

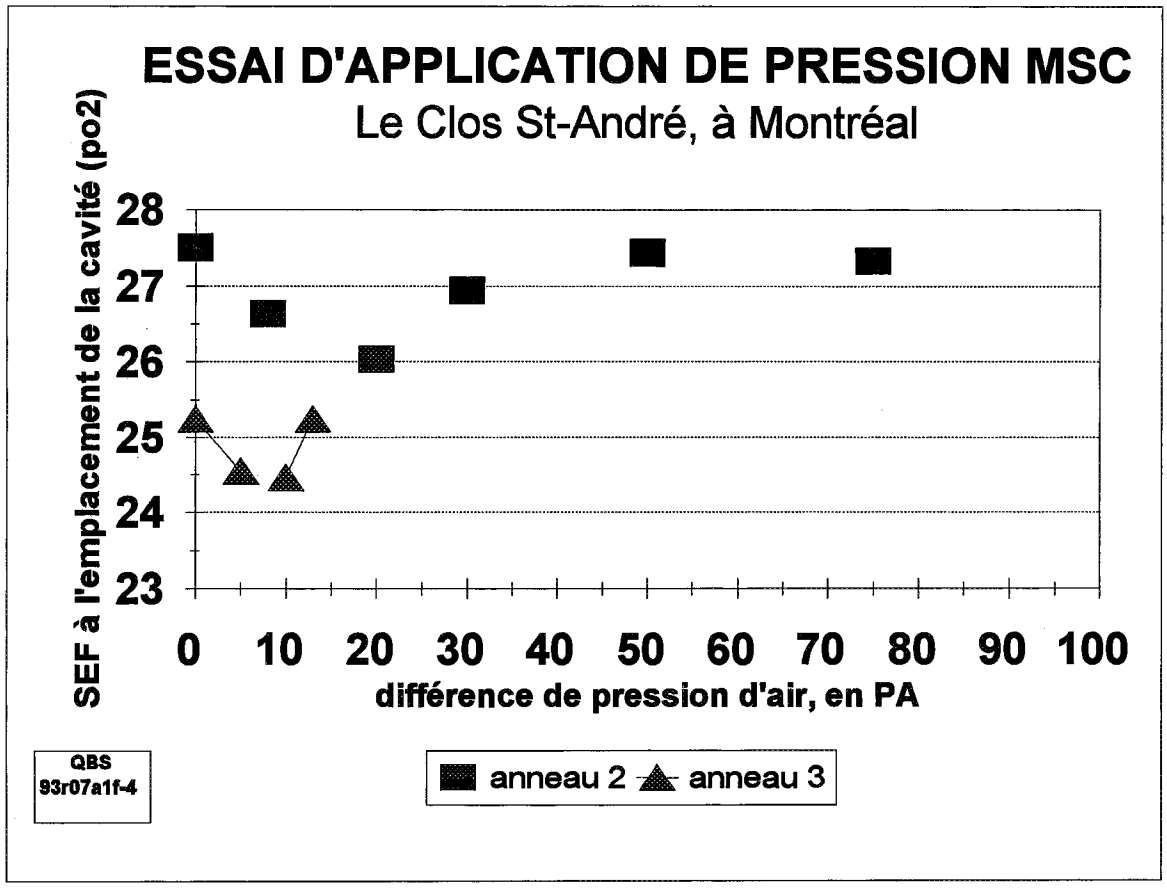

707
Type M
705
Type G
B
A
E.4
F.3
700
Type DB
G

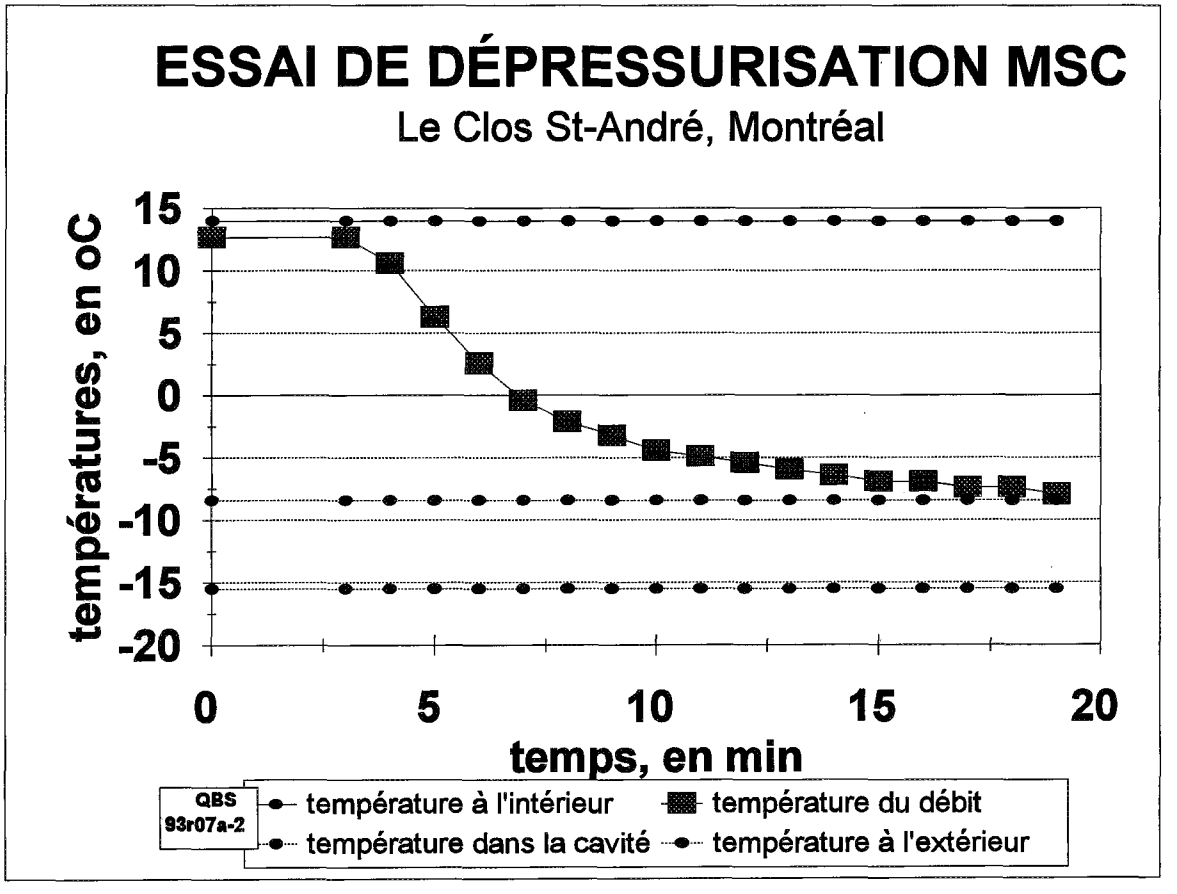

axe
Pente 25mm
Pièce de bois 38x64mm biseautée, @400mm c/c, de type hydrofuge.
Contre-plaqué 16mm, de type hydrofuge.
Bâti de bois 38x190mm @ 400mm c/c, de type hydrofuge, rempli d'isolant en matelas.
Membrane élastomère fixée au chalumeau. Laisser un jeu aux extrémités.
Membrane élastomère fixée au chalumeau.
variable
Toiture
D
T1
Joint de scellant.
brique
cavité de l'écran pare-pluie
isolant
panneau de gypse (pare-vent)
isolant
panneau de gypse (pare-vapeur)
compartimentation horizontale
M1
Plinthe.
P4
variable
Étage typique
C

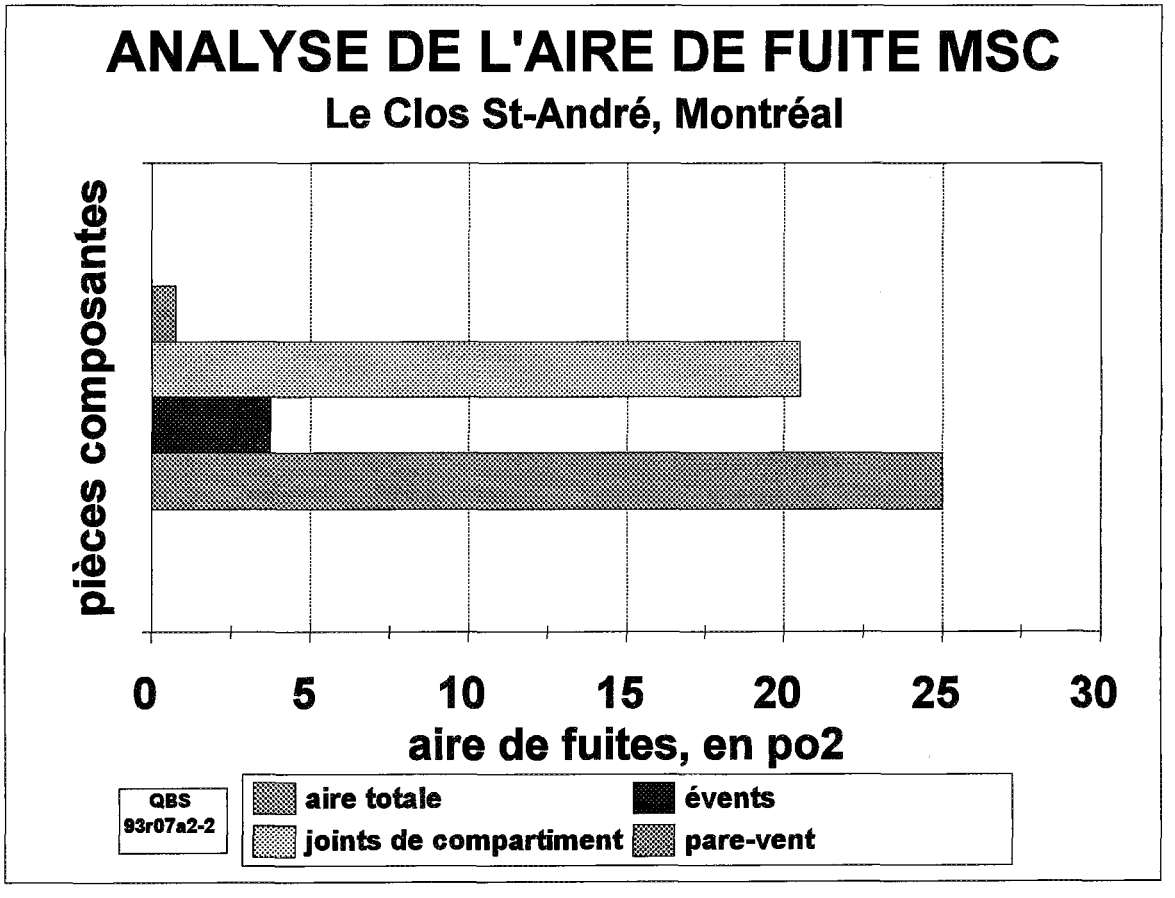


	Dessinateur:	Échelle: 1 : 50	Date:

Notes:


ESSAI D'APPLICATION DE PRESSION MSC
Le Clos St-André, à Montréal
SEF à l'emplacement de la cavité (po2)
28
27
26
25
24
23
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
différence de pression d'air, en PA
QBS
93r07a1f-4
anneau 2
anneau 3


ESSAI DE DÉPRESSURISATION MSC
Le Clos St-André, Montréal
température, en oC
15
10
5
0
-5
-10
-15
-20
0
5
10
15
20
temps, en min
QBS
93r07a-2
température à l'intérieur
température du débit
température dans la cavité
température à l'extérieur


ANALYSE DE L'AIRE DE FUITE MSC
Le Clos St-André, Montréal
pièces composantes
0
5
10
15
20
25
30
aire de fuites, en po2
QBS
93r07a2-2
aire totale
évents
joints de compartiment
pare-vent