

RAPPORT DE RECHERCHE



Étude du concept d'écran pare-pluie appliqué
aux systèmes de revêtement de murs à
ossature de bois



LA SCHL : AU CŒUR DE L'HABITATION

La Société canadienne d'hypothèques et de logement (SCHL) est l'organisme national responsable de l'habitation au Canada, et ce, depuis plus de 60 ans.

En collaboration avec d'autres intervenants du secteur de l'habitation, elle contribue à faire en sorte que le système canadien de logement demeure l'un des meilleurs du monde. La SCHL aide les Canadiens à accéder à un large éventail de logements durables, abordables et de qualité, favorisant ainsi la création de collectivités et de villes dynamiques et saines partout au pays.

Pour obtenir des renseignements supplémentaires, veuillez consulter le site Web de la SCHL à l'adresse suivante :
www.schl.ca

Vous pouvez aussi communiquer avec nous par téléphone, au 1-800-668-2642, ou par télécopieur, au 1-800-245-9274.

De l'extérieur du Canada : 613-748-2003 (téléphone);
613-748-2016 (télécopieur).

La Société canadienne d'hypothèques et de logement souscrit à la politique du gouvernement fédéral sur l'accès des personnes handicapées à l'information. Si vous désirez obtenir la présente publication sur des supports de substitution, composez le 1-800-668-2642.

**ÉTUDE DU CONCEPT D'ÉCRAN
PARE-PLUIE APPLIQUÉ AUX SYSTÈMES DE
REVÊTEMENT DE MURS À
OSSATURE DE BOIS**

Rapport de recherche présenté à :

M. Jacques Rousseau
Directeur de projet
Division de la mise en oeuvre des projets
Société canadienne d'hypothèques et de logement
682, chemin de Montréal
Ottawa (Ontario)
K1A 0P7

De la part de :

Morrison Hershfield Limited
1980, chemin Merivale
Nepean (Ontario)
K2G 1G4

Also available in English under
the title: A Study of the Rainscreen
Concept Applied to Cladding Systems
on Wood Frame Walls

La Société canadienne d'hypothèques et de logement, la société d'habitation du gouvernement fédéral, est chargée de l'administration de la Loi nationale sur l'habitation.

La Loi nationale sur l'habitation a pour but d'aider à l'amélioration du logement et de la vie des Canadiens. Dans cette optique, la Société s'intéresse à tous les aspects de l'habitation, et de la croissance et de l'aménagement urbains.

En vertu de la section IX de la Loi, le gouvernement du Canada fournit des fonds à la SCHL afin qu'elle effectue des recherches relatives aux aspects sociaux, économiques et techniques du logement et de domaines connexes, et qu'elle publie et diffuse ensuite les résultats de ces recherches. La SCHL est donc tenue par la Loi de rendre accessible à tous les renseignements pouvant servir à l'amélioration des conditions de logement et de vie.

La présente publication est un des nombreux articles d'information publiés par la SCHL à l'aide des fonds fédéraux.

DÉNÉGATION DE RESPONSABILITÉ

La présente étude a été menée par Morrison Hershfield Limited pour le compte de la Société canadienne d'hypothèques et de logement en vertu de la section IX de la Loi nationale sur l'habitation. Les analyses, interprétations et recommandations sont celles du consultant et ne reflètent pas nécessairement les opinions de la Société canadienne d'hypothèques et de logement ou des divisions de la SCHL qui ont pris part à l'étude et à sa publication.

TABLE DES MATIÈRES

	Page
SOMMAIRE EXÉCUTIF	1
1. INTRODUCTION	
2. MISE À L'ESSAI DE MURS À ÉCRAN PARE-PLUIE	
2.1 Introduction	
2.2 Description des murs échantillons	
2.3 Description de la chambre d'expérience	
2.4 Mode d'opération	
2.4.1 Test d'étanchéité à l'air	
2.4.2 Test d'étanchéité à l'eau	
2.4.3 Test de charge de rafale	
2.4.4 Instruments	
2.5 Résultats des tests d'étanchéité à l'air	
2.6 Résultats des tests d'étanchéité à l'eau	
2.7 Résultats des tests de charge de rafale	
2.8 Conclusion	
3. Compartimentage	
3.1 Introduction	
3.2 Description du modèle	
3.3 Instruments	
3.4 Description de la soufflerie aérodynamique	
3.5 Méthode expérimentale	
3.6 Résultats des tests	
3.7 Conclusion	
3.8 Recommandations	

TABLE DES MATIÈRES (suite)

Page

4. UN MODÈLE DE SIMULATION

- 4.1 Introduction
- 4.2 Mise au point du modèle
- 4.3 Paramètres d'entrée
- 4.4 Résultats de sortie
- 4.5 Validation comparative
- 4.6 Exemples de simulation
- 4.7 Discussion
- 4.8 Restrictions et développement futur

5. DISCUSSION

- 5.1 Pénétration de la pluie
- 5.2 Principes de l'égalisation de la pression
- 5.3 Facteurs influençant l'égalisation de la pression
- 5.4 Le système pare-air
- 5.5 Aire des ouvertures de ventilation
- 5.6 Volume de la cavité
- 5.7 Rigidité du plan du pare-air
- 5.8 Rigidité du revêtement
- 5.9 Compartimentage
- 5.10 Charge éolienne

6. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

- 6.1 Commentaires généraux
- 6.2 Tests en laboratoire
- 6.3 Compartimentage
- 6.4 Modèle mathématique
- 6.5 Recommandations

SOMMAIRE EXÉCUTIF

La Société canadienne d'hypothèques et de logement a chargé la firme Morrison Hirschfield d'une recherche visant à étudier l'efficacité du principe d'écran pare-pluie lorsqu'appliqué à des revêtements de type résidentiel de constructions à ossature de bois.

La recherche a donné lieu à une simulation en vraie grandeur, en laboratoire, du rendement de trois types de revêtement pour empêcher la pénétration de la pluie, chacun des trois étant muni d'un système de pare-air étanche et non étanche. Ces trois types de revêtement étaient le bardage de vinyle, le stuc, et un parement en brique. Tous les systèmes de revêtement étaient posés sur un mur ordinaire à ossature de bois. Les murs à ossature de bois étaient munis soit d'un pare-air flexible de polyéthylène ou d'un système pare-air de gypse de finition intérieure. Les murs ont été soumis à l'action simulée de la pluie poussée par le vent, au moyen d'une grille d'arrosage, et à l'action simulée d'une charge de pression éolienne. De plus, on a soumis les murs d'essai à des conditions de charge éolienne de régime permanent et à des variations de rafales de vent. Au cours de ces derniers tests, on a enregistré et analysé la distribution des charges de pression d'air sur les éléments du bardage et autres composants internes des murs.

La recherche comprenait aussi un examen du rendement d'un des systèmes de revêtement quant à l'égalisation de la pression. On s'est servi d'un modèle de construction placé dans une soufflerie aérodynamique à surface de séparation, plus précisément la soufflerie aérodynamique BLWT2 (Boundary Layer Wind Tunnel) de l'Université Western à London en Ontario. On a étudié les possibilités d'une cavité complètement cloisonnée, d'une cavité continue et d'autres permutations de compartimentage, ce qui a permis de faire l'examen détaillé du rendement du système de revêtement quant à l'égalisation de la pression dans des conditions de vent réelles, et de vérifier les besoins de compartimentage de la cavité derrière le système de revêtement.

L'étude a aussi comporté la conception d'un modèle mathématique simple simulant le rendement d'un mur à écran pare-pluie relativement à l'égalisation de la pression. Le modèle, conçu selon les lois fondamentales des gaz quant à la pression, à la température et au volume, permet de prédire la pression de la cavité et le temps de réaction de la cavité à des charges de rafale de forces et d'ampleurs diverses.

L'étude en laboratoire des murs d'essai a permis de constater que le phénomène d'égalisation de la pression réduit la quantité d'eau pénétrant le système de revêtement. Ce phénomène est particulièrement évident dans le cas du système de parement en brique. On a découvert que la diminution de la pénétration de la pluie pouvait aller jusqu'à dix fois moins, selon la différence de charge de pression d'air sur le revêtement. Les tests des revêtements de stuc et de vinyle ont révélé peu de pénétration d'eau. Pour ces deux systèmes de revêtement, la pression était égalisée de façon substantielle par l'action du coffrage et du papier, malgré le fait que les systèmes pare-air avaient été rendus non étanches.

L'étude de compartimentage a révélé que l'égalisation de la pression de la cavité dépendait des joints de compartimentage étanches. Les tests de soufflerie ont permis de constater que les pressions de la cavité derrière le revêtement s'approchaient des pressions de la surface du revêtement extérieur lorsque la cavité était totalement compartimentée aux angles. L'étude a aussi montré que la charge de pression d'air sur le pare-air variait entre 10 et 100 p. 100. Les joints d'étanchéité des compartiments, par contre, étaient soumis à des charges équivalant à deux et trois fois la pression de la charge éolienne.

Le modèle mathématique a été mis au point, soumis à des essais et informatisé. On a constaté que le modèle permettait d'établir une corrélation satisfaisante entre les résultats prévus et les mesures en laboratoire quant au rendement pour l'égalisation de la pression.

L'étude a révélé que le principe pare-pluie, appliqué à la conception et à la construction de systèmes de revêtement posé sur des murs à ossature de bois, réduit la pénétration de la pluie plus efficacement qu'un mur sans égalisation de pression. Pour réussir à enrayer la pénétration de l'eau, le mur écran pare-pluie doit posséder certaines caractéristiques de conception et de construction, dont les suivantes : un système efficace de pare-air à l'intérieur du mur, des composants assez rigides, en particulier pour le système pare-air, une ventilation et un drainage adéquats du système de revêtement, et de bons joints de compartimentage étanches situés aux angles.

Pour mieux comprendre les exigences du principe de l'écran pare-pluie et pour en quantifier plus complètement les avantages, il serait bon d'étendre l'étude de la façon suivante :

a) examiner les propriétés d'une gamme plus vaste de systèmes de mur quant à la pénétration de l'eau, étudier par exemple les systèmes construits avec coffrage isolé, et d'autres types de revêtement,

b) mettre au point et tester des joints de compartimentage étanches faits de matériaux variés : fibre de verre, mousses, rubans, plastique et métal,

c) déterminer les effets des larmiers, des solins et des ruptures capillaires sur la réduction de la pénétration de l'eau dans un mur à écran pare-pluie,

d) entreprendre l'étude détaillée de divers systèmes de fenêtres conçus selon le principe de l'écran pare-pluie,

e) entreprendre une étude paramétrique au moyen du modèle mathématique afin de déterminer les rapports ventilation-volume optimaux, les rapports aire de ventilation-aire de fuite, les rapports volume-rigidité et d'autres permutations, et

f) développer le modèle mathématique (modèle informatique) afin d'y incorporer les taux de pénétration de l'eau dans des conditions simulées de tempête de pluie d'une durée de 15 minutes, d'une heure et de quatre heures.

C'est avec plaisir que Morrison Hershfield s'est acquitté de cette tâche importante au nom de la Société canadienne d'hypothèques et de logement. Les connaissances acquises au cours de cette étude mèneront certainement à des innovations dans la conception et la construction des murs extérieurs et des systèmes de revêtement. Ces innovations devraient permettre d'enrayer plus efficacement la pénétration de la pluie tout en produisant des systèmes de revêtement durables et rentables pour le climat canadien.

1. INTRODUCTION

On croit généralement que le principe concepteur du mur pare-pluie, aurait été introduit dès 1960 et peut-être avant comme méthode de réduction des problèmes de pénétration de la pluie. On le présentait comme solution de rechange à la méthode traditionnelle de la « façade étanche », consistant à empêcher la pénétration de l'eau de pluie en scellant complètement la face extérieure de l'édifice de façon à éliminer toute ouverture pouvant laisser entrer l'eau de pluie. Au Canada, cependant, les conditions climatiques auxquelles est exposé un revêtement extérieur entraînent souvent la détérioration prématurée des gardes d'eau, enlevant ainsi à la façade étanche son efficacité.

Depuis son apparition, on a appliqué le principe de l'écran pare-pluie à la conception de la plupart des fenêtres et des murs extérieurs et même, plus récemment, aux systèmes de toiture. Dans sa forme la plus simple, le système de mur à écran pare-pluie se compose d'un revêtement extérieur drainé et ventilé vers le dehors, d'une cavité derrière le revêtement, d'un plan intérieur appelé système pare-air, et d'un ensemble de compartiments à dispositifs d'étanchéité limitant la cavité à des dimensions modestes.

La construction à ossature de bois emploie le concept de l'écran pare-pluie avec une variété de systèmes de revêtement. C'est un concept associé le plus souvent aux revêtements de parement en brique drainés et ventilés au moyen de chantepleurs, aux bardages de métal et de plastique drainés et ventilés par des ouvertures poinçonnées, et aux finitions de murs en stuc drainées et ventilées aux joints d'assise. Le système pare-air peut être fait d'un obturateur étanche, d'un panneau de gypse ou autre matière étanche conçue pour empêcher que l'air ne passe de la cavité vers l'intérieur. Le système pare-air doit aussi supporter la charge de la pression éolienne.

L'Institut de recherche en construction du Conseil national de recherches du Canada a récemment entrepris des études portant sur le rendement

de murs-rideaux de métal et de verre quant à l'égalisation de la pression. On a aussi procédé sur le terrain à des mesures de la pression de l'air dans la cavité et sur la face des murs extérieurs de l'édifice Place Air Canada à Montréal; de l'édifice Court House à Lethbridge, en Alberta; et d'une des maisons expérimentales du projet Mark XI de recherche sur l'économie d'énergie à Orléans, en Ontario. Ces études ont également révélé que la plupart des systèmes de murs extérieurs n'ont pas l'étanchéité à l'air et le compartimentage nécessaires pour donner le rendement que requiert le concept de mur à écran pare-pluie quant à l'égalisation de la pression.

La présente étude examine les caractéristiques de rendement d'un revêtement à écran pare-pluie posé sur un mur à ossature de bois. Les travaux ont été divisés en trois parties dont la première a consisté à étudier en laboratoire divers systèmes de revêtement extérieur, parmi lesquels un système de revêtement de parement en brique, un revêtement extérieur de stuc et un système de revêtement de vinyle. Au cours du programme de tests, des murs échantillons ont été soumis à l'action simulée du vent poussé par la pluie dans une chambre climatisée. La quantité d'eau traversant les placages a été mesurée par gravimétrie. Durant les tests, on a transformé les murs étanches en murs non étanches en ménageant une ouverture dans le système pare-air, forçant ainsi le revêtement à pression égalisée à subir une différence de pression et une pénétration plus importante d'eau de pluie. Par la suite, on a étudié un échantillon plus varié de systèmes muraux pour en observer le rendement quant à l'égalisation de la pression seulement dans des conditions simulées de rafales de vent.

La deuxième partie des travaux a consisté à étudier les besoins de compartimentage des cavités derrière le revêtement. On a procédé à cette étude à l'aide d'un modèle construit en vraie grandeur et installé dans une soufflerie aérodynamique.

Au cours de la troisième partie, on a mis au point un modèle de simulation afin de prédire le rendement de divers types de revêtement extérieur et de systèmes de mur quant à l'égalisation de la pression. Les

paramètres utilisés pour la simulation d'un type de mur particulier incluait les suivants : les aires requises pour les événements, les surfaces de fuite d'air, le volume de la cavité, et la rigidité du pare-air et des éléments de revêtement.

2. MISE À L'ESSAI DE MURS À ÉCRAN PARE-PLUIE

2.1 Introduction

Dans cette partie de l'étude, on a déterminé les caractéristiques de rendement de trois types de système de revêtement : un mur de bois avec bardage de vinyle, un mur revêtu de stuc et un mur à parement de brique. On a conçu et construit des murs échantillons de dimensions permettant de les introduire dans une ouverture de 2,4 m carrés dans une chambre climatisée. Les murs échantillons ont ensuite été pressurisés jusqu'à un niveau déterminé à l'avance et humidifiés au moyen d'une grille d'arrosage munie de gicleurs disposés en rangs serrés. Comme les observations visuelles de la pénétration de l'eau peuvent être très subjectives, on a mis au point une méthode gravimétrique pour obtenir des données objectives.

En plus des tests d'arrosage, on a procédé à une autre série de tests afin de déterminer la distribution de la charge de pression d'air en travers des éléments des murs dans des conditions de pression de régime permanent, tout en variant la force et l'ampleur des rafales. Les charges dynamiques ont été créées en pressurant et/ou en dépressurant rapidement la chambre climatisée.

2.2 Description des murs échantillons

L'étude portait sur les revêtements extérieurs suivants : bardage de vinyle, stuc, et parement en brique (figures 5, 12, et 14 de l'annexe A). Les murs d'essai étaient de 2,4 m carrés et installés dans une chambre expérimentale climatisée telle qu'illustrée à la figure 1 de l'annexe A. L'ossature était faite de poteaux de bois de 38 mm sur 89 mm posés à 405 mm d'axe en axe. Le côté extérieur ou côté du dehors de l'ossature de bois avait un coffrage de panneau de fibre standard de 7/16 et était recouvert de papier de revêtement standard. Le côté du dedans de l'ossature de bois était recouvert soit d'un système pare-air

en pellicule de polyéthylène (fixé au moyen de lattes et de ruban), ou encore d'un panneau de gypse étanche. Afin d'obtenir une aire de fuite mesurable dans les systèmes pare-air, on a percé un trou de 25 mm de diamètre dans le panneau de gypse illustré à la figure 1 de l'annexe A.

Chaque mur échantillon était placé de façon à ce que le revêtement donne sur l'intérieur de la chambre d'expérience, là où l'eau et l'air étaient appliqués au mur échantillon. On a procédé aux observations et aux mesures à l'aide de capteurs installés dans chaque mur échantillon. Ces capteurs comprenaient des prises de pression d'air (de petits tuyaux de cuivre de 1/8 de po de diamètre traversant les couches de construction du mur afin de prélever des échantillons de pression d'air) installés de façon à passer à travers la chambre et les murs échantillons. Toutes les pressions étaient référencées à l'intérieur, du côté du laboratoire.

2.3 Description de la chambre d'expérience

La chambre d'expérience climatisée se composait d'une ossature de solives de bois aux dimensions nominales de 38 mm sur 280 mm pour les murs, le plancher et le plafond. On y avait pratiqué une ouverture frontale de passage de 3,1 m carrés. La chambre avait environ 2 m de profondeur et était garnie de tôle d'acier de calibre 24 sur un substrat de contreplaqué. La garniture de tôle d'acier a été étanchéisée à et scellée contre les fuites d'eau. La chambre avait une cloison centrale (paroi étanche) pour les tests de pression, et elle était aussi munie d'une grille de sortie d'eau de pluie. Cette grille était faite de tuyaux de cuivre montés sur deux panneaux et fixés aux murs de la chambre au moyen de charnières. Les gicleurs, disposés à 610 mm d'entraxe, pouvaient diriger 5 gallons US/h/pi² sur l'échantillon à tester. La chambre avait un volume de 28,3 m³ et était conçue pour pouvoir supporter +/- 10 Kpa (200 livres/pi²).

Le système hydraulique amenant l'eau à la grille d'arrosage comprenait une pompe à eau à haute pression et un réservoir situé sous la chambre. L'eau du réservoir était pompée à travers les gicleurs de la grille d'arrosage contre les murs échantillons. Le surplus d'eau était ensuite évacué en retour vers le réservoir qui était monté sur un rouleau soutenu à un bout et deux boîtes dynamométriques à l'autre bout. Ces boîtes dynamométriques ont servi à mesurer le changement du poids de l'eau dans le réservoir à cause de l'eau perdue dans les murs d'essai.

Pour pressuriser ou dépressuriser la chambre, on se servait d'une pompe à air commerciale, de tuyaux de plastique, et d'obturateurs d'air afin de pressuriser ou de dépressuriser l'une ou l'autre ou les deux parties de la chambre. On mesurait les pressions au moyen d'un micromanomètre de MK6 Air Ltd. pour chacun des canaux, et ces mesures étaient ensuite lues directement par un chercheur et enregistreur séquentiel de données afin de produire un registre de retransmission en temps réel.

2.4 Mode d'opération

Les travaux en laboratoire se sont déroulés en trois étapes, la première se passant en mesures de calibration de base afin de qualifier les conditions et les caractéristiques des murs échantillons. La deuxième étape a consisté en un test de pressurisation et d'étanchéité à l'eau en régime permanent, et à l'étape finale on a utilisé un procédé de chargement dynamique faisant appel à l'accumulation des pressions en rafale afin de déterminer la ligne de transfert de la charge de réaction sur le revêtement et les autres composants du mur, et la durée du processus d'égalisation de la pression.

2.4.1 Test d'étanchéité à l'air

Les murs échantillons ont été installés dans la chambre d'expérience climatisée et scellés le long du périmètre. On a ensuite recouvert les murs échantillons d'une feuille de

polyéthylène fixée aux bords du périmètre au moyen de ruban afin d'isoler l'échantillon du reste de la chambre. On a ensuite pressurisé la chambre afin d'en déterminer les fuites d'air avant de mesurer la perte d'air du mur dans les conditions de test. Une fois la chambre calibrée, on a enlevé du mur échantillon la feuille de polyéthylène, et la différence entre la première mesure et la seconde mesure a donné le taux net de fuite d'air à travers le mur échantillon. Les taux de circulation d'air ont été mesurés à une différence de pression de 75 pascals.

2.4.2 Test d'étanchéité à l'eau

On s'est servi du test suivant qui est l'adaptation d'un procédé mentionné dans l'ASTM E-331. Le test d'étanchéité à l'eau a consisté à masquer le mur échantillon (couvrir le mur échantillon d'une feuille de plastique étanche à l'eau et à l'air), et à pressuriser la chambre à 250 Pa. On a alors mis en marche la grille d'arrosage. Après une brève période de calibration, on a ouvert un moment la porte de la chambre d'expérience, sans arrêter la pompe à eau, et on a enlevé la feuille de polyéthylène. La chambre d'expérience a été immédiatement ramenée à un degré de pression d'air totale. Au cours des travaux d'essai, on a noté le poids de l'eau consommée par le mur échantillon d'après le changement du poids du réservoir. Le test s'est poursuivi durant une période de temps suffisante pour atteindre des conditions de régime permanent. À ce moment-là, les caractéristiques d'échappement d'air de chaque mur ont été changées, passant de l'étanchéité à la non-étanchéité, et on a noté les changements de consommation d'eau de chacun des systèmes de revêtement de même que la différence de pression en travers du revêtement. On a causé une fuite dans les barrières étanches en ouvrant le trou de un

pouce dans le gypse ou la feuille de polyéthylène. Le test s'est poursuivi durant une période de temps suffisante pour atteindre des conditions de régime permanent.

2.4.3 Test de charge de rafale

Tel qu'illustré aux figures 2 et 3 de l'annexe A, les murs échantillons ont été construits dans la chambre d'expérience de façon à ce que le revêtement donne sur l'intérieur de la chambre. Les tests se sont déroulés selon la marche à suivre indiquée dans l'ASTM E-330 - Standard Test Method for Structural Performance of Exterior Windows, Curtain Walls and Doors by Uniform Air Pressure Difference. Toutefois, pour réaliser les essais de rafale dynamique, on s'est servi d'un dispositif de chambre d'expérience double tel qu'illustré à la figure 1. En pressurant la chambre la plus éloignée du mur d'essai, on a produit un différentiel de pression nominale d'entre 50 et 100 Pa en travers de la paroi étanche. Ensuite, en perçant une membrane dans le mur de la paroi étanche, on a provoqué une bouffée soudaine de pression dans la chambre à l'avant de la paroi étanche. On a produit des forces différentes de rafale en changeant la dimension de l'ouverture dans laquelle était posée la membrane, trois grandeurs différentes d'ouverture ont servi pour chaque pan de mur afin de produire des forces de rafale initiales entre 1 800 et 6 300 Pa/s. Dans tous les cas le niveau cible ou niveau maximal de la pression de rafale était de 1 000 Pa, des tests de rafale étant effectués dans des conditions différentielles positives et négatives de pression d'air (tests positifs lorsque la pression de la chambre dépassait la pression d'air). On a déterminé la force des rafales en mesurant la pente initiale des courbes de force de rafale observées dans les registres.

2.4.4 Instruments

On a mesuré les différentiels de pression à l'endroit de trois prises de pression (figures 2 et 3), au moyen de trois manomètres numériques de MK6 Air Ltd. Les relevés de pression ont été enregistrés à l'aide d'un tableau de conversion analogique-numérique Tecmar Labmaster et d'un microcalculateur IBM PC/XT au rythme de 0,015 s entre deux ensembles de relevés, la durée des « rafales » ne dépassant généralement pas 2 s.

2.5 Résultats des tests d'étanchéité à l'air

Les tests d'étanchéité à l'air ont été administrés à trois types de revêtement et on a testé des revêtements avec et sans fourrure pour observer les variations. Le système de revêtement de mur en vinyle a été posé sur fourrure et directement sur papier et coffrage, et sur un assemblage de papier de construction de polyoléfine, et sur panneau de fibre. Le revêtement de stuc a été posé sur papier de construction K-Lath et sur panneau de fibre et directement sur la surface de la cloison lattée. On a installé le mur de parement en brique à un pouce de distance d'un coffrage de papier de construction et de panneau de fibre. Tous les types de murs étaient munis d'évents. Dans les six cas considérés, chacun des systèmes était soit doté d'un pare-air de polyéthylène de 6 mil ou encore d'une finition en panneau de gypse. Le polyéthylène de 6 mil était fixé sur les poteaux au moyen de ruban à vitrage sur deux bords et d'une bande de fourrure. Ce n'est pas là une technique normalement utilisée en construction, mais elle s'est révélée satisfaisante pour les fins visées. Le panneau de gypse, par contre, a été posé de la façon ordinaire, et tous les joints rubanés et scellés, à l'aide de matériaux conventionnels. On a percé un trou de 25 mm de diamètre dans le panneau de gypse afin de simuler la ligne d'une légère fuite d'air. On a pris les mesures de base à 75 Pa. On a mesuré et enregistré, dans ces conditions, le taux de perte d'air à travers chacun des assemblages de revêtement.

TABLEAU 1 : Sommaire des taux de perte d'air à travers chacun des assemblages de revêtement

SYSTÈME DE REVÊTEMENT	CONSTRUCTION DU PARE-AIR		
	POLYÉTHYLÈNE SCELLÉ	PANNEAU DE GYPSE SCELLÉ	TROU DE 1 PO DANS PANNEAU DE GYPSE
Revêtement de vinyle, papier de construction, panneau de fibre (fig. 4, 5)	<0,01 L/m ² ·s	<0,01 L/m ² ·s	0,58 L/m ² ·s
Revêtement de vinyle, fourrure, papier de construction, panneau de fibre (fig. 6, 7)	<0,01 L/m ² ·s	<0,01 L/m ² ·s	0,44 L/m ² ·s
Vinyle, papier de construction, panneau de fibre, Tyvek, panneau de fibre (fig. 8)	<0,01 L/m ² ·s	<0,01 L/m ² ·s	0,40 L/m ² ·s
Stuc, K-Lath, papier de construction, panneau de fibre (fig. 11, 12)	<0,01 L/m ² ·s	<0,01 L/m ² ·s	0,37 L/m ² ·s
Stuc, K-Lath, papier de construction (fig. 9, 10)	<0,01 L/m ² ·s	<0,01 L/m ² ·s	0,64 L/m ² ·s
Parement en brique, 1 po d'espace d'air, papier de construction, panneau de fibre (fig. 13, 14)	<0,01 L/m ² ·s	<0,01 L/m ² ·s	0,53 L/m ² ·s

Selon les résultats indiqués dans le tableau, toutes les valeurs des fuites mesurées pour le polyéthylène de 6 mil et pour le panneau de gypse scellé sont inférieures à 0,01 L/s/m². Ce mode de construction démontre qu'il est possible d'atteindre des taux de perte d'air inférieurs à 0,1 L/m², le taux recommandé selon les valeurs publiées par l'IRC du CNR dans les actes de Regard 86 sur la science du bâtiment. Il faut aussi noter l'augmentation substantielle du taux de perte d'air

lorsque l'on a ouvert le trou de 25 mm de diamètre dans le pare-air. Les écoulements d'air variaient alors de 0,37 L/m².s pour le mur de stuc à 0,58 L/m².s pour le revêtement de vinyle.

2.6 Résultats des tests d'étanchéité à l'eau

On a dressé un graphique des résultats des tests de pénétration d'eau pour les revêtements de vinyle, de stuc et de parement de brique. On trouvera ces résultats aux figures 15, 16 et 17 de l'annexe A, qui illustrent la pénétration de l'eau en nombre de litres comparé au temps d'humidification en minutes.

Le premier test d'étanchéité à l'eau a permis d'observer que le revêtement de vinyle absorbait une petite quantité d'eau, moins de 0,8 L/min pour toute la durée du test. Au cours du test, on a descellé le pare-air à la 60e minute. On a toutefois noté, d'après les relevés de pression de la chambre et de la cavité, qu'il se produisait peu ou pas de baisse de pression en travers du revêtement de vinyle. On a découvert plus tard que le coffrage de papier et de panneau de fibre fournissait une grande partie de la résistance à la pression de l'air, soutenant ainsi tout au long du test un revêtement de vinyle à pression égalisée. On a attribué la légère fuite d'eau à travers le revêtement de vinyle à l'humidification par action capillaire autour des composants du bardage de vinyle.

Le deuxième test d'étanchéité à la pluie portait sur le système de revêtement de stuc. La figure 16 montre bien que la quantité d'eau pénétrant le système de revêtement était légèrement plus importante que dans le cas du système de vinyle. Le taux de pénétration était d'environ 0,2 L/min sur une période de 60 minutes. Le descellement du système pare-air a causé une différence appréciable entre la pression de la cavité du mur et la pression de la chambre. Cette différence, d'environ 150 Pa, aurait dû entraîner une différence dans la pénétration

de l'eau dans le stuc. Cela ne s'est pas produit. On a conclu que le stuc, étant monolithique sur toute la surface du mur échantillon, ne présentait aucune fissure ou aucun joint par lequel l'eau puisse pénétrer. La pénétration de l'eau est donc limitée aux caractéristiques absorbantes propres au stuc, et elle n'a pas été affectée de façon visible par les différences de pression d'air en travers du revêtement.

Le test d'étanchéité à la pluie portant sur le revêtement de parement en brique a donné des résultats plus concluants. On a noté qu'une fois le mur échantillon démasqué, le parement en brique traversait une période d'absorption rapide d'environ 0,53 L/min jusqu'au descellement du système pare-air. Le taux d'absorption a d'abord été rapide, bien au-delà de 15 litres dans les 10 premières minutes, pour ensuite diminuer graduellement jusqu'à environ la 60e minute du test. Une fois que l'on a fait baisser la pression de la cavité du mur en descellant le pare-air, le parement de brique a vu baisser sa pression de façon importante, ce qui a entraîné une augmentation du taux de pénétration de l'eau. La figure 18 illustre, sur une échelle étendue, les valeurs de pénétration de la pluie et les différences de pression d'air. On notera sur le graphique que le taux moyen de pénétration de l'eau était beaucoup plus bas avant le descellement du pare-air qu'après. Un calcul des pentes a donné un taux approximatif de 1 L/h/m² durant l'étape d'égalisation de la pression, et une augmentation à 8,7 L/h/m² avec une différence moyenne de pression de 130 Pa en travers du revêtement de parement en brique.

2.7 Résultats des tests de charge de rafale

On a procédé à des essais sur les murs échantillons afin de déterminer la réaction structurelle des diverses couches à une charge imposée de pression de rafale. Les couches dont il s'agit sont le revêtement, le coffrage, et le système pare-air. On a obtenu différents taux de charge en utilisant des diaphragmes de débitmètre de dimensions variées. Les

résultats de test présentés ci-dessous incluent les tests échantillons les plus représentatifs aux fins de présentation.

Les figures 19 à 22 sont la représentation graphique des résultats obtenus lorsque les murs revêtus de vinyle ont été soumis à des tests de rafale, tant positive que négative, aux taux les plus élevés de rafale. Le tableau 2 ci-dessous est un sommaire des charges maximales enregistrées lors des tests de charge de rafale sur les murs à revêtement de vinyle. Dans tous ces tests, on a noté que la plus grande partie de la pression de rafale est supportée par le pare-air de panneau de gypse, alors que les différences faibles de pression d'air sont supportées par le coffrage et que le revêtement lui-même ne supporte à peu près pas de pression (moins de 2 %).

TABLEAU 2 : Sommaire des pressions d'air maximales sur les composants muraux dans le cas des murs revêtus de vinyle

a) Panneau de gypse « totalement étanche »

Test no :	Taux de rafale initial (Pa/s)	Pression d'air totale en travers du mur (Pa)	En travers du pare-air (Pa)	En travers du coffrage (Pa)	En travers du revêtement (Pa)
1	1 800	1 070	1 037	70	10
2	2 700	1 018	979	89	10
3	4 100	1 008	958	116	15
4	1 900	-1 059	-1 022	-62	-2
5	3 200	-1 002	-962	-83	-18
6	5 100	-1 020	-961	-115	-17

b) Trou de 25 mm de diamètre dans le panneau de gypse

Test no :	Taux de rafale initial (Pa/s)	Pression d'air totale en travers du mur (Pa)	En travers du pare-air (Pa)	En travers du coffrage (Pa)	En travers du revêtement (Pa)
1	2 100	1 043	912	148	4
2	2 800	1 016	886	145	12
3	4 400	1 026	878	177	17
4	2 100	-1 006	-855	-150	-10
5	3 100	-985	-834	-154	-17
6	4 700	-984	-819	-172	-20

Le tableau 3 ci-dessous est un sommaire des charges maximales pour les tests portant sur les murs revêtus de parement en brique. Les figures 23 à 26 sont la représentation graphique des résultats des tests de rafale sur les murs revêtus de parement en brique, également pour les forces de rafale maximales. Comme dans le cas des murs à bardage de vinyle, les pressions de rafale supportées par le pare-air sont les plus fortes, le coffrage supportant des pressions relativement basses. Le revêtement de parement en brique a toutefois supporté des pressions beaucoup plus fortes en comparaison avec les tests des murs à revêtement de vinyle. Cela est attribuable à l'aire de ventilation de la brique, moins grande que celle du bardage de vinyle. La rigidité plus grande du parement en brique a aussi un effet.

TABLEAU 3 : Sommaire des pressions d'air maximales sur les composants muraux dans le cas des murs revêtus de parement en brique

a) Panneau de gypse « totalement étanche »

Test no :	Taux de rafale initial (Pa/s)	Pression d'air totale en travers du mur (Pa)	En travers du pare-air (Pa)	En travers du coffrage (Pa)	En travers du revêtement (Pa)
1	2 100	1 055	1 016	56	111
2	3 800	1 032	984	73	194
3	5 000	985	928	83	253
4	2 200	-998	-962	-53	-95
5	3 300	-1 028	-985	-71	-155
6	5 800	-1 043	-979	-88	-240

b) Trou de 25 mm de diamètre dans le panneau de gypse

Test no :	Taux de rafale initial (Pa/s)	Pression d'air totale en travers du mur (Pa)	En travers du pare-air (Pa)	En travers du coffrage (Pa)	En travers du revêtement (Pa)
1	2 200	1 038	883	131	132
2	3 800	1 045	883	145	219
3	4 800	996	824	147	258
4	2 200	-1 010	-858	-128	-111
5	3 500	-1 070	-903	-145	-181
6	6 300	-1 054	-859	-155	-282

Voici d'autres tendances observées dans les deux types de mur :

a) le niveau de pression supporté par les couches extérieures de la construction augmente lorsque la force de rafale grossit.

b) le niveau de pression supporté par le pare-air diminue à mesure qu'augmente la fuite d'air du mur (la pression supportée par les autres composants augmente).

c) il n'y a aucune différence importante entre le rendement en pression négative et en pression positive dans le cas du mur de brique, mais la pression supportée par le coffrage du mur revêtu de bardage de vinyle est plus forte dans les tests de pression négative.

En se basant sur les pressions supposées pour les éléments du pare-air dans un mur extérieur à ossature de bois, la construction doit être conçue pour résister aux pleines charges de rafale supposées, selon les recommandations visant le terrain en question dans les codes de construction pertinents.

Des facteurs tels qu'une mauvaise étanchéité du mur et l'absence de compartimentage rendent toutefois plus difficiles à établir les suppositions de charges de pression pour les éléments du revêtement. Si l'aire de fuite du pare-air est assez élevée, le revêtement pourra recevoir une charge importante de pression; et si la cavité derrière le revêtement est reliée aux façades adjacentes de l'édifice, l'effet d'égalisation de pression en travers du revêtement peut être éliminé.

Il semblerait donc nécessaire, dans un mur à écran pare-pluie, de prévoir des éléments de pare-air et des éléments de revêtement

extérieur capables de supporter de charges de rafale maximales.

Avant d'arriver à établir des suppositions réalistes de pression pour les éléments de revêtement, il faudra continuer les recherches afin de mesurer les niveaux de pression sur les éléments des murs. On devrait procéder en équipant les édifices d'instruments permettant d'enregistrer les distributions de pression à travers la construction du mur pendant une période de temps prolongée.

2.8 Conclusion

Les méthodes utilisées dans les tests d'étanchéité à l'air, les tests d'étanchéité à la pluie et les tests de charge de rafale ont permis de déterminer avec succès les qualités d'écran pare-pluie des murs échantillons soumis aux essais. Tous les murs échantillons construits se sont révélés assez hermétiques lorsque construits selon les méthodes décrites plus haut c'est-à-dire, plus précisément, ruban à vitrage et fourrure dans le cas du polyéthylène, et construction conventionnelle dans celui du panneau de gypse. Les tests d'étanchéité à la pluie ont montré qu'un parement en brique à pression égalisée résiste mieux à la pénétration de l'eau qu'un mur à pression non égalisée. Les tests de charge de rafale ont permis de découvrir que la pression du vent se transmet aux composants internes du mur. Par conséquent, pour avoir un écran pare-pluie fonctionnel, il faut un revêtement ventilé et drainé, un système pare-air à support structurel, et une cavité définie par des joints de compartimentage étanches.

Dans les tests d'étanchéité à l'eau comme dans les tests de charge de rafale, le coffrage et le papier de construction supportaient une proportion inattendue des charges de pression d'air. La chose a été attribuée à la faible perméabilité à l'air qui caractérise l'alliage du coffrage de panneau de fibre et du papier de construction. Ces

attributs peuvent se retrouver dans d'autres matériaux de construction utilisés pour les systèmes muraux, et il faudrait en tenir compte pour juger du rendement de tout modèle de mur à écran pare-pluie.

3 : Compartimentage

3.1 Introduction

Le mur à écran pare-pluie est composé d'un système de revêtement ventilé et drainé, d'une cavité derrière le revêtement, d'un pare-air afin de contenir la pression de la cavité, et d'un dispositif de compartimentage étanche. Un compartiment peut se définir comme une cavité contenue horizontalement et verticalement par des joints étanches situés dans les angles et aussi le long de la surface du plancher et du plafond si le compartiment est limité à un seul étage. On appelle généralement compartimentage le fait de sceller le périmètre. Lorsqu'il y a une cavité derrière un revêtement ventilé, et qu'elle communique tout autour de l'édifice, on dit que c'est une cavité continue. Dans ce cas, la pression de la cavité sur le côté exposé au vent se transmet rapidement autour des angles de l'édifice et empêche le revêtement d'égaliser la pression. C'est ainsi que se détermine le besoin de compartimentage.

Cette partie du projet étudie les effets de la distribution de la pression de l'air et de la distribution de la pression éolienne, avec ou sans compartimentage de la cavité, sur un modèle en vraie grandeur dans une soufflerie aérodynamique. L'étude a porté sur divers compartiments de cavité, y compris une cavité entièrement compartimentée aux quatre angles, une cavité continue, une cavité compartimentée aux angles en diagonale, et une cavité compartimentée sur une seule face, les trois autres étant reliées de façon continue. On a examiné les distributions de pression sur les faces du modèle et dans les cavités de chacune des configurations afin de déterminer la charge du revêtement de même que le transfert de la charge des pressions éoliennes à d'autres composants internes des murs.

3.2 Description du modèle

Le modèle à ossature de bois se composait d'une pièce carrée de 1,22 m de côté et de 1,22 m de hauteur (figures 1 et 2 de l'annexe A). La

construction était de poteaux de bois de 38 mm sur 89 mm posés à 406 mm d'axe en axe, avec un revêtement de vinyle horizontal de 4 sur 4 posé sur du papier de revêtement extérieur, un coffrage de panneau de fibre de 7/16 de po, et fini à l'intérieur avec un système pare-air de panneau de gypse de 12 mm. On a utilisé le même mode construction pour les quatre élévations. Les quatre murs ont été fermés au haut et au bas par une plate-forme. Ils ont été revêtus de contre-plaqué, et étanchéisés sur leurs faces internes afin d'entourer les murs échantillons. On a construit les angles du modèle de manière qu'il soit facile de relier et d'isoler les cavités des murs. Cette façon de procéder a permis de réaliser des combinaisons de compartimentage variées en ouvrant ou en fermant les orifices reliant entre elles les diverses cavités.

3.3 Instruments

Le modèle était muni de prises de pression partout dans la construction. Il s'agissait de tubes de métal de petit diamètre passant dans le panneau intérieur de gypse pour déboucher dans la cavité du mur, dans le mur pour déboucher dans la cavité derrière le vinyle, et dans le mur pour déboucher au dehors. Des tuyaux de plastique reliaient ces tubes de métal (les prises) à un système central de collecte de données. De plus, le périmètre de l'édifice modèle était muni d'un ensemble de buses de pression posées sur le bardage extérieur afin d'obtenir plus de données sur les pressions extérieures autour du modèle d'essai. On trouvera la disposition de ces robinets à la fig. 19 de l'annexe B. Pour toutes les mesures, la prise de pression de référence était l'orifice statique d'un tube de Pitot placé en amont du modèle d'essai dans la soufflerie aérodynamique.

3.4 Description de la soufflerie aérodynamique

On a fait l'essai du modèle dans la soufflerie aérodynamique à surface de séparation (boundary layer wind tunnel, BLWT2) de la faculté de génie et de science de l'Université Western Ontario. La soufflerie est un

système en circuit fermé à sections permettant de tester à haute comme à basse vitesse. La soufflerie BLWT2 fait 64 m de longueur, 15 m de largeur et environ 6 m de hauteur. La section basse vitesse a 53 m de long, 5 m de large et 4 m de haut. La soufflerie est desservie par un ventilateur à 10 lames, de 2,5 m ou « 8 pi » de diamètre, à vitesse variable de 215 kilowatt ou « 280 chevaux-vapeur », et à commande en courant continu (figure 18). Le modèle d'expérience a été installé dans la soufflerie sur une plaque tournante. Des tubes de Pitot étaient disposés en amont et au-dessus du modèle afin de mesurer les vitesses du vent dans le flot continu et au-dessus du modèle.

3.5 Méthode expérimentale

La première partie du test a consisté à calibrer les prises de pression du modèle d'expérience. À cette fin, on a enveloppé le modèle dans une feuille de plastique et on l'a ensuite pressurisé. On a pu ainsi calibrer chaque prise électroniquement au moyen d'un dispositif de balayage et d'un transducteur afin de déterminer si la prise était libre et sans obstruction avant de procéder aux essais dans la soufflerie.

Dans la deuxième partie, on s'est servi de la soufflerie que l'on a activée afin d'obtenir un vent d'environ 30 pieds à la seconde à l'endroit ou près du modèle d'expérience. On a relevé les pressions statiques pour chacune des buses de pression et toutes les autres prises de pression. On a effectué un relevé de chaque prise au moyen du dispositif de balayage pendant environ 60 secondes. Une fois les mesures enregistrées pour toutes les prises, on faisait faire au modèle une rotation de 45° vers la droite, et un nouveau test commençait. Après chacune des positions du modèle, position normale ou tournée, on arrangeait une nouvelle configuration de compartimentage et le processus était répété tel que décrit ci-dessus. Les résultats de chaque test sont illustrés sous forme de tableau à l'annexe B.

3.6 Résultats des tests

L'édifice modèle a été compartimenté de cinq façons et orienté dans deux directions pour un total de 10 tests. On a tourné une face du modèle normalement vers le vent, à 0° (figure 6), en alternance avec une rotation de 45° vers la droite (figure 7). Les modes de compartimentage incluaient les suivants : cavité entièrement compartimentée (figures 6, 7, 8 et 9), une cavité continue traversant l'espace entre les poteaux (figures 10 et 11), des compartiments en diagonale (figures 12, 13 et 14), et des compartiments à une seule élévation reliés à trois autres espaces entre poteaux (figures 15, 16 et 17).

Les diagrammes des figures 8 à 17 illustrent les coefficients moyens des pressions mesurées à la face de chaque élévation, les coefficients de pressions dans la cavité entre le bardage et le coffrage, les coefficients de pression dans la cavité entre les poteaux et la pression résultante sur l'intérieur du modèle. Toutes les mesures sont indiquées sous la forme d'une fraction de la vitesse totale du vent au point mort en rapport avec les mesures Pitot relevées en amont du modèle.

Les pourcentages inscrits dans les diagrammes indiquent la différence de pression de charge éolienne qui s'est produite au plan précis des matériaux, ou qui se serait produite aux joints de compartimentage étanches. On a obtenu ces valeurs en prenant la différence entre les coefficients de pression de chaque côté d'un plan et en la multipliant par 100. Les variations de coefficients de pression dans les aires de symétrie sont attribuées aux petites différences d'aire de fuite entre les zones de compartimentage. Les variations de coefficient de surface sont dues à la symétrie imparfaite du modèle.

Les figures 6 et 7 de l'annexe B illustrent la distribution des coefficients de pression sur la surface externe, obtenue à partir des prises de pression situées autour du modèle, avec un vent frontal d'une vitesse de 30 pieds à la seconde. On notera que les coefficients de

surface frontale sont positifs et montrent une valeur d'environ 1. Les deux côtés du modèle montrent des pressions négatives, légèrement plus élevées près du devant du côté A mais symétriques du côté B. La surface à l'abri du vent fait voir des pressions uniformes d'environ 0,7.

Noter le coefficient de pression intérieure résultante de -0,37. Il s'agit de la somme de tous les flots provenant de la façade antérieure à travers les fissures et les défauts, moins les flots allant du modèle vers les trois autres côtés à cause de défauts semblables.

Dans la figure 8, le modèle est entièrement compartimenté aux angles. La figure illustre les pressions résultantes dans chaque cavité individuelle. La cavité de l'élévation frontale montre des coefficients positifs et les trois autres côtés ont des pressions négatives reflétant les conditions des pressions éoliennes près de leur surface respective. Il faut noter que le revêtement de vinyle de la surface dans le vent ne voit que 2 % de la charge éolienne, alors que simultanément le coffrage voit 29 %, et le panneau de gypse 101 % de la pression éolienne de point mort. Il est aussi intéressant de noter que les charges de pression aux joints étanches de compartimentage de la cavité entre les poteaux, notamment entre les surfaces de devant et des côtés (A), sont considérablement supérieures au point mort : 170 % à l'intérieur et une charge de 213 % à l'extérieur.

À la figure 9, le modèle entièrement compartimenté a subi une rotation de 45° vers la droite de sorte que le vent donnait sur le côté B et la façade antérieure seulement. La même vitesse de vent a donné des coefficients de pression de surface d'environ 0,4 de moyenne, alors que les deux faces à l'abri du vent connaissaient des coefficients de pression négative de -1,04 et -1,12 respectivement. Avec cette orientation, il y a une réduction de la pression intérieure et une faible diminution de la charge sur le pare-air en panneau de gypse et sur les joints de compartimentage étanches.

Dans la figure 10, on a enlevé du modèle les joints de compartimentage étanches afin de créer une cavité continue autour des murs du périmètre.

L'orientation du modèle a été fixée à 0° et on a refait le test du vent en utilisant à peu près les mêmes vitesses de vent. Cette configuration a permis de noter des changements importants dans le coefficient de pression des cavités du mur. D'abord, la pression intérieure a baissé à $-0,54$ et toutes les cavités entourant l'espace intérieur ont connu des pressions négatives d'entre $-0,42$ et $-0,72$. Le système pare-air en panneau de gypse a supporté une charge éolienne maximum de 15% , alors qu'elle était de 150% pour le coffrage extérieur et le papier de revêtement de la façade antérieure. Le papier et le coffrage n'avaient pas été choisis intentionnellement pour leur étanchéité, mais ils ont tout de même fait preuve d'une plus grande résistance que prévu, et qui pourrait expliquer pourquoi on a constaté que les pare-air intérieurs dans les plans d'étage non compartimentés ne se séparaient pas de leurs attaches sur les surfaces intérieures. Noter aussi la très petite charge, 5% , sur le bardage de vinyle du côté (A). C'est probablement parce que le coffrage dans la cavité est relativement étanche en comparaison avec le bardage de vinyle, et que le dispositif de compartimentage étanche entourant le bord du vinyle est satisfaisant.

Dans la figure 11, on a fait faire au modèle à cavité continue une rotation de 45° . Dans cette orientation, la pression à l'intérieur des cavités varie moins que dans l'orientation normale. Les charges du pare-air sont petites, de moins de 30% , mais on remarque une charge importante aux bords et aux joints étanches du compartiment de bardage. La charge principale semble encore être supportée par le coffrage et le papier de revêtement sur toutes les façades.

Aux figures 12, 13 et 14, la cavité est divisée en diagonale et on la fait tourner dans trois directions. Dans tous les cas, la charge du bardage de vinyle est inférieure à 20% de la charge éolienne totale. La charge reçue par les joints de compartimentage étanches dans les cavités entre les poteaux est importante aux figures 12 et 13, mais elle est effectivement neutralisée à la figure 14. Ce fait est attribuable à la symétrie de la charge relativement à la situation des joints de

compartiment étanches. Dans la figure 13, la cavité du côté du vent dans la soufflerie est positive, alors que la pression est négative pour la cavité du côté à l'abri du vent. Cela entraîne des charges élevées sur les joints de compartimentage étanches et sur les pare-air.

Dans la figure 15, la cavité du mur est compartimentée seulement à la façade antérieure. Comme dans le cas de compartimentage total, le coffrage et le pare-air de la façade antérieure montrent une charge importante, mais non pas le revêtement; les autres façades montrent une différence de pression plus faible entre le dehors et le dedans, et une charge distribuée plus également parmi tous les composants de la construction.

Dans la figure 16, comme dans presque toutes les autres figures tournées à 45° , la pression de la cavité du bardage semble légèrement plus élevée que les pressions du dehors. Cela est dû au processus utilisé pour faire la moyenne dans le cas des nombres simples à l'extérieur de chaque façade. Il est probable que la charge de pression reçue par la cavité est affectée par les joints et les événements du bardage, répartis sur la longueur des pièces de bardage.

Dans la figure 17, le compartiment unique est à l'arrière du modèle et il est évident, selon la distribution de la charge, que cette disposition n'affecte pas les cavités adjacentes, compartimentées ou non. On peut voir que la charge principale est supportée par le coffrage et le papier de construction.

3.7 Conclusion

Les résultats de la recherche menée dans la soufflerie semblent indiquer que le compartimentage des cavités murales tend à transférer la pression d'air au système pare-air. Les résultats des tests ont aussi permis de noter que les joints de compartimentage étanches devraient être conçus pour pouvoir supporter des charges dépassant 2,0 fois la charge éolienne

Bien qu'on n'ait pas eu l'intention d'utiliser le papier de construction et le coffrage extérieur en panneau de fibre comme pare-air, leur étanchéité à l'air et leur rigidité ont fortement affecté la distribution des pressions à l'intérieur des murs et en particulier sur le pare-air. Cette distribution de pression variait également selon que la cavité était compartimentée ou non.

On a remarqué, dans les cas sans compartimentage, que les pressions se dissipent autour des cavités. Cette forme d'équilibre se produit aussi parce que l'air peut circuler plus facilement autour de la cavité que lorsqu'il y a compartimentage. Il y aurait alors également tendance à une plus grande pénétration d'humidité. Les résultats des tests démontrent toutefois clairement que le compartimentage est nécessaire pour réduire les charges de pression d'air sur la couche extérieure de la construction, et sur le coffrage et le bardage. Ou encore, le compartimentage transférera la charge éolienne au pare-air et aux joints étanches. Il faudra des recherches supplémentaires pour déterminer la vitesse des déplacements d'air dans les cavités et trouver aussi les distributions de charge dans d'autres systèmes qui utilisent, plutôt que le papier de construction et le coffrage en panneau de fibre, un coffrage isolé dont les caractéristiques sont différentes.

3.8 **Recommandations**

1. Nous recommandons donc que soit privilégiée une méthode faisant appel au compartimentage. Il faudra cependant accorder toute l'attention nécessaire aux détails de la construction et aux types de joints de compartimentage étanches qui seront utilisés.

2. Nous recommandons que soient entrepris des tests en soufflerie portant sur des modèles de construction variée, y compris le bardage de bois, le bardage de métal, le parement de brique, et le stuc combiné à un coffrage extérieur isolé ou à des isolants rigides.

3. Étudier le rendement d'un modèle après avoir pratiqué des ouvertures variées dans le pare-air, aux fins de l'expérience, afin de déterminer les effets de la pression intérieure.

4. Il faudrait entreprendre la mise au point de joints de compartimentage étanches pour les constructions à ossature de bois et pour divers systèmes de revêtement afin de déterminer les caractéristiques de fuite et les qualités pratiques des détails.

5. Étudier simultanément la vitesse de l'air dans la cavité et les distributions de pression.

4. UN MODÈLE DE SIMULATION

4.1 Introduction

La mise au point d'un mur à écran pare-pluie exige que l'on détermine les paramètres physiques suivants : le volume de la cavité, l'aire de ventilation, les critères de rigidité du revêtement et de la matière du pare-air, et l'aire de fuite du système pare-air. Il est également entendu que le volume de la cavité est contenu par des joints de compartimentage étanches qui doivent être tout à fait hermétiques.

Le concepteur peut se servir d'un modèle de simulation pour déterminer le rendement, quant à l'égalisation de la pression, des qualités et caractéristiques susmentionnées. Le modèle de simulation permet de prédire comment un système de mur se comportera au moment d'égaliser la pression, en ce qui a trait à la distribution structurelle de la charge de pression d'air et au temps mis à égaliser la pression. Le modèle de simulation est construit selon les lois fondamentales des gaz et les équations de base de la dynamique des fluides.

4.2 Mise au point du modèle

Le modèle de simulation dont il sera ici question a été mis au point afin de simuler les conditions d'un compartiment à cavité unique, un plan présentant des caractéristiques de revêtement et un autre plan, les attributs d'un pare-air. On suppose, dans toutes les simulations, que la pression intérieure est la pression de référence et on choisit, aux fins de la simulation, diverses forces de charge et conditions initiales de pression de la cavité.

Des recherches antérieures ont montré que les caractéristiques de charge propres au vent en rafale ressemblent de très près à une fonction impulsionnelle triangulaire. Cependant, afin de simuler le comportement des tests en laboratoire, le modèle utilise une équation exponentielle pour reproduire la charge qui heurte le mur. La force avec laquelle la

charge est appliquée peut être ajustée en changeant la valeur de l'exposant dans l'équation.

La réaction de la pression de la cavité dans un mur à écran pare-pluie est une fonction de la loi de base des gaz :

$$P = \frac{nRT}{V} \dots\dots\dots(2,1)$$

- où
- P = pression absolue (Pa)
 - V = volume (m³)
 - n = nombre de moles dans l'air (moles)
 - R = constante des gaz (J/(moleK))
 - T = température absolue (K)

Dans la mise au point du modèle de simulation, on a supposé que la température serait constante, et on a attribué une valeur de 20 °C ou 293 °K à la condition standard. On a aussi supposé que la constante des gaz ne changerait pas de façon significative.

Pour comprendre comment se produit l'égalisation de la pression, il faut penser à une situation dans laquelle une pression positive est appliquée à la surface d'un mur. L'égalisation de la pression se produit lorsque la pression existant dans la cavité s'élève ou s'abaisse pour s'adapter à la pression appliquée. Le déplacement de l'air dans la cavité est un des mécanismes pour augmenter la pression dans la cavité. La masse d'air requise pour réaliser l'égalisation dépend du volume de la cavité. Le rythme auquel se produit l'égalisation dépend de la vitesse à laquelle l'air peut pénétrer dans la cavité, vitesse obtenue par l'équation suivante :

$$Q = CA \left(\frac{2 \Delta P}{D} \right)^n \dots(2,2)$$

- où
- Q = taux de fuite d'air (m³/s)
 - C = coefficient de débit (sans unité)
 - A = aire totale de l'ouverture (m²)
 - P = différence de pression (Pa)
 - D = densité de l'air (kg/m³)
 - n = exposant (entre 0,5 et 1)

Le taux de pénétration de l'air dans la cavité change constamment. La différence de pression change en travers de la cavité à mesure que l'air entre, et c'est la différence de pression en travers de la cavité qui est la force motrice déterminant le taux d'entrée d'air ou de sortie d'air de la cavité.

Un autre paramètre qui entraîne l'augmentation ou la diminution de la pression dans la cavité est relié à la déformation du volume de la cavité. Selon leur rigidité (ou leur flexibilité), le revêtement et aussi le pare-air fléchissent sous la force appliquée et changent le volume de la cavité. Si le revêtement fléchit plus que le pare-air, le volume de la cavité diminue et la pression de la cavité augmente sans qu'il y ait entrée d'air dans la cavité.

Dans des situations réelles, il peut se produire une combinaison de déplacement d'air et de changement de volume de la cavité causé par le fléchissement du revêtement et du pare-air. Le programme tente de modéliser ces événements simultanés. Il en résulte l'équation suivante à résoudre :

$$P_c = \frac{287 \cdot T [V_0 \cdot d_e + (A_i \cdot C_d \cdot T_s \cdot \sqrt{2 \cdot d_e \cdot (P_c - P_c)}) - (A_2 \cdot C_d \cdot T_s \cdot \sqrt{2 \cdot d_e \cdot (P_c - P_i)})]}{V_0 - k_1 (P_c - P_c) + k_2 (P_c - P_i)} \dots (2.3)$$

où	Pc	=	pression absolue de la cavité (Pa)
	T	=	température absolue (K)
	Vo	=	volume initial de la cavité (m ³)
	de	=	densité de l'air (kg/m ³)
	Ai	=	aire de fuite du revêtement (m ²)
	Cd	=	coefficient de débit (sans unité)
	Ts	=	intervalle de temps (s)
	A2	=	aire de fuite du pare-air (m ²)
	Pi	=	pression intérieure (Pa)
	k1	=	flexibilité constante du revêtement (m ³ /Pa)
	k2	=	flexibilité constante du pare-air (m ³ /Pa)

L'équation résultante s'étant révélée trop difficile à manier pour pouvoir en faire l'analyse directe, on l'a divisée en segments plus petits et résolue numériquement au moyen d'un programme d'ordinateur

utilisant une itération. On trouvera à l'annexe C un listage du programme d'ordinateur. Le programme est aussi disponible sur disquette, accompagné des directives d'utilisation, et sera distribué par la SCHL sur demande.

4.3 Paramètres d'entrée

En exécutant le programme, l'utilisateur doit entrer les paramètres suivants :

Numéro du test
Volume de la cavité (m^3)
PF X1 (m^3/Pa)
PF X2 (m^3/Pa)
VA1 (m^2)
VA2 (m^2)
Temps (s)
Inc. (s)

Chacun de ces paramètres est expliqué ci-dessous.

Numéro du test

Entrée numérique sans dimension donnant le numéro de l'essai.

Volume

Volume initial de la cavité, en supposant que le mur est en situation d'équilibre à une pression absolue de 101000 Pa.

PFX1

Flexibilité constante du revêtement. Une flexibilité constante égale à zéro représente un revêtement rigide qui ne fléchit pas sous la charge. Les unités sont des m^3/Pa qui représentent le déplacement volumétrique d'un plan de matériaux soumis à une différence de pression.

PFX2

Flexibilité constante du pare-air. Une flexibilité constante de 0,00005 m³/Pa représente un matériau très flexible, par exemple une pellicule de polyéthylène de 4 mil traversant 405 mm dans un mur à ossature de bois.

VA 1

L'aire totale de fuite et d'évent du revêtement. Une valeur type pourrait être de 0,0024 m², par exemple, pour un mur de brique de 8 pi sur 8 pi ventilé aux joints de bout à tous les 24 po d'axe en axe.

VA 2

L'aire totale de fuite et de ventilation du pare-air. Cette valeur devrait se situer à zéro ou très près de zéro.

Temps et Inc.

Ces nombres définissent la durée de la simulation. Inc. (increment) représente l'augmentation de temps qui est censée s'être écoulée avant la résolution de l'équation d'égalisation. L'augmentation prédéfinie est de 0,05 s. Le temps est le nombre total de secondes de temps réel que dure la simulation.

Un certain nombre d'autres paramètres peuvent être changés dans le programme. Ce sont pour la plupart des paramètres auxquels on a attribué des valeurs constantes. En voici la description :

Charge

Le programme a été conçu pour simuler une structure de charge éolienne à décroissance exponentielle depuis une pression positive absolue de 101000 Pa. On suppose une pression d'air de 100 000 Pa.

L'équation du taux de charge éolienne prend la forme suivante :

$$P = 1\ 000 e^{-nt}$$

où $n = 5$

$t =$ temps (s)

En diminuant la variable n , on réduit le taux de variation de la pression ou on diminue la force de charge éolienne. On a choisi de donner à n une valeur de 5 parce que selon des recherches antérieures, il s'agit là du taux de charge le plus représentatif d'un changement de pression de rafale à vitesse moyenne.

4.4 Résultats de sortie

Les résultats du programme d'ordinateur sont versés dans un fichier de données en format colonnes comme suit :

- Colonne 1 : Numéro d'itération
- Colonne 2 : Temps (s)
- Colonne 3 : Pression éolienne absolue (Pa)
- Colonne 4 : Pression absolue de la cavité (Pa)
- Colonne 5 : Différence de pression en travers du revêtement
(Col 4 - Col 3) (Pa)
- Colonne 6 : Différence de pression en travers du pare-air
(Col 4 - P_i) (Pa)
- Colonne 7 : Volume de la cavité (m^3)
- Colonne 8 : Masse d'air dans la cavité (kg)
- Colonne 9 : Déplacement d'air à travers le revêtement (l/s)
- Colonne 10 : Déplacement d'air à travers le pare-air (l/s)

Si l'on veut manipuler encore plus ces données ou en obtenir la représentation graphique, on peut les transférer dans un programme de calculs en tableaux du type Lotus 1-2-3.

Les données importantes pour les concepteurs sont le temps d'égalisation et la charge maximale sur le revêtement extérieur. Ces valeurs peuvent s'obtenir par un balayage de la colonne 4 du fichier de données. La charge maximale est facilement discernable en faisant un balayage de cette colonne de données. Le temps d'égalisation est passablement plus difficile à établir.

4.5 Validation comparative

Pour valider le modèle de simulation, il a fallu en comparer les résultats au rendement mesuré d'autres systèmes. Les résultats de sortie qui ont de l'importance sont la différence de pression d'air sur le revêtement en charge maximale, et le temps d'égalisation pour une rafale de durée et de type particuliers. On a comparé les résultats du modèle de simulation au rendement mesuré d'un système de mur-rideau de métal et de verre. Le rendement de ce mur-rideau avait fait l'objet d'un rapport dans les Actes de la Conférence centenaire de la SCGC qui s'est tenue du 19 au 22 mai 1987, rapport reproduit dans le tiré à part numéro 1547 de l'IRC/NRC.

Les publications susmentionnées ont permis de déterminer que les composants et la géométrie du mur-rideau de métal et de verre soumis à des tests se caractérisaient par les traits suivants : le volume de la cavité était de $0,15 \text{ m}^3$; l'aire de fuite était de $0,00023 \text{ m}^2$; le coffrage de fond ne laissait passer aucune fuite; et la rigidité estimative était de $0,000002 \text{ m}^3/\text{Pa}$ pour le tympan de verre et de $0,000005 \text{ m}^3/\text{Pa}$ pour le coffrage de fond. Nous avons introduit ces paramètres dans notre modèle de simulation avec une charge exponentielle affichant une décroissance de $4\ 000 \text{ Pa/s}$. En comparant les résultats mesurés et les résultats calculés, on notera qu'ils sont très proches les uns des autres. Il y a une différence notable dans la pente de décroissance, mais les charges maximales et les temps de durée sont à peu près les mêmes dans des conditions semblables de charge.

Caractéristiques de régime permanent

Le modèle de simulation a été mis au point avant tout pour simuler des conditions de charge éolienne de rafale. Des expériences nous ont cependant permis de découvrir que pour des conditions de régime permanent, il est possible de déterminer la distribution de la pression en travers du revêtement (vinyle, stuc, brique) et du système pare-air (coffrage, gypse) au moyen des équations suivantes :

$$CL = \frac{La^2 (Pe - Pi)}{La^2 + Va^2} \quad \dots\dots\dots(2.5)$$

$$AL = \frac{Va^2 (Pe - Pi)}{La^2 + Va^2} \quad \dots\dots\dots(2.6)$$

- où
- CL = charge du revêtement (Pa)
 - AL = charge du pare-air (Pa)
 - La = fuite du pare-air (m²)
 - Va = aire de ventilation (m²)
 - Pe = pression extérieure absolue (Pa)
 - Pi = pression intérieure absolue (Pa)

Par exemple, si un mur échantillon a une aire de ventilation de 0,001 m² à travers les trous d'évacuation des briques, et une aire de fuite de 0,001 m² à travers le système pare-air, la charge éolienne (Pe - Pi) approximative de 500 Pa apparaîtrait comme 250 Pa sur le revêtement et 250 Pa sur le système pare-air. Il y aurait aussi un déplacement d'air, correspondant à la dimension réelle de la fuite, et auquel on donne généralement le nom d'infiltration. Il faut noter que la flexibilité ou la rigidité du revêtement ou du système pare-air n'a pas d'importance ou d'effet sur les pressions de distribution en régime permanent; mais le fléchissement des composants du revêtement ou du système pare-air soumis à des charges de régime permanent peut se révéler inacceptable.

Il est donc facile, en se basant sur les caractéristiques connues des aires de fuite dans les divers systèmes d'un mur compartimenté, de déterminer la distribution de la pression en régime permanent dans un

mur extérieur; on peut aussi y arriver à partir des mesures de pression prises sur le terrain et d'un autre paramètre, soit l'aire de fuite ou de ventilation du revêtement, soit l'aire de fuite du système pare-air.

Caractéristiques de la charge dynamique

Les charges dynamiques sur le revêtement et la distribution résultante des pressions dans le mur sont plus difficiles à prédire, et c'est là qu'entre en jeu notre modèle de simulation. D'abord, pour simuler un effet de rafale ou une charge transitoire, nos méthodes d'expérience ont consisté à pressuriser une chambre et à libérer soudainement la pression au moyen d'une valve et d'un obturateur d'orifice spéciaux, afin de provoquer un changement rapide de pression. Le taux de changement de pression de la chambre peut se fixer à rapide, moyen ou lent grâce à un choix d'orifices de dimensions et à diaphragmes variés. En se servant de cette méthode, on a pu constater que la diminution ou l'augmentation de pression allait en décroissant selon une courbe exponentielle, et qu'il était donc possible de l'analyser et de la simuler.

Bien que le modèle des rafales simulées n'imité pas le comportement du vent, il illustre toute la dynamique des effets du vent; c'est pourquoi nous avons cru qu'il pourrait servir à valider le modèle de simulation. La simulation utilise donc à cet effet une formule de charge exponentielle. Il faut noter que la simulation peut aussi s'exécuter à l'aide d'une charge pulsionnelle triangulaire d'amplitude et de fréquence variable et/ou d'une charge sinusoïdale de quelque fréquence ou amplitude que ce soit. Voir les listages de programme no 1 et no 2, et les figures 10 et 11 de l'annexe C.

La section suivante procède à une analyse très précise de l'effet des paramètres. Nous croyons que le modèle fournit une bonne première approximation du comportement dynamique de la pression de la cavité quant aux caractéristiques notées, mais il faudrait aussi le comparer aux résultats d'autres assemblages, notamment les systèmes de murs en

maçonnerie creuse, les panneaux muraux sandwich préfabriqués, et d'autres composants et éléments structurels semblables, afin de déterminer si les effets de dimension ou d'échelle manifestent une influence importante.

Il faut noter que le modèle mathématique ne tient pas compte des effets de la résonance de l'air dans la chambre, ou de la réaction de fréquence des matériaux en ce qui a trait à de possibles oscillations dynamiques de la masse d'air ou d'autres composants du mur-rideau de métal et de verre. Selon les mesures prises dans le système décrit, la pression de la cavité décroît sans qu'il y ait comportement oscillatoire.

4.6 Exemples de simulation

On a exécuté plusieurs exemples de simulation afin d'expliquer l'utilisation du programme et l'effet du changement des paramètres d'entrée. On s'est d'abord entendu sur certaines conditions de base, celles d'un mur à parement en brique de 2 438 mm sur 2 438 mm avec une cavité de 19 mm et une paroi de sécurité en béton. On présuppose des composants rigides tant pour le revêtement que pour le système pare-air. Les valeurs des paramètres d'entrée utilisés dans la simulation sont résumées à la première ligne du tableau 2.1. On a ensuite fait varier chaque paramètre d'entrée tel qu'indiqué au tableau 4.1. Les résultats apparaissent aux diagrammes des figures 1 à 7 de l'annexe C.

TABEAU 4 : PARAMÈTRES D'ENTRÉE POUR LES EXEMPLES DE SIMULATION

Exemple	VOL m ³	PFX1 m ³ /Pa	PFX2 m ³ /Pa	VA1 m ²	VA2 m ²	DURÉE D'EXÉCUTION (s)	INC (s)
Conditions de base	0,1	0	0	0,0001	0	4	0,05
Volume de la cavité augmenté	0,5	0	0	0,0001	0	4	0,05
Flexibilité du revêtement augmentée	0,1	5x10 ⁻⁶	0	0,0001	0	4	0,05
Flexibilité du pare-air augmentée	0,1	0	1x10 ⁻⁶	0,0001	0	4	0,05
Fuite du revêtement augmentée	0,1	0	0	0,0005	0	4	0,05
Fuite du pare-air augmentée	0,1	0	0	0,0001	0,0001	4	0,05

4.7 Discussion

Analyse paramétrique

Le fait d'augmenter le volume initial a augmenté de façon significative la charge maximale sur le revêtement et la durée de l'égalisation. Ce résultat était à prévoir parce que le volume plus élevé fait qu'il faut évacuer une plus grande quantité d'air pour arriver à l'égalisation. L'aire de ventilation restreinte limite toutefois la vitesse à laquelle l'air peut être évacué de la cavité.

Le fait d'augmenter la flexibilité du revêtement a réduit la charge maximale sur le revêtement mais augmenté la durée de l'égalisation. Ceci est attribuable à la déformation élastique du revêtement, qui fait que la pression de la cavité suit la pression extérieure. Cependant, à

mesure que la charge diminue, le revêtement déformé supportera une différence jusqu'à ce qu'il revienne en position de repos.

En augmentant la flexibilité du pare-air, on augmente la réaction à la charge maximale sur le revêtement et aussi la durée de l'égalisation.

En augmentant l'aire de ventilation (ou la fuite du revêtement), on réduit la charge maximale et aussi la durée de l'égalisation. Ce résultat était prévu parce qu'une plus grande quantité d'air pouvait sortir de la cavité durant la même période de temps.

En augmentant la fuite à travers le pare-air, on réduit la charge maximale et on augmente légèrement la durée d'égalisation. Dans cette situation, la pression de la cavité décroît tant vers l'extérieur que vers l'intérieur au cours de la simulation pour accélérer l'égalisation de la pression. Dans des conditions d'accroissement de la pression, on s'attendrait à ce qu'une fuite dans le pare-air ait l'effet contraire.

Les exemples de simulation, bien qu'en nombre limité, démontrent la sensibilité du modèle relativement à chacune des variables. On trouvera à la section 6.1 une comparaison des résultats du modèle avec ceux du test réel.

4.8 Restrictions et développement futur

La simulation peut donner des résultats imprévisibles lorsque les paramètres d'entrée dépassent des limites réalistes. Les paramètres d'entrée relatifs à l'aire de fuite et au coefficient de flexibilité peuvent être difficiles à déterminer lorsque l'on essaie de concevoir un mur. Il faut plus de données d'expérience si l'on veut définir des zones typiques à ces paramètres.

Le développement futur du modèle pourrait prendre les orientations suivantes :

1) permettre à l'utilisateur d'entrer la description des matériaux de construction et laisser l'ordinateur trouver des constantes de flexibilité;

2) étendre le modèle de simulation afin de créer des conditions utilisant une pression éolienne de régime permanent;

3) donner plus de flexibilité à l'utilisateur en ce qui a trait aux charges de force de rafale;

4) élaborer un concept à nombre simple afin de définir la charge maximale et l'égalisation de pression; la réaction pour un système de mur à écran pare-pluie;

5) étendre le modèle afin d'y inclure un indice de pénétration de la pluie tiré des données climatiques (l'indice météo); et

6) développer le modèle plus avant afin de pouvoir prédire l'indice de pénétration de la pluie pendant des tempêtes de 15 min., d'une heure et de quatre heures.

5. DISCUSSION

5.1 Pénétration de la pluie

La pénétration de la pluie est un des problèmes les plus anciens des propriétaires de maisons, et pourtant c'est un problème qui se produit encore trop souvent. La pénétration de la pluie peut endommager non seulement les finitions et les matériaux intérieurs, mais aussi la structure même des murs.

Une référence importante au sujet de la pénétration de la pluie est l'article de Kirby Garden, « Pénétration de la pluie et moyens de l'empêcher », dans le numéro 40 du Digeste de la construction au Canada. Ce document paru en 1963 est un des premiers à mentionner le principe de l'écran pare-pluie. C'est en fait cet article qui a vu l'apparition du terme « écran pare-pluie ouvert ». Le numéro 40 du DCC a servi de base aux explications qui suivent relativement à la pénétration de la pluie.

La pénétration de la pluie se produit lorsque les éléments suivants se combinent : de l'eau à la surface du mur, des ouvertures par lesquelles elle peut passer, et une force qui pousse l'eau dans ces ouvertures. On peut empêcher la pénétration de l'eau en éliminant un de ces trois éléments. Des débords de toit assez larges peuvent aider à protéger les murs d'un édifice peu élevé mais il est peu probable qu'ils empêchent complètement la pluie d'atteindre les murs. Il devient donc nécessaire d'éliminer un des deux autres éléments pour arriver à enrayer la pénétration de la pluie.

La méthode de la façade étanche tente de faire disparaître du mur toutes les ouvertures par lesquelles l'eau pourrait passer. Les matériaux utilisés à cette fin sont cependant exposés à des conditions climatiques extrêmes et aux mouvements de l'édifice. Même si l'on éliminait les problèmes d'erreur de construction et de mauvaise exécution et que l'on obtienne ainsi une étanchéité parfaite, les intempéries normales vont éventuellement entraîner la détérioration et la défaillance des

dispositifs d'étanchéité, et il apparaîtra dans le mur des interstices qui laisseront passer l'eau. Ces fissures peuvent malheureusement être minuscules et difficiles à repérer, si bien que même un programme massif d'entretien peut se révéler impuissant à les enrayer complètement.

L'autre façon d'empêcher la pénétration de la pluie consiste à éliminer les forces qui poussent ou attirent l'eau dans le mur. On considère généralement ces forces au nombre de quatre : l'énergie cinétique, la capillarité, la gravité et les différences de pression éolienne. Chacune de ces forces est expliquée ci-dessous.

L'énergie cinétique

Lors d'une tempête de pluie poussée par le vent, les gouttelettes de pluie peuvent être soufflées directement dans les grandes ouvertures du mur, mais s'il n'y a pas d'entrée directe vers l'intérieur elles n'entrent pas profondément dans le mur. Lorsque des ouvertures importantes sont inévitables, comme aux joints, l'usage de tasseaux, de clavettes, de chicanes ou de recouvrements s'est révélé efficace pour minimiser la pénétration de l'eau causée par l'énergie cinétique des gouttes de pluie.

La capillarité

La tension superficielle de l'eau fait que les pores d'un matériau ont tendance à absorber une certaine quantité d'humidité jusqu'à ce que le matériau approche le point de saturation. Si des capillaires passent de l'extérieur à l'intérieur, l'eau peut se déplacer à travers le mur sous l'effet de la succion capillaire. Bien que la pénétration partielle de l'eau dans un mur par capillarité soit caractéristique d'un matériau de revêtement poreux, il est possible d'éviter que l'eau ne traverse le mur en créant une discontinuité ou un espace d'air.

La gravité

La force de la gravité fait que l'eau descend sur la surface d'un mur et s'introduit dans le mur par tout passage en pente descendante. Pour

empêcher que la gravité ne fasse pénétrer l'eau par les joints, on les construit généralement de façon à ce qu'ils donnent sur l'extérieur en pente descendante. Les fissures ou ouvertures non intentionnelles sont plus difficiles à contrôler. S'il y a une cavité directement derrière la face externe du mur, l'eau qui ne coule pas à travers le mur sera dirigée vers le bas, par la gravité, sur la face interne du mur extérieur. En arrivant au fond de la cavité, l'eau peut alors être évacuée vers le dehors au moyen de bandes de recouvrement en pente.

Différence de pression d'air

Une différence de pression d'air en travers du mur d'un édifice peut provenir de l'effet de cheminée, du vent et/ou de la ventilation mécanique. Si la pression est plus grande sur la face extérieure du mur que sur l'intérieur du mur, l'eau pourra être poussée dans le mur à travers des interstices minuscules. Les recherches ont montré que c'est ainsi que la plus importante quantité de pluie traverse le revêtement. Cette force peut être éliminée ou réduite au moyen d'une cavité à pression égalisée. La section qui suit examine en détail ce concept.

5.2 Principes de l'égalisation de la pression

En théorie, le revêtement à pression égalisée neutralise la différence de pression de l'air en travers du revêtement (causée par le vent), et qui cause la pénétration de l'eau. Il est impossible d'empêcher le vent de souffler sur une maison mais il est possible de contrecarrer la pression du vent de façon à ramener à presque zéro la différence de pression en travers du revêtement extérieur. Si on arrive à mettre à zéro cette différence de pression, on élimine une des forces principales qui causent la pénétration de la pluie.

Un mur à écran pare-pluie comprend deux couches posées sur des parois séparées par un espace d'air ou une cavité. La couche externe, ou revêtement, est ventilée vers le dehors. Lorsque le vent souffle sur la façade de l'édifice, il devrait se créer une différence de pression en

travers du revêtement; mais si la cavité derrière le revêtement est ventilée vers le dehors, une partie du vent qui souffle sur l'édifice entre dans la cavité, faisant que la pression de la cavité augmente jusqu'à égaler la pression extérieure. Ce concept d'égalisation de la pression présuppose que la paroi interne du mur est étanche. Pour réaliser l'égalisation de pression, cette paroi interne, comprenant un pare-air, doit pouvoir supporter les charges éoliennes. S'il y a des fissures dans le pare-air, l'égalisation de pression ne se produit pas dans la cavité et il peut y avoir pénétration de la pluie.

Un autre avantage à considérer est que la charge éolienne ne sera pas imposée au revêtement extérieur. Il est possible, éventuellement, de concevoir un revêtement extérieur de mur à écran pare-pluie qui soit beaucoup plus léger que les revêtements traditionnels, ce qui permettrait des économies dans la construction.

Le concept d'égalisation de la pression est facile à comprendre lorsque l'on considère des conditions de régime permanent, mais le vent est dynamique et les pressions éoliennes extérieures qui heurtent la façade d'un édifice sont en état de flux constant. Des recherches antérieures ont montré qu'il y a généralement un délai entre l'application de la charge éolienne extérieure et l'égalisation de la pression dans la cavité. Ce délai est la cause d'une différence de pression en travers du revêtement extérieur. Pour que le concept d'écran pare-pluie soit efficace, ce délai doit être le plus bref possible. Par conséquent, en examinant le rendement d'un mur à écran pare-pluie, un des premiers facteurs à considérer est la durée de l'égalisation. Un autre facteur est la distribution de la charge sur le revêtement extérieur. Plus la charge est importante, plus grande est la force qui pousse la pluie vers l'intérieur, plus longue est la durée de l'égalisation, et plus la pluie est susceptible de pénétrer.

On peut tolérer une certaine pénétration à travers le revêtement extérieur, parce que la cavité devrait être conçue pour évacuer cette

eau. Il reste cependant souhaitable, pour la fonction d'ensemble du mur, de minimiser toute pénétration de pluie. Par conséquent, le mur à écran pare-pluie « idéal » devrait permettre une égalisation instantanée de la pression et le revêtement extérieur n'aurait jamais à supporter aucune charge éolienne. Voilà qui est presque impossible à réaliser concrètement. Nous nous attendons donc à ce que les murs à écran pare-pluie aient une durée brève d'égalisation et à ce qu'une petite partie seulement de la charge éolienne maximale frappe le revêtement.

La durée de l'égalisation semble à première vue être une question intuitive raisonnable. La définition la plus simple en serait la longueur de temps requis après l'application d'une charge extérieure avant que la cavité atteigne la même pression. Cependant, selon nos recherches, bien que la pression sur le revêtement puisse approcher zéro, l'égalisation suit une décroissance exponentielle et peut dès lors ne jamais se produire. Il peut donc être plus approprié de définir le temps d'égalisation comme le temps qu'il faut pour que la cavité atteigne un certain pourcentage de la charge appliquée, ou la différence entre l'impulsion de la charge appliquée et la charge de réaction.

5.3 Facteurs influençant l'égalisation de la pression

Un certain nombre de paramètres du mur affectent la vitesse à laquelle se produit l'égalisation de la pression, entre autres :

- l'aire de fuite du système pare-air
- la surface des ouvertures de ventilation
- le volume de la cavité
- la rigidité du système pare-air
- la rigidité du revêtement
- l'étanchéité du périmètre de la cavité (compartimentage)

La vitesse et l'importance de la charge appliquée affecteront aussi le temps d'égalisation. Chacun de ces facteurs est expliqué ci-dessous.

5.4 Le système pare-air

Si le pare-air est parfaitement étanche, lorsqu'une pression est appliquée au mur, tout l'air entrant dans la cavité par le revêtement ventilé reste dans la cavité où il fait augmenter la pression. S'il y a fuite dans le pare-air, l'air passe de la cavité à l'intérieur de l'édifice et l'égalisation ne se produit pas. Le rapport entre la différence de pression d'air en travers du mur et la différence de pression d'air en travers du revêtement dépend de l'étanchéité relative du revêtement et du pare-air. Idéalement, le pare-air ne devrait pas fuir, pour que l'écran pare-pluie fonctionne au maximum et aussi pour empêcher l'exfiltration de l'air intérieur et l'infiltration de l'air extérieur.

5.5 Aire des ouvertures de ventilation

L'égalisation de la pression dépend en partie du déplacement de l'air qui entre et sort de la cavité. La vitesse à laquelle l'air peut passer à travers le revêtement dépend de la surface des ouvertures dans la cavité. S'il n'y a qu'une seule petite ouverture, l'égalisation peut être lente, alors que s'il y a plusieurs ouvertures, l'égalisation peut être beaucoup plus rapide. Les recherches indiquent que la surface requise pour les événements dépend du volume de la cavité et de la rigidité du système de revêtement et du système pare-air.

5.6 Volume de la cavité

Si la cavité est plus grande, il faudra que plus d'air entre et sorte avant de réaliser l'égalisation de la pression. Par conséquent, avec la même surface d'ouvertures de ventilation, une cavité plus petite égalisera plus vite qu'une cavité plus grande. Il faut donc, au moment de concevoir un mur à écran pare-pluie, tenir compte du rapport entre la surface des événements et le volume de la cavité.

5.7 Rigidité du plan du pare-air

Si le pare-air est fait d'une matière flexible, et qu'on applique dessus une pression positive, il fléchit. Ce fléchissement a pour effet d'augmenter le volume de la cavité, et un volume plus important met plus de temps à égaliser la pression. Par conséquent, plus le pare-air est flexible, plus longtemps il faudra à la pression de la cavité pour atteindre les conditions du dehors, et de ce fait le revêtement recevra des charges dynamiques. Il faut donc, au moment de concevoir un mur à écran pare-pluie, prévoir un pare-air le plus rigide possible.

5.8 Rigidité du revêtement

Si le revêtement est flexible, il fléchit vers l'intérieur lors de l'application d'une charge positive, réduisant le volume de la cavité. La cavité tendra donc à égaliser la pression plus rapidement que la normale sous l'effet de compression de la courbure du revêtement. Mais la courbure du revêtement prolongera la durée de la différence de pression dans la cavité. Cette caractéristique du revêtement tend à atténuer les charges de rafale sur la façade. Les résultats de nos tests de pression ont permis de constater qu'un revêtement flexible connaît une différence de pression d'air petite mais de plus longue durée.

5.9 Compartimentage

En concevant un édifice selon la méthode de l'écran pare-pluie, il faut prendre en considération les variations de pression sur la surface de l'édifice. Lorsque le vent heurte la façade, il tend à souffler autour et au-dessus de l'édifice, produisant des variations de pression sur la surface des maisons. À certains endroits, la pression sera négative. Si la cavité derrière le revêtement est continue tout autour de l'édifice, les pressions sur la surface du revêtement peuvent provoquer dans la cavité un mouvement d'air latéral depuis l'entrée de l'air à

l'avant jusqu'à sa sortie dans les côtés et à l'arrière. On en a fait la démonstration dans les tests de compartimentage (voir au chapitre 3).

L'air se déplace dans la cavité depuis une zone de pression positive vers une zone de pression négative dans les côtés de l'édifice; ce mouvement a pour effet d'empêcher l'égalisation de la pression dans la cavité entre les poteaux. Il est donc important de « compartimenter » la cavité du mur, c'est-à-dire de la diviser en petites cavités individuelles au moyen de dispositifs d'étanchéité disposés à des endroits stratégiques. Il est particulièrement important qu'aucun de ces compartiments n'emboîte un angle de l'édifice.

Il est également important de noter que les joints d'étanchéité des compartiments ne sont pas la même chose que des chicanes. Les techniques qui consistent à remplir une fente avec de la fibre de verre ou à coller des morceaux de mousse rigide plus ou moins bien ajustés ne donnent pas satisfaction. Un joint de compartimentage étanche peut être constitué d'une membrane élastomère, d'une cornière en feuille d'acier, ou de mousse isolante à l'uréthane.

5.10 Charge éolienne

Deux conditions du vent sont à considérer dans le cas d'un mur à pression égalisée : la condition de régime permanent et l'effet de rafale. La rafale présente une charge dynamique, mais c'est le temps de pression moyenne sur la surface qui a la plus grande influence sur la pénétration de la pluie. Pour cette raison, les tests de pénétration d'eau ont eu lieu en pression de régime permanent, alors que la dynamique des rafales a été étudiée quant aux effets sur la structure.

6. CONCLUSIONS ET RECOMMANDATIONS

6.1 Commentaires généraux

Le concept de mur à écran pare-pluie est une solution durable au problème de la pénétration de l'eau, mais il demande des efforts dépassant ceux du seul système de revêtement. L'écran pare-pluie doit être complété par un système pare-air efficace capable de supporter le régime permanent aussi bien que les charges éoliennes dynamiques. Le volume de la cavité doit être le plus petit possible et assez bien compartimenté pour empêcher le flot d'air de passer d'une partie à l'autre de la cavité, en particulier autour des angles.

L'étude a porté sur le concept d'écran pare-pluie en relation avec des constructions à ossature de bois, mais les principes en ont été appliqués à de nombreux types de systèmes commerciaux de murs extérieurs, entre autres les systèmes de murs préfabriqués, les murs en tôle d'acier, et les murs-rideaux de métal et de verre. Le concept a aussi donné de bons résultats dans la construction de cadres et de châssis de fenêtres. Plusieurs des nouveaux modèles ont incorporé la cavité drainée et ventilée à l'intérieur du châssis et ces systèmes sont utilisés pour les fenêtres disponibles dans le commerce depuis bien au-delà de 25 ans.

6.2 Tests en laboratoire

La méthode mise au point pour les tests visant à déterminer la pénétration de l'eau dans des conditions simulées de pluie poussée par le vent s'est révélée satisfaisante et très fiable. Cette méthode a éliminé le besoin d'impressions subjectives de ce que sont mouillage, trempage et pénétration d'eau, en les remplaçant par des mesures plus objectives déterminées par analyse gravimétrique.

Nous avons pu observer qu'avec les systèmes de revêtement de mur en vinyle, avec le revêtement en stuc, et même avec les murs échantillons

revêtus de parement en brique, le panneau de fibre et le papier de construction offraient une meilleure étanchéité et un meilleur soutien structurel que prévu. Cette constatation a eu lieu lors des tests d'étanchéité à l'eau et aussi des tests administrés au modèle à ossature de bois dans la soufflerie aérodynamique.

Les résultats des tests d'étanchéité à l'eau ont montré qu'avec une ventilation et un drainage adéquats, et un système pare-air efficace sur la face interne des poteaux, le mur à parement de brique tire avantage du phénomène de l'égalisation de la pression. Avec une différence de pression d'air de 130 Pa en travers du revêtement, nos résultats de test indiquaient un décuplement de la pénétration d'eau depuis une cavité entièrement pressurisée vers un revêtement soumis à une différence significative de pression d'air.

Les tests de charge dynamique ont démontré que le système pare-air doit être conçu pour pouvoir supporter toute les pressions de la charge éolienne. Il faut bien tenir compte aussi du facteur de la force de rafale. Certains systèmes de murs à écran pare-pluie transmettent les pressions de régime permanent et les pressions dynamiques au système pare-air dans le mur.

Les tests nous ont aussi permis de découvrir que la pressurisation ou la dépressurisation font preuve de symétrie dans une distribution de ligne de charge provenant de la différence de pression d'air. Autrement dit, qu'un mur soit pressurisé négativement ou positivement à cause d'une rafale, les charges appliquées au pare-air et aux autres composants du mur étaient à peu près les mêmes.

6.3 Compartimentage

D'après les résultats des tests de compartimentage, il est clair que sans joints étanches aux angles, une cavité continue derrière le revêtement et autour de l'édifice ne supporte pas l'égalisation de la

pression. Avec un compartimentage aux angles en opposition diagonale, le rendement de la cavité est relatif à la direction du vent. Lorsque le vent fait face à un des angles non compartimentés, les cavités se divisent en deux zones, une zone pressurisée négativement du côté à l'abri du vent et une zone pressurisée positivement du côté dans le vent. Il en résulte des charges à pression élevée sur les joints étanches et sur les chicanes. D'autre part, lorsque le vent fait face à un angle compartimenté et que l'autre est diamétralement opposé, on obtient peu d'amélioration du rendement parce que la symétrie est semblable à celle d'une cavité complètement continue. La situation optimale est celle de quatre angles adéquatement compartimentés. Dans une telle configuration, chaque face du cube modèle montrait les signes de pression et les caractéristiques des pressions éoliennes appliquées à cette face.

Les résultats de toutes les permutations et de toutes les combinaisons d'orientation et de compartimentage ont permis de voir que le revêtement de vinyle était essentiellement à égalité de pression dans la plupart des conditions. Ce fait est dû en grande partie à la contribution inattendue du papier de construction et du coffrage de panneau de fibre qui apportaient plus d'étanchéité à l'air que le système de revêtement, mais moins que le système pare-air.

6.4 Modèle mathématique

Le modèle mathématique peut être utilisé pour prédire les conditions dynamiques de l'égalisation de pression et le rendement de la cavité dans un système de mur à écran pare-pluie. Le modèle a été validé en comparaison avec des exemples de laboratoire et s'est trouvé en corrélation assez bonne avec des résultats mesurés. Les paramètres d'entrée du modèle doivent être réalistes sinon les résultats deviennent assez imprévisibles.

La rigidité des revêtements et des pare-air a un effet important sur la distribution des charges éoliennes de rafale sur l'élément structurel. D'après les résultats des simulations, on recommande un pare-air aussi rigide que possible, alors que le revêtement devrait avoir une rigidité un peu moins grande que le pare-air pour une meilleure distribution de la charge et une différence minimale de pression en travers du revêtement.

6.5 Recommandations

De nombreuses recommandations suivent les conclusions de chaque chapitre du présent rapport. Elles sont résumées ici dans un souci d'efficacité. Pour revoir le détail des recommandations, voir les chapitres 2, 3 et 4.

Nous recommandons que d'autres tests d'étanchéité à l'eau soient administrés à des éléments simples de revêtement afin d'enrichir la banque de données d'essai sur le rendement des murs soumis à la pénétration de l'eau. Il serait intéressant de déterminer la différence entre le bardage de vinyle avec coffrage de panneau de fibre, et le bardage de vinyle attaché à un isolant revêtu de verre. On soupçonne que ces deux types de système de coffrage et de pare-air modifieraient le rendement du système de revêtement et son comportement comme système pare-pluie à pression égalisée.

Il est maintenant possible, à l'aide d'un modèle informatique, de prédire assez bien le transfert de la charge de rafale dans un mur. Il faut cependant continuer les recherches pour déterminer les propriétés structurelles de divers types de système de coffrage et de pare-air afin de s'assurer du rendement à long terme du mur à écran pare-pluie.

Les tests en soufflerie aérodynamique ont été à la fois pratiques et révélateurs. Les profils de charge éolienne sur les parties antérieure, latérales et postérieure de l'édifice modèle semblent respecter les schémas classiques, mais la variation importante de distribution de la

pression que l'on a observée entre les cavités entièrement compartimentées et les cavités entièrement continues demande que l'on poursuive les recherches.

Il faudrait entreprendre des recherches semblables en utilisant différents types de système de coffrage extérieur. Les recherches devraient aussi tenter de déterminer la sensibilité de la pression d'air intérieure aux imperfections des systèmes pare-air.

Les résultats des tests de compartimentage ont montré que la conception et la construction des dispositifs d'étanchéité dépassent l'inclusion d'une simple chicane. Ces dispositifs doivent être conçus pour supporter des charges importantes de pression d'air et, pour être efficaces, doivent relier le revêtement au système pare-air.

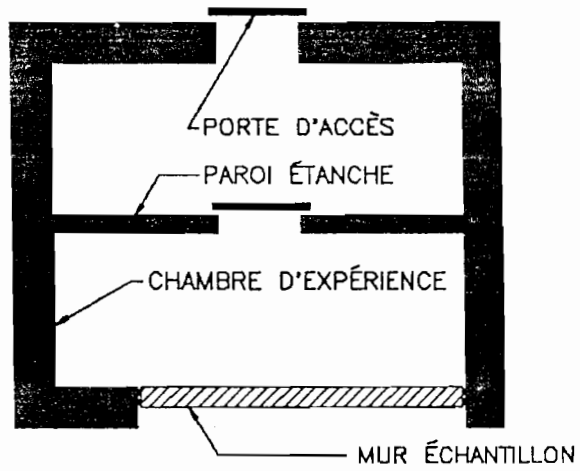
Le modèle mathématique mis au point pour simuler l'égalisation de la pression fournit une capacité du premier ordre satisfaisante. Nous recommandons cependant que soit entreprise une étude paramétrique visant à déterminer des effets et rapports comme les suivants : le rapport entre la surface de ventilation et le volume; la rigidité absolue et relative du pare-air dans le système de revêtement; et la distribution des charges de pression dans un système de composants muraux à plans multiples. La conception du modèle devrait permettre d'incorporer les résultats des taux de pénétration d'eau de divers types de revêtement.

ANNEXE A

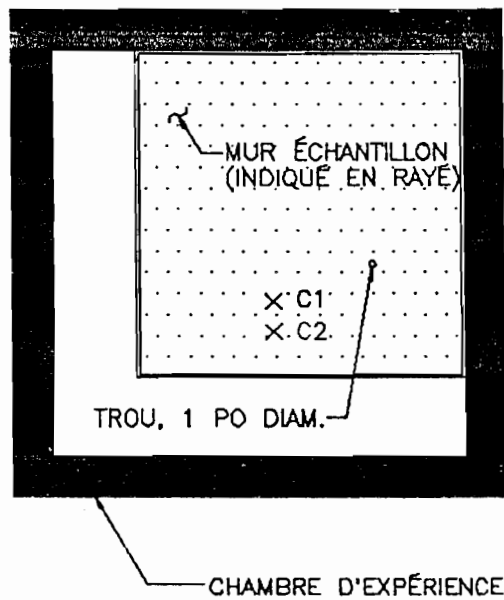
**FIGURES DES APPAREIL D'ESSAIS
DESSINS DE CONSTRUCTION DES MURS**

ET

GRAPHIQUE DES RÉSULTATS D'ESSAIS

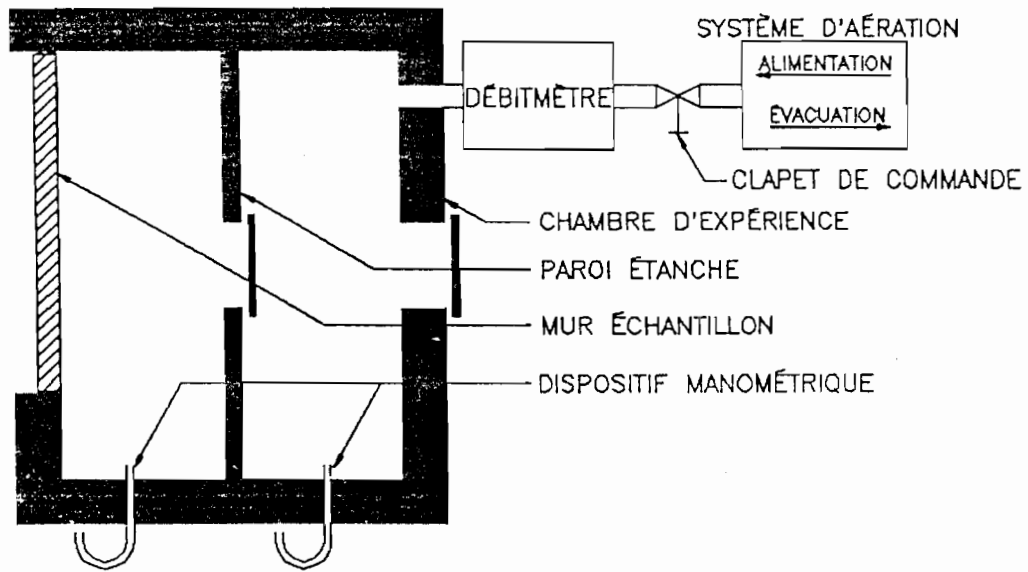


PLAN
CHAMBRE D'EXPÉRIENCE

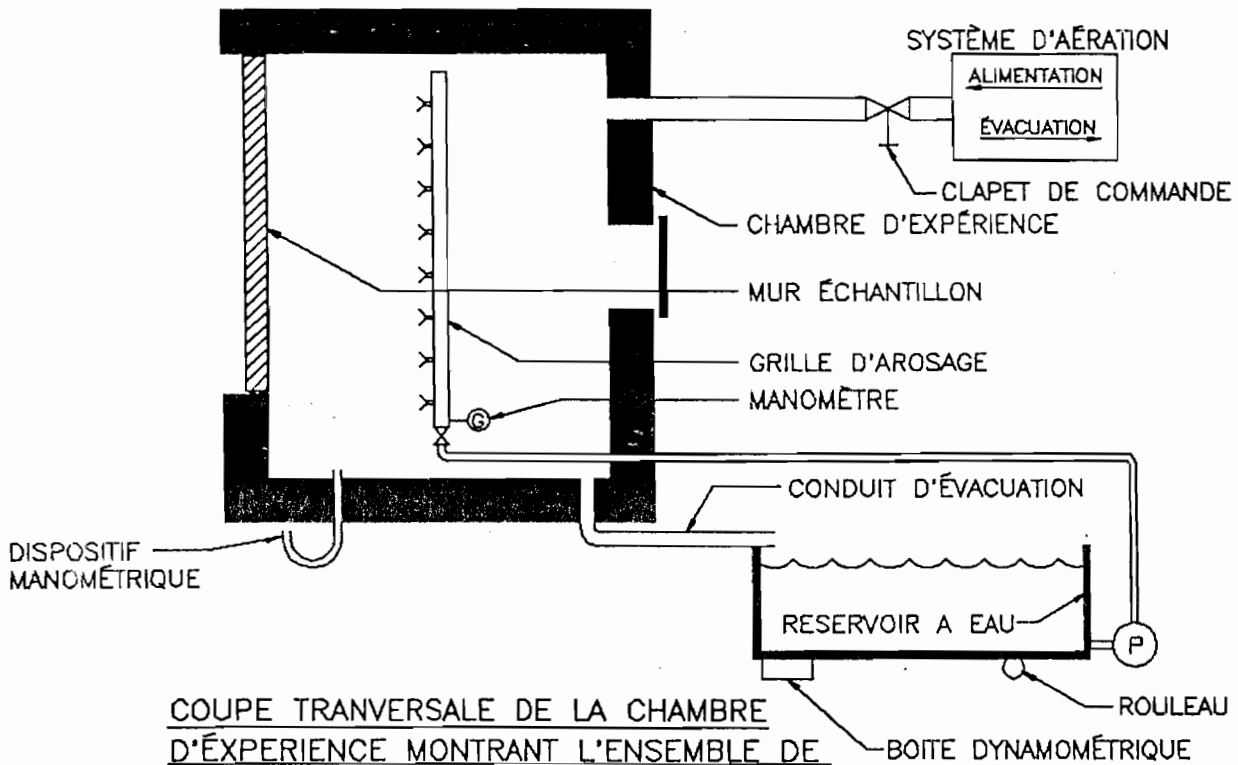


ÉLEVATION
CHAMBRE D'EXPÉRIENCE

FIGURE 1

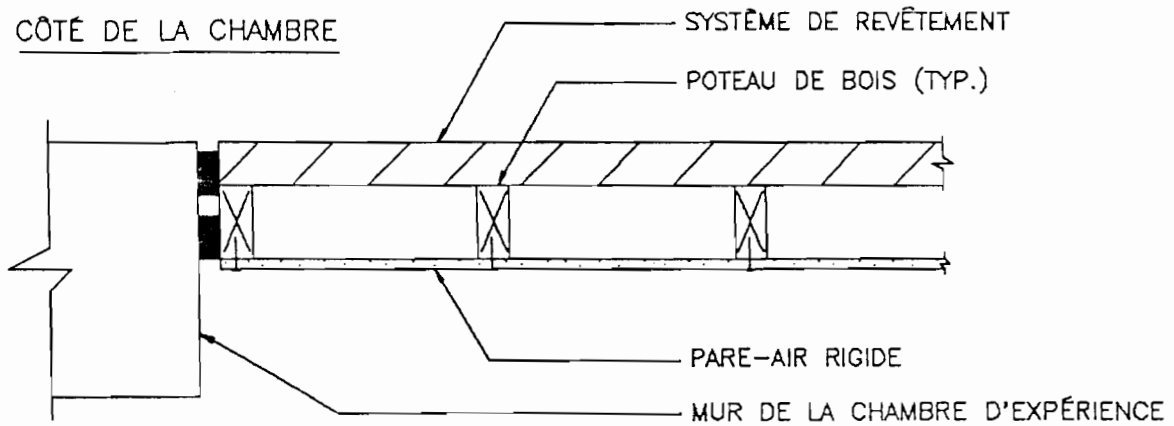


COUPE TRANSVERSALE DE LA CHAMBRE D'EXPÉRIENCE MONTRANT L'ENSEMBLE DE L'APPAREILLAGE POUR LES TESTS DE FUITE D'AIR ET D'ÉGALISATION DE LA PRESSIION

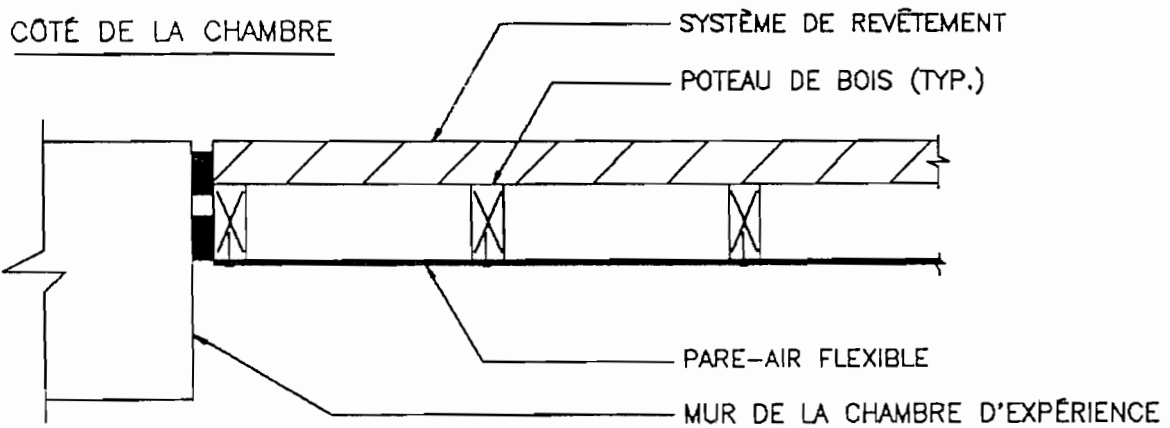


COUPE TRANSVERSALE DE LA CHAMBRE D'EXPÉRIENCE MONTRANT L'ENSEMBLE DE L'APPAREILLAGE POUR LES TESTS DE FUITE D'EAU

FIGURE 2

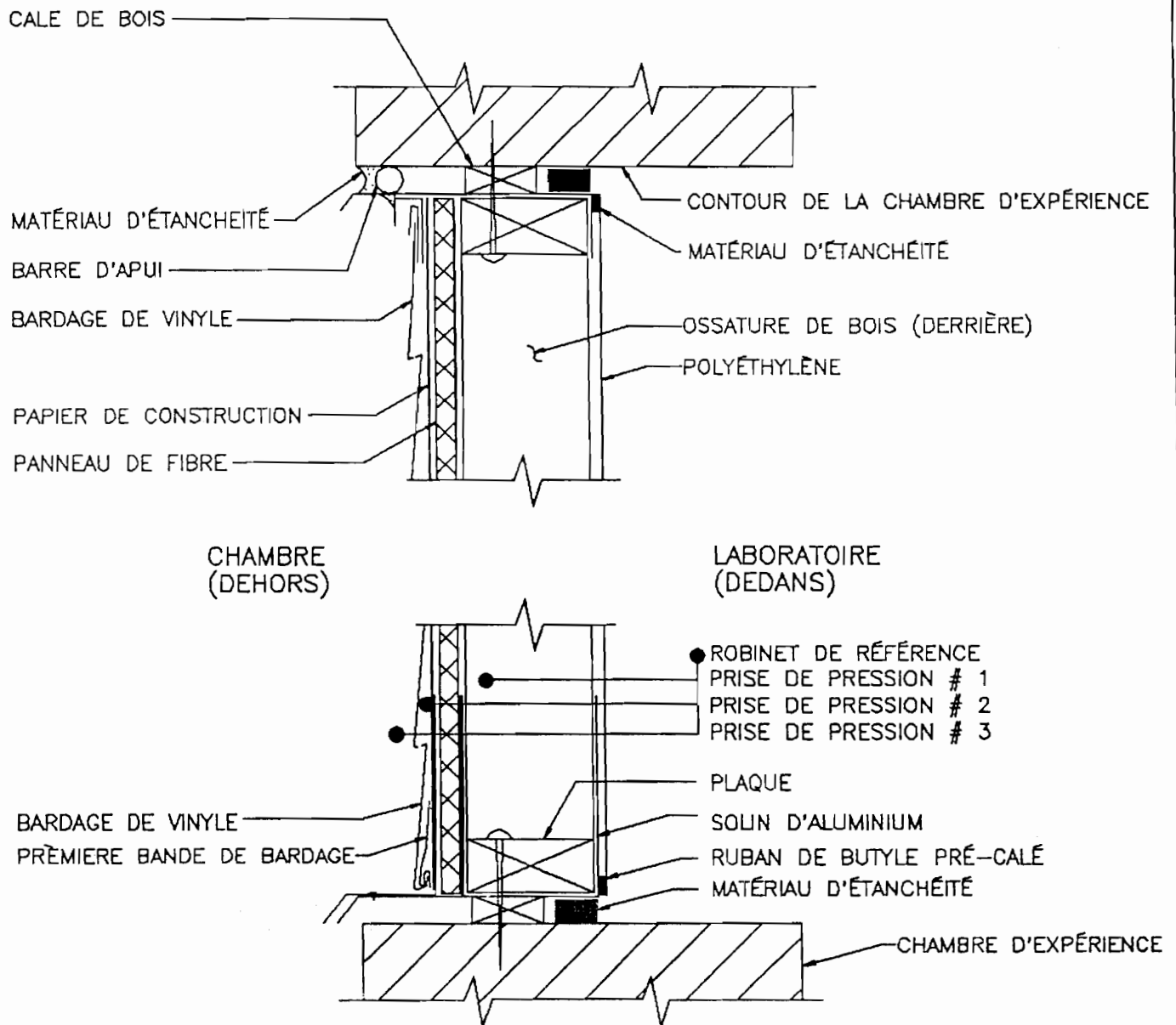


DÉTAIL DU RACCORD ENTRE LE MUR ÉCHANTILLON ET LA CHAMBRE D'EXPÉRIENCE POUR LE PARE-AIR RIGID



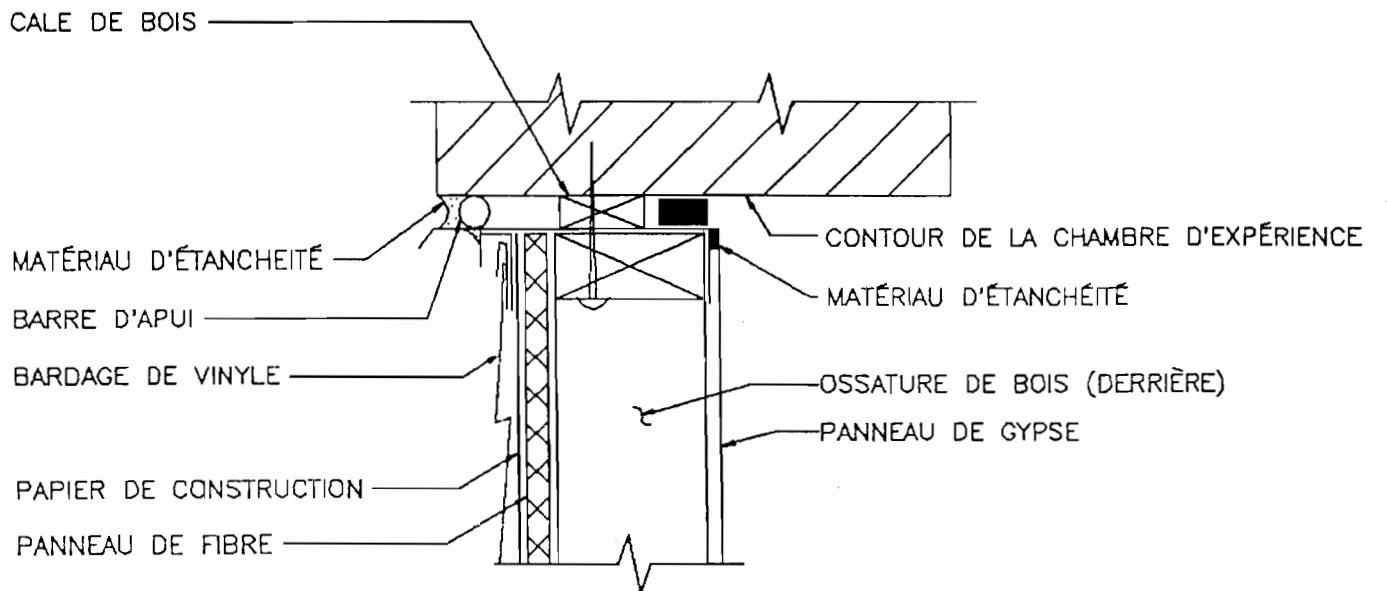
DÉTAIL DU RACCORD ENTRE LE MUR ÉCHANTILLON ET LA CHAMBRE D'EXPÉRIENCE POUR LE PARE-AIR FLEXIBLE

FIGURE 3



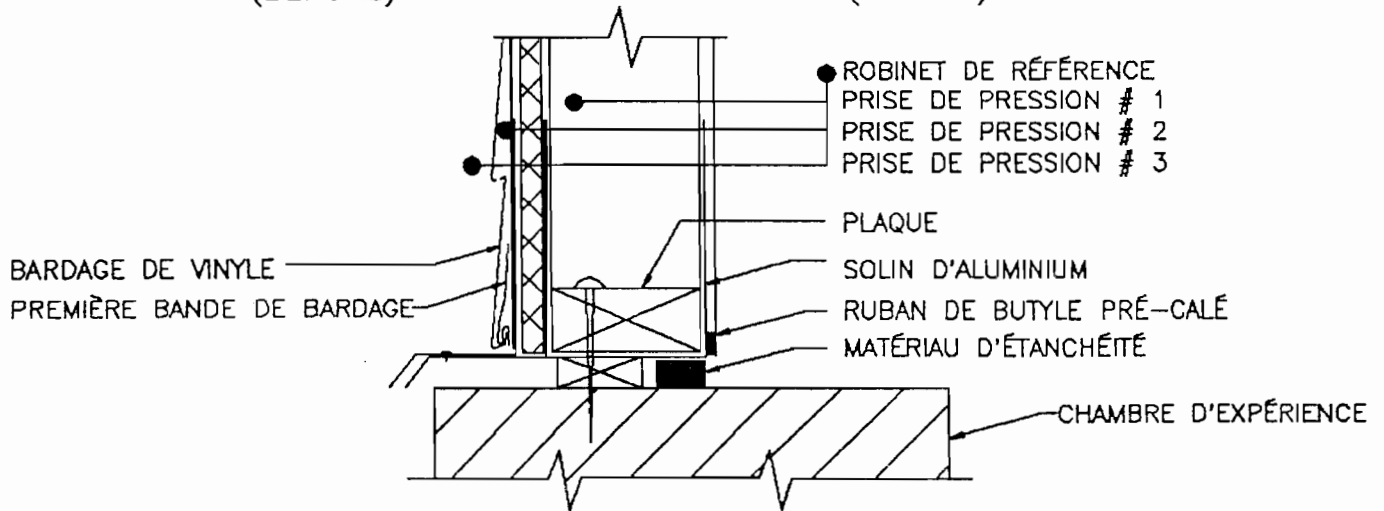
COUPE TRANSVERSALE D'UN MUR EXTÉRIEUR
À OSSATURE DE BOIS, REVÊTEMENT DE VINYLE,
PARE-AIR EN POLYÉTHYLÈNE,
SANS FOURRURE SOUS LE BARDAGE

FIGURE 4



CHAMBRE
(DEHORS)

LABORATOIRE
(DEDANS)



COUPE TRANSVERSALE D'UN MUR EXTÉRIEUR
À OSSATURE DE BOIS, REVÊTEMENT DE VINYLE,
PARE-AIR EN GYPSE,
SANS FOURRURE SOUS LE BARDAGE

FIGURE 5

CALE DE BOIS

MATÉRIAU D'ÉTANCHÉITÉ

BARRE D'APUI

BARDAGE DE VINYLE

FOURURE DE BOIS

PAPIER DE CONSTRUCTION

PANNEAU DE FIBRE

CONTOUR DE LA CHAMBRE D'EXPÉRIENCE

MATÉRIAU D'ÉTANCHÉITÉ

OSSATURE DE BOIS (DERRIÈRE)

POLYÉTHYLÈNE

CHAMBRE (DEHORS)

LABORATOIRE (DEDANS)

BARDAGE DE VINYLE

PREMIÈRE BANDE DE BARDAGE

ROBINET DE RÉFÉRENCE

PRISE DE PRESSION # 1

PRISE DE PRESSION # 2

PRISE DE PRESSION # 3

PLAQUE

SOLIN D'ALUMINIUM

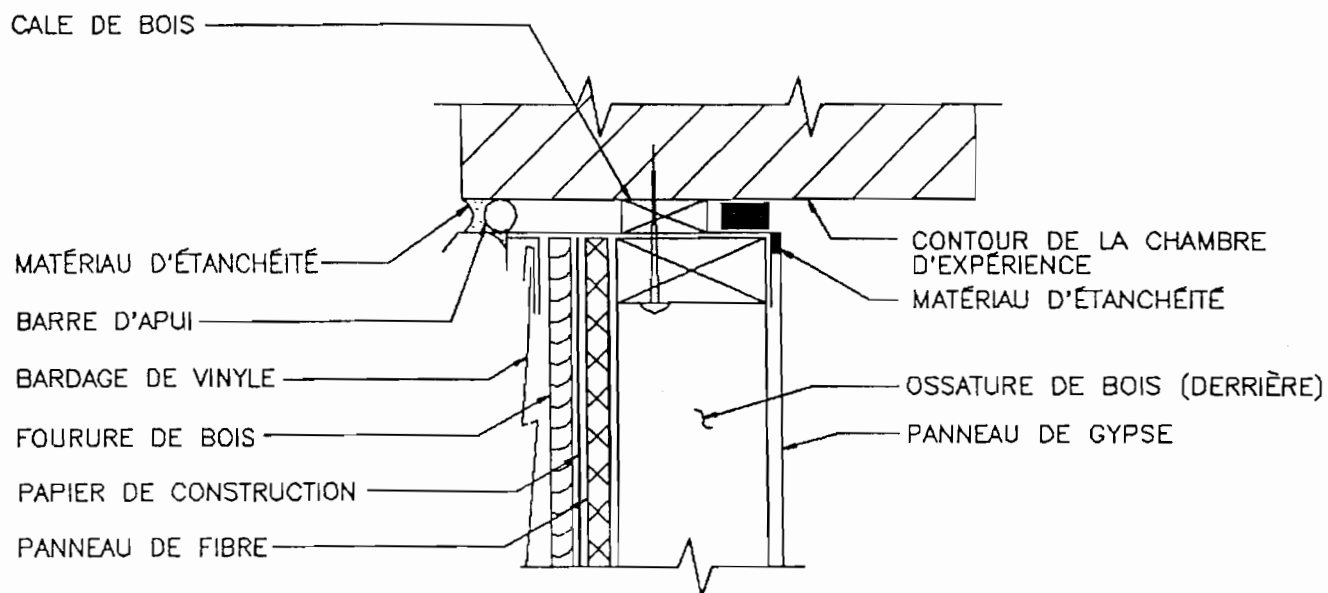
RUBAN DE BUTYLE PRÉ-CALÉ

MATÉRIAU D'ÉTANCHÉITÉ

CHAMBRE D'EXPÉRIENCE

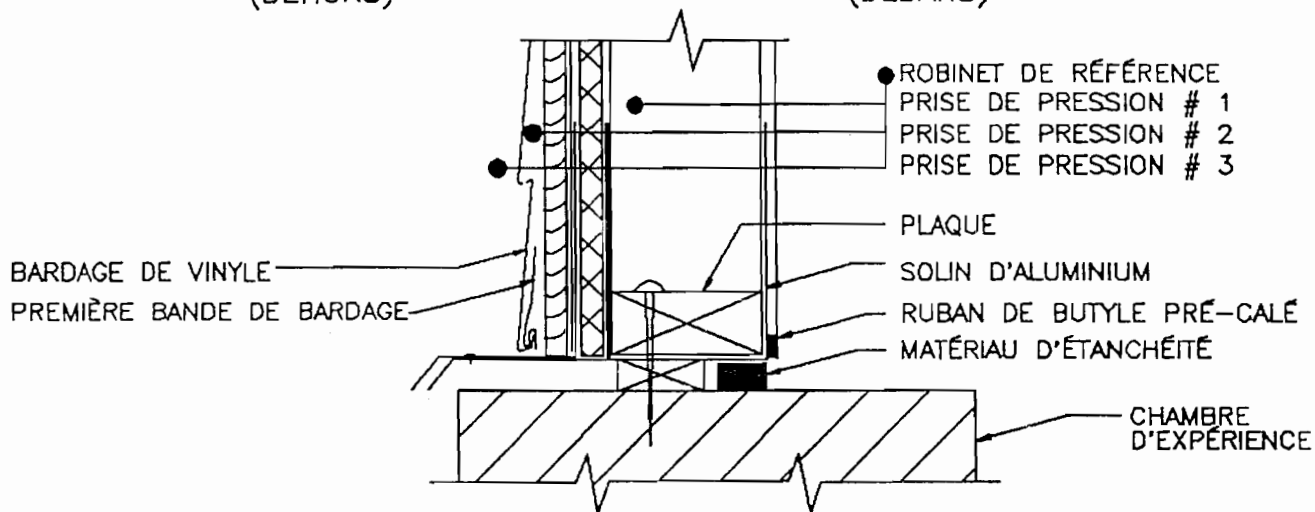
COUPE TRANSVERSALE D'UN MUR EXTÉRIEUR
À OSSATURE DE BOIS, REVÊTEMENT DE VINYLE,
PARE-AIR EN POLYÉTHYLÈNE,
AVEC FOURRURE SOUS LE BARDAGE

FIGURE 6



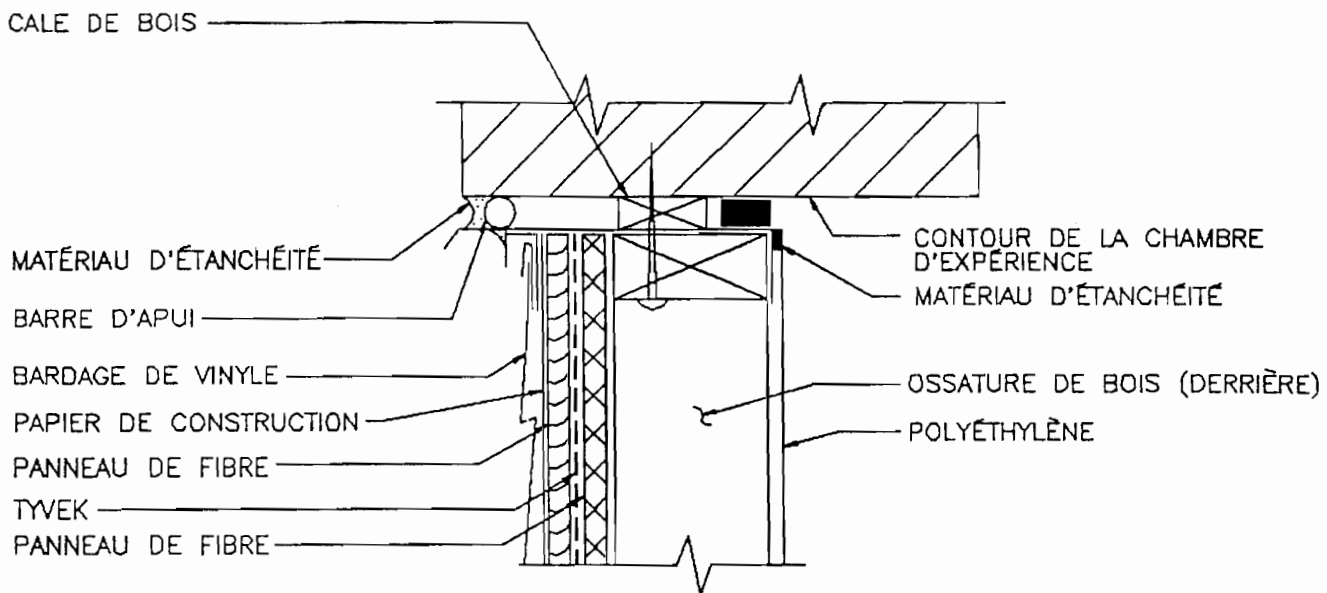
CHAMBRE
(DEHORS)

LABORATOIRE
(DEDANS)



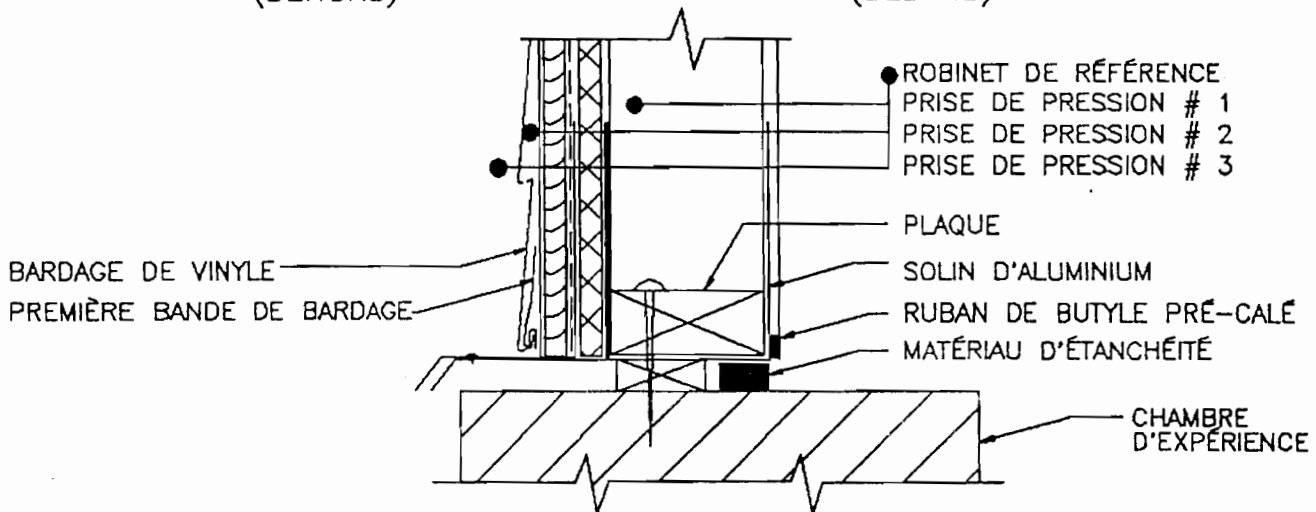
COUPE TRANSVERSALE D'UN MUR EXTÉRIEUR
À OSSATURE DE BOIS, REVÊTEMENT DE VINYLE,
PARE-AIR EN GYPSE,
AVEC FOURRURE SOUS LE BARDAGE

FIGURE 7



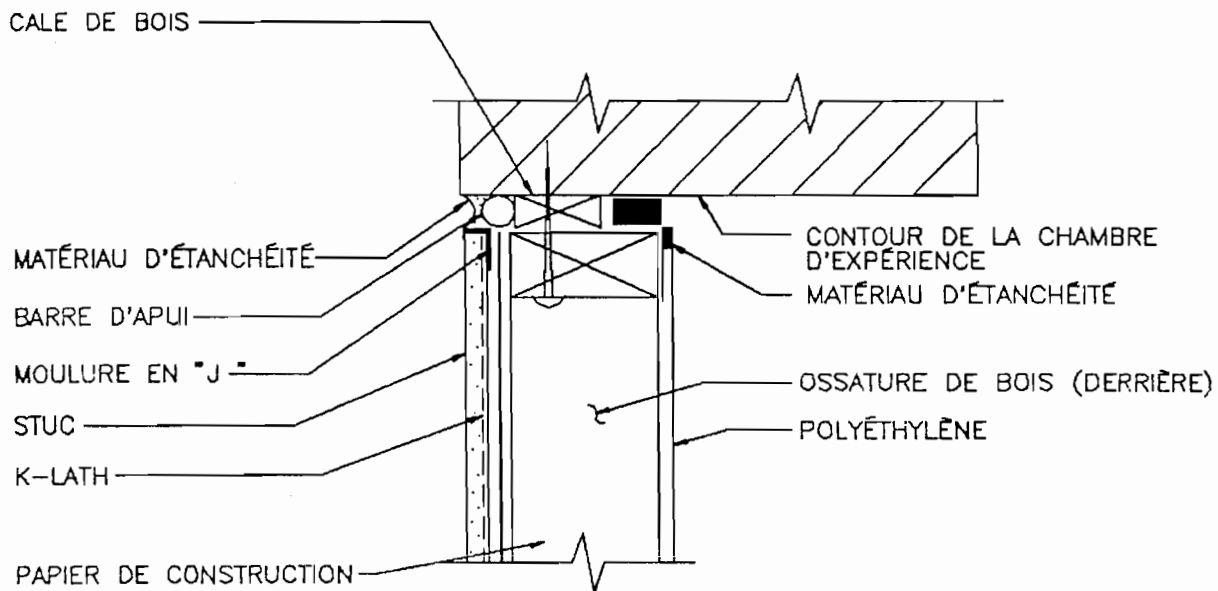
CHAMBRE
(DEHORS)

LABORATOIRE
(DEDANS)



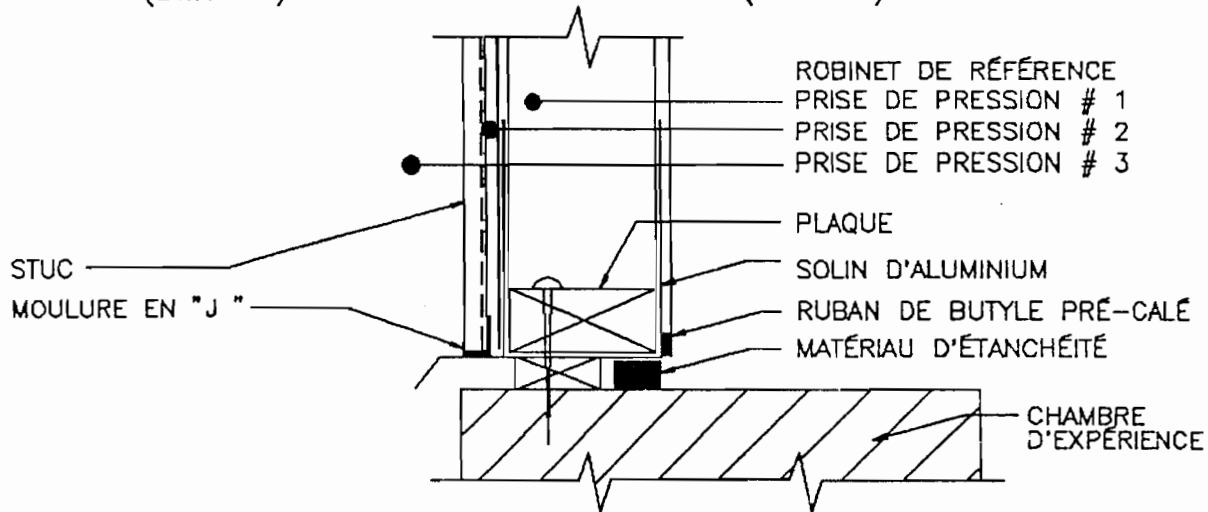
COUPE TRANSVERSALE D'UN MUR EXTÉRIEUR
À OSSATURE DE BOIS, REVÊTEMENT DE VINYLE,
AVEC PANNEAU DE FIBRE, TYVEK,
PARE-AIR EN PANNEAU DE FIBRE
-SANS FOURRURE SOUS LE BARDAGE

FIGURE 8



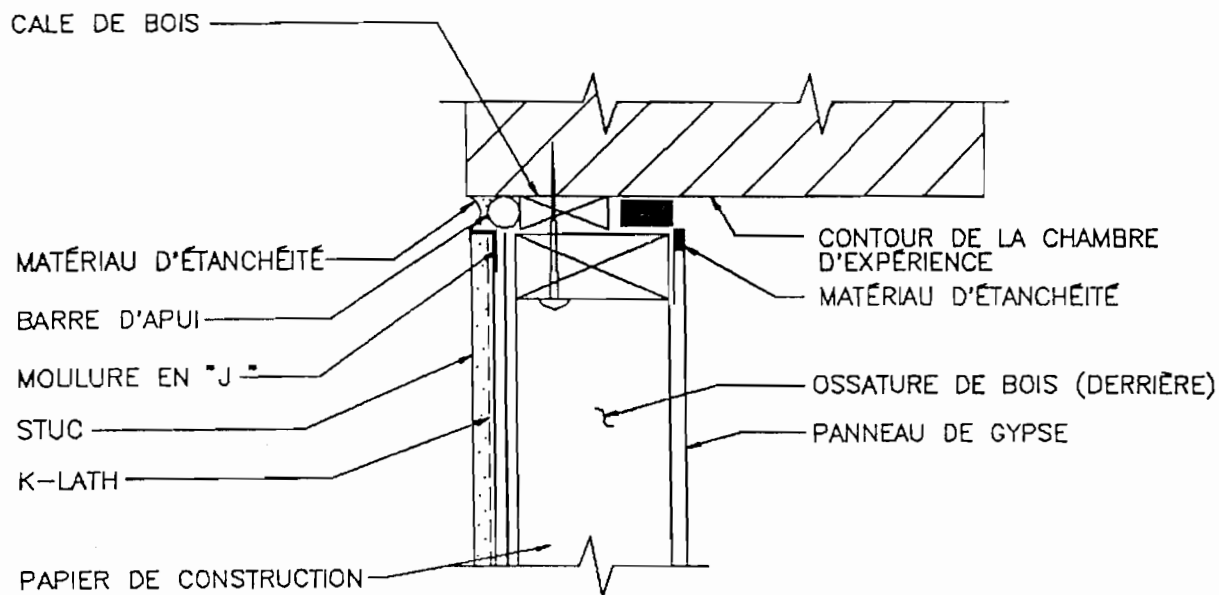
CHAMBRE
(DEHORS)

LABORATOIRE
(DEDANS)



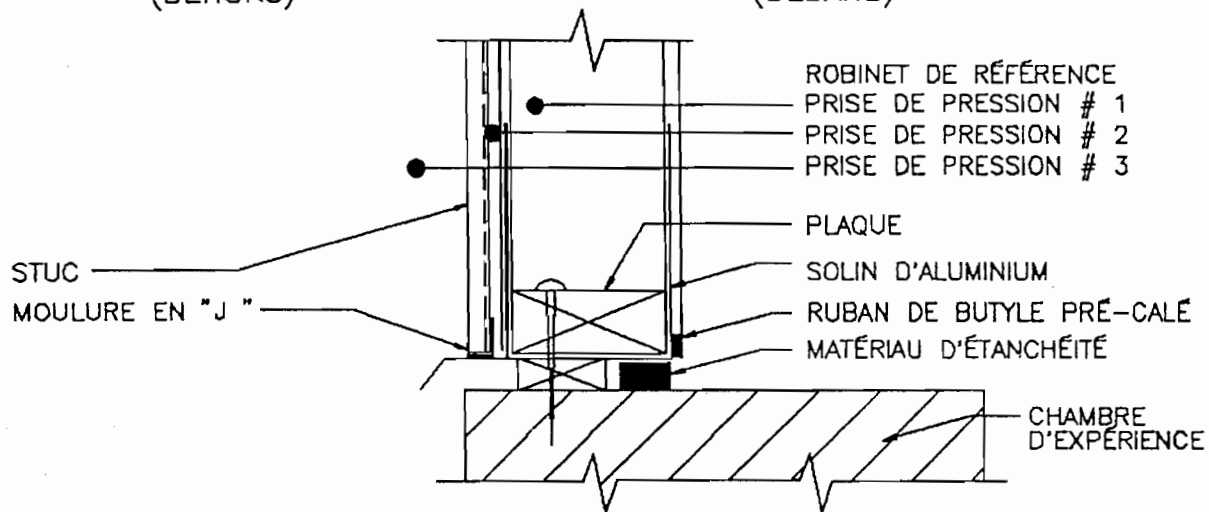
COUPE TRANSVERSALE D'UN MUR EXTÉRIEUR
À OSSATURE DE BOIS, REVÊTEMENT DE STUC,
PARE-AIR EN POLYÉTHYLÈNE
-SANS COFFRAGE DERRIÈRE LE STUC

FIGURE 9



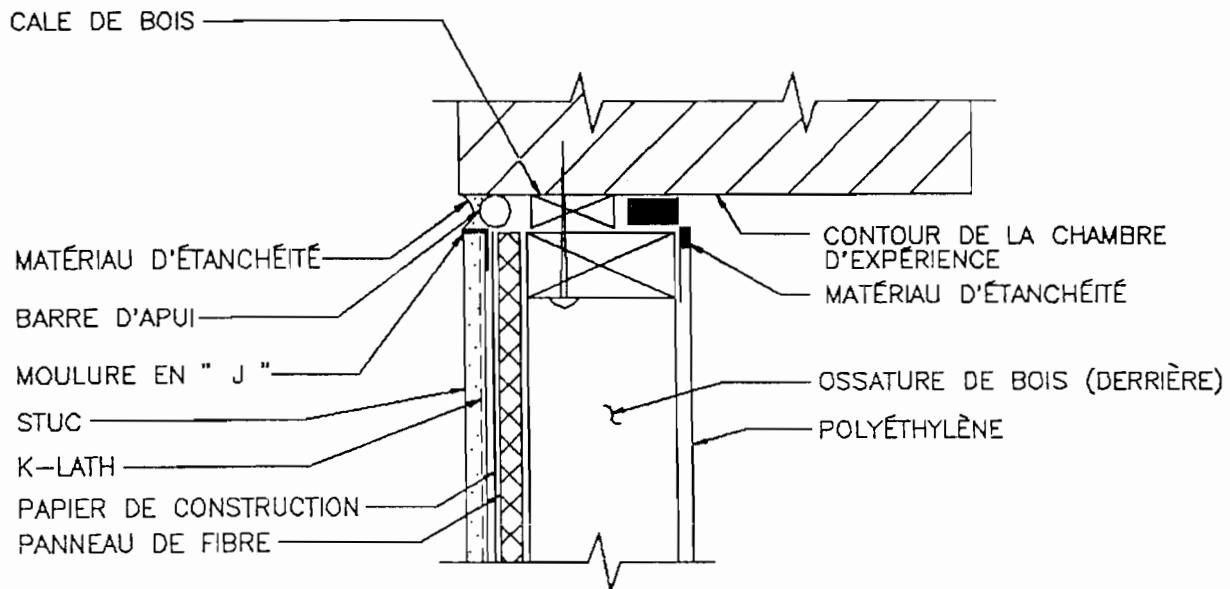
CHAMBRE
(DEHORS)

LABORATOIRE
(DEDANS)



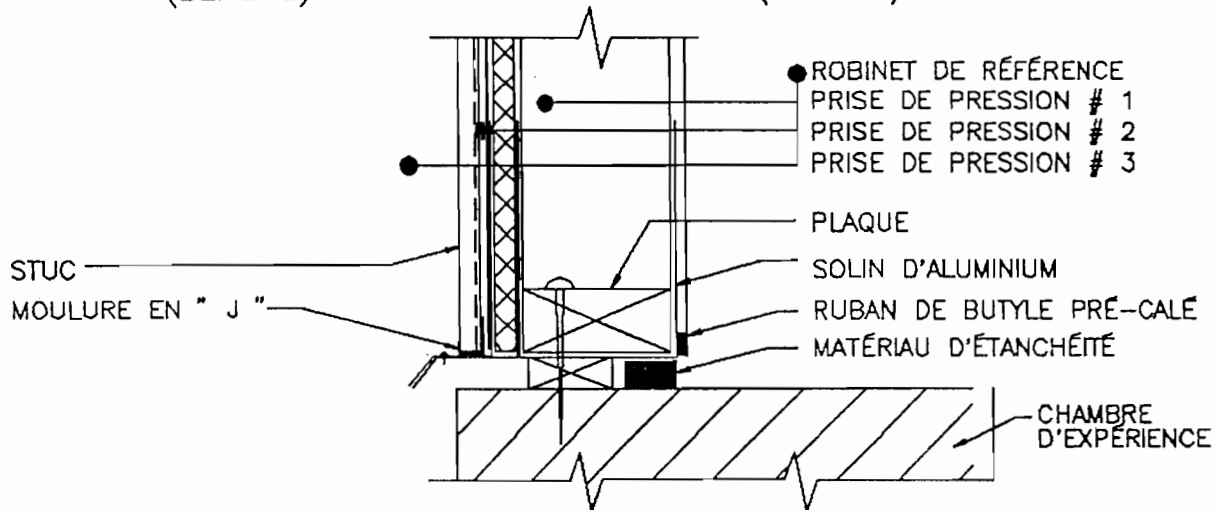
COUPE TRANSVERSALE D'UN MUR EXTÉRIEUR
À OSSATURE DE BOIS, REVÊTEMENT DE STUC,
PARE-AIR EN GYPSE
-SANS COFFRAGE DERRIÈRE LE STUC

FIGURE 10



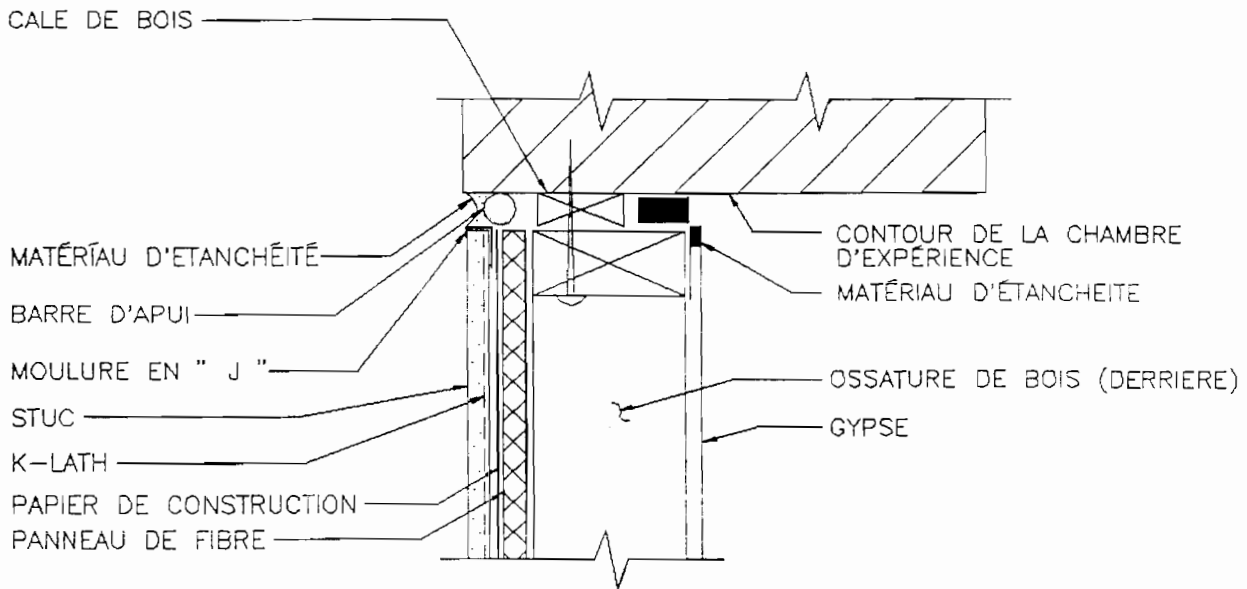
CHAMBRE
(DEHORS)

LABORATOIRE
(DEDANS)



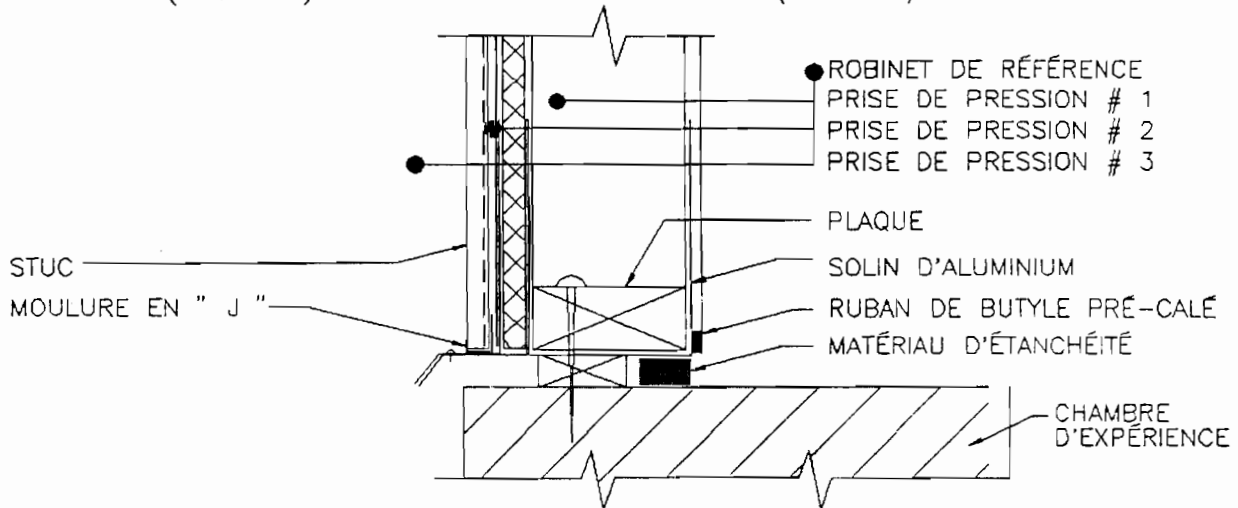
COUPE TRANSVERSALE D'UN MUR EXTÉRIEUR
À OSSATURE DE BOIS, REVÊTEMENT DE STUC
AVEC PARE-AIR EN POLYÉTHYLÈNE
ET COFFRAGE DE PANNEAU DE FIBRE

FIGURE 11



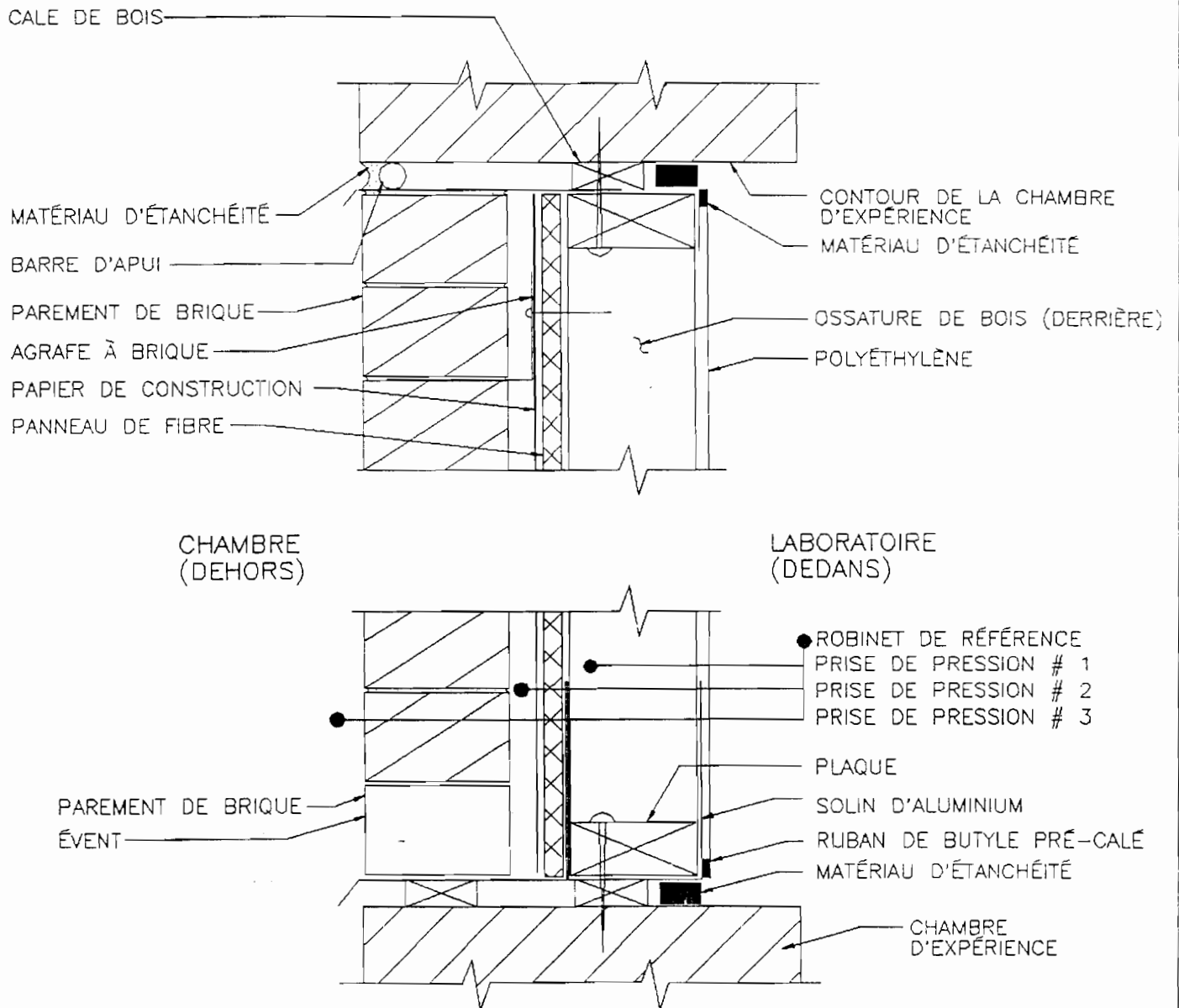
CHAMBRE
(DEHORS)

LABORATOIRE
(DEDANS)



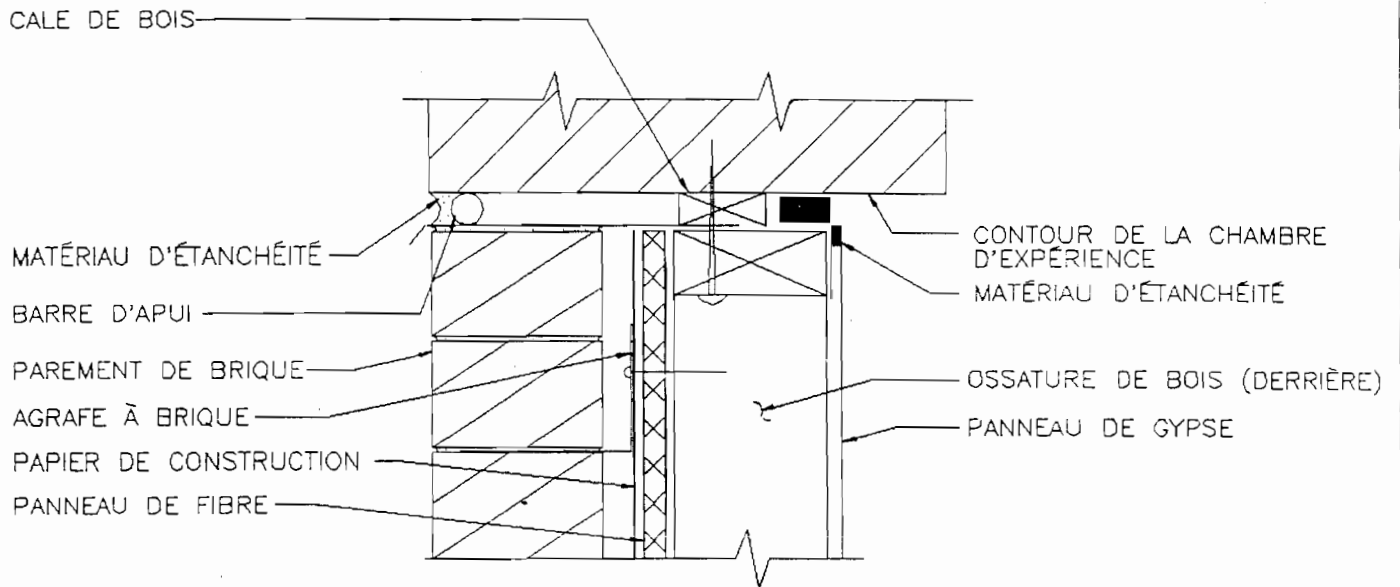
COUPE TRANSVERSALE D'UN MUR EXTÉRIEUR
À OSSATURE DE BOIS, REVÊTEMENT DE STUC
AVEC PARE-AIR EN GYPSE
ET COFFRAGE DE PANNEAU DE FIBRE

FIGURE 12



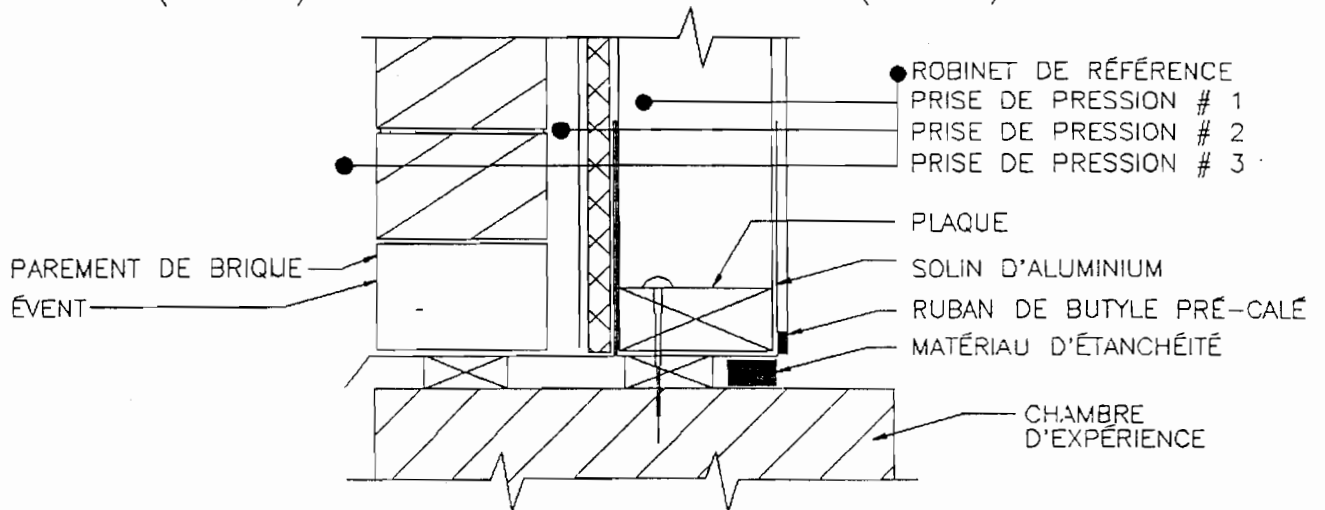
COUPE TRANSVERSALE D'UN MUR EXTÉRIEUR
À OSSATURE DE BOIS, REVÊTEMENT DE PAREMENT
DE BRIQUE, AVEC PARE-AIR EN POLYÉTHYLÈNE
ET COFFRAGE DE PANNEAU DE FIBRE

FIGURE 13



CHAMBRE
(DEHORS)

LABORATOIRE
(DEDANS)



COUPE TRANSVERSALE D'UN MUR EXTÉRIEUR
À OSSATURE DE BOIS, REVÊTEMENT DE PAREMENT
DE BRIQUE, AVEC PARE-AIR EN GYPSE
ET COFFRAGE DE PANNEAU DE FIBRE

FIGURE 14

ÉCRAN PARE-PLUIE, TEST NO 1

BARDAGE DE VINYLE - PARE AIR EN GYPSE

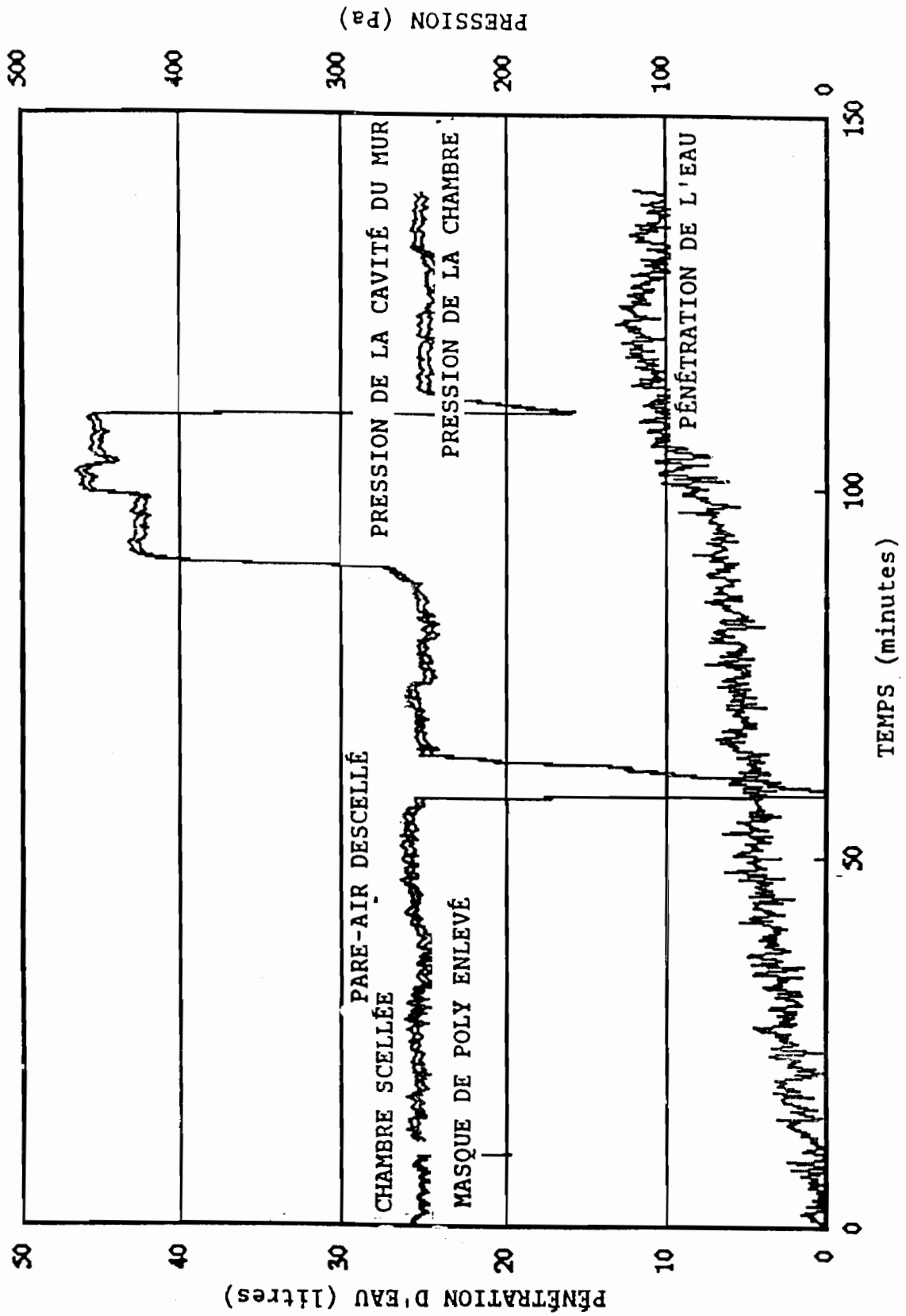


FIGURE 15

ÉCRAN PARE-PLUIE, TEST NO 2

STUC

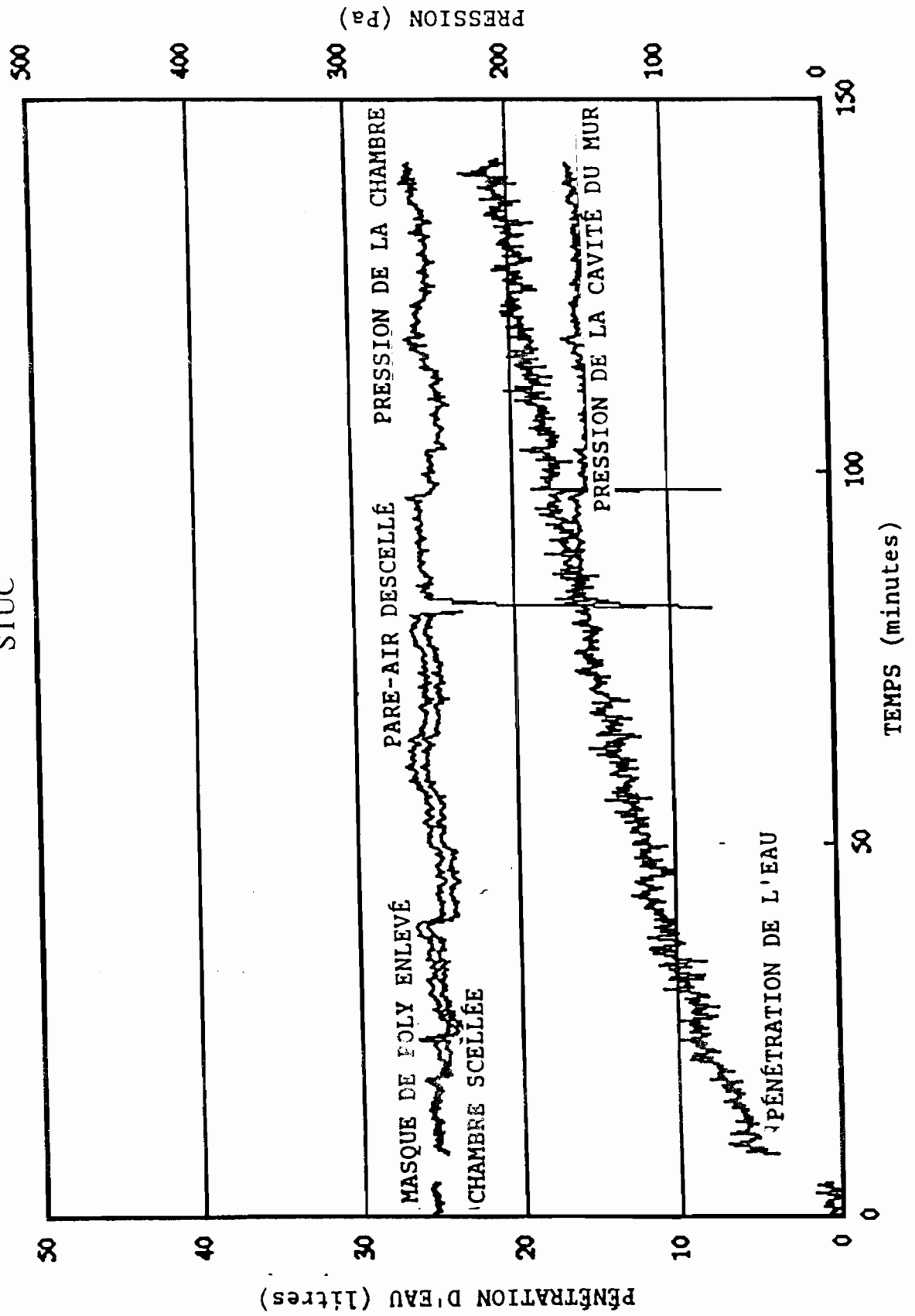


FIGURE 16

ÉCRAN DE PARE-PLUIE, TEST NO 3

REVÊTEMENT DE PAREMENT DE BRIQUE - PARE-AIR EN GYPSE

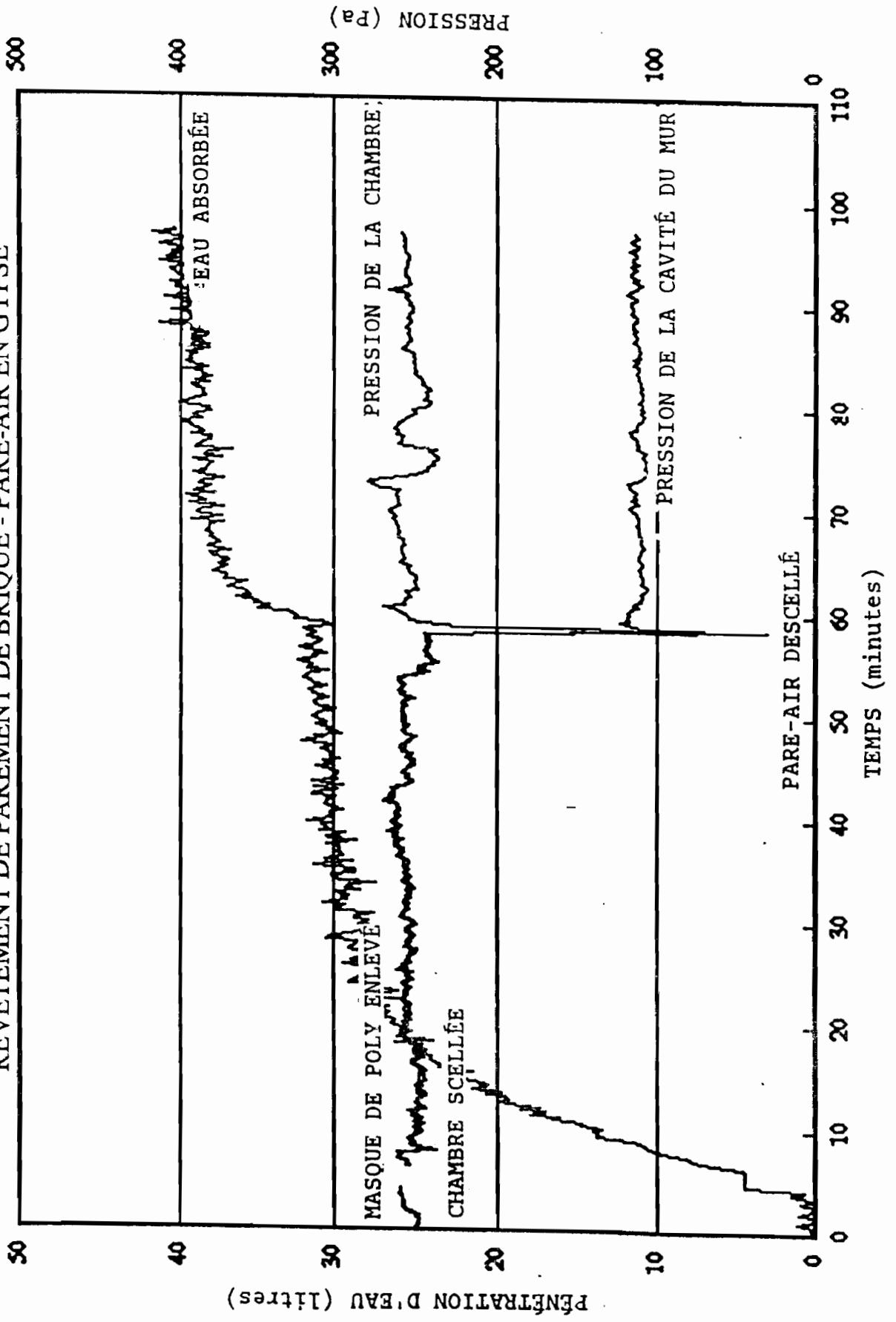


FIGURE 17

ÉCRAN DE PARE-PLUIE, TEST NO 3

REVÊTEMENT DE PAREMENT DE BRIQUE - PARE-AIR EN GYPSE

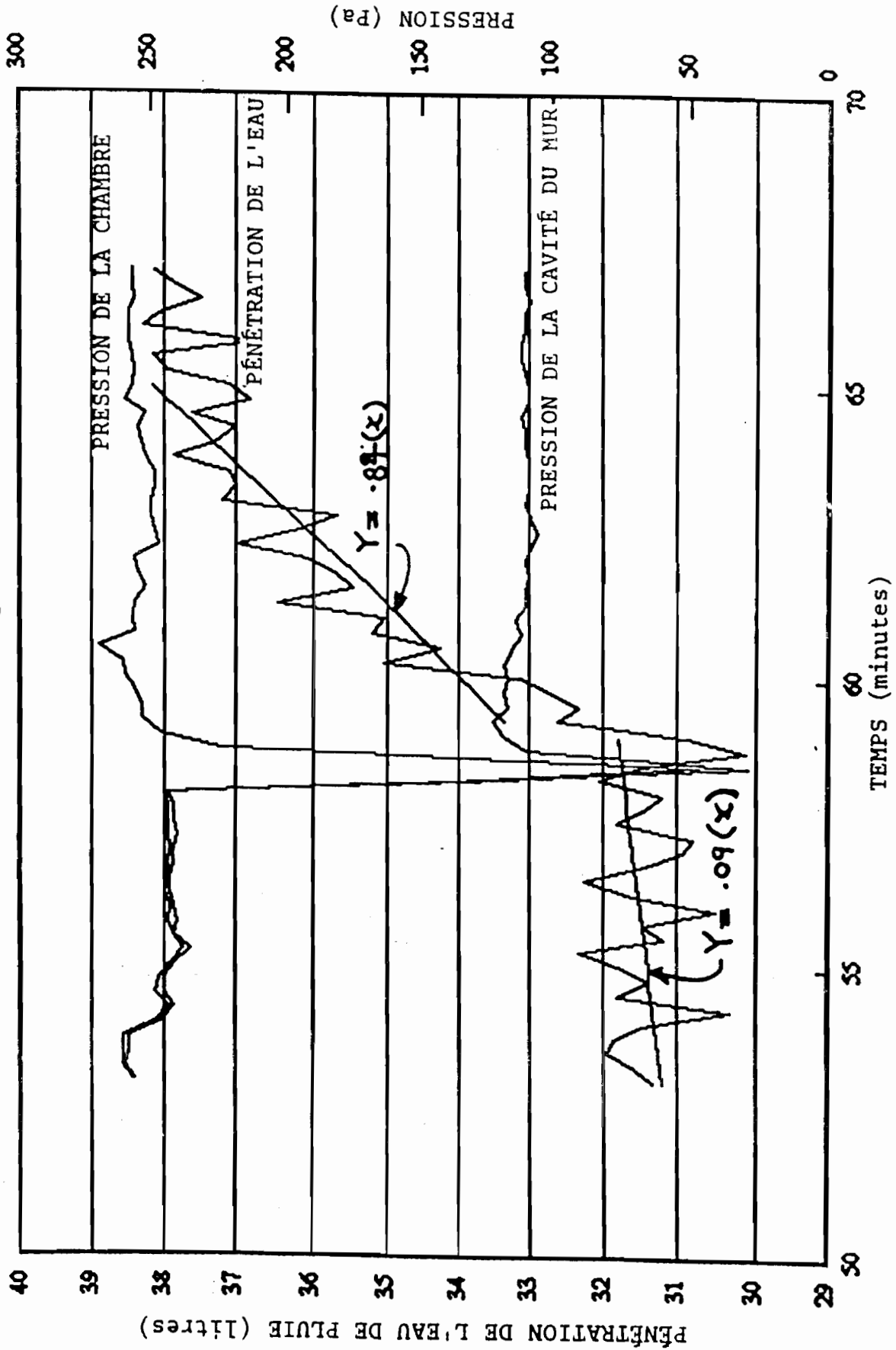
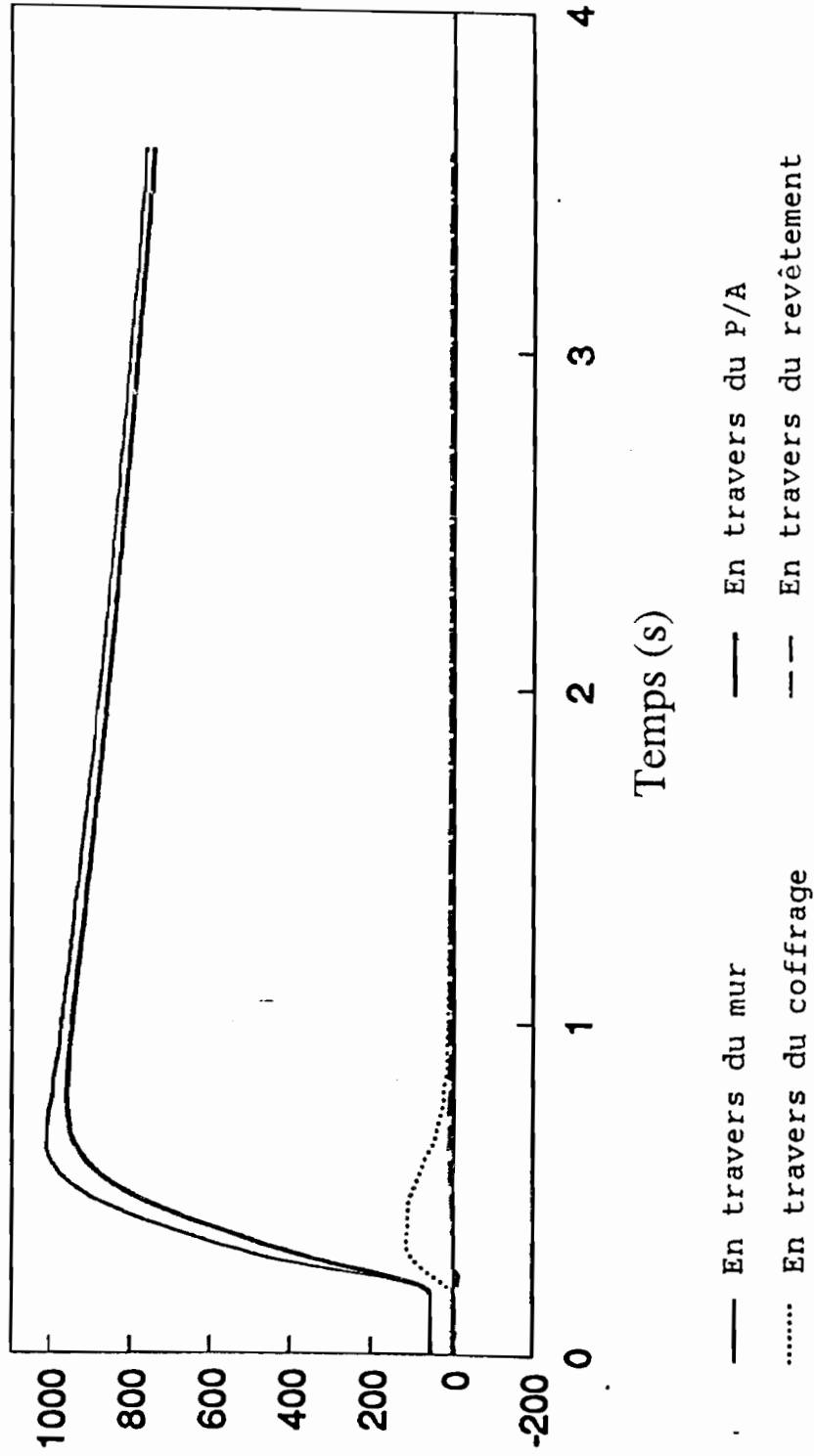


FIGURE 18

Mur à bardage de vinyle

Pare-air "hermétique" en panneau de gypse

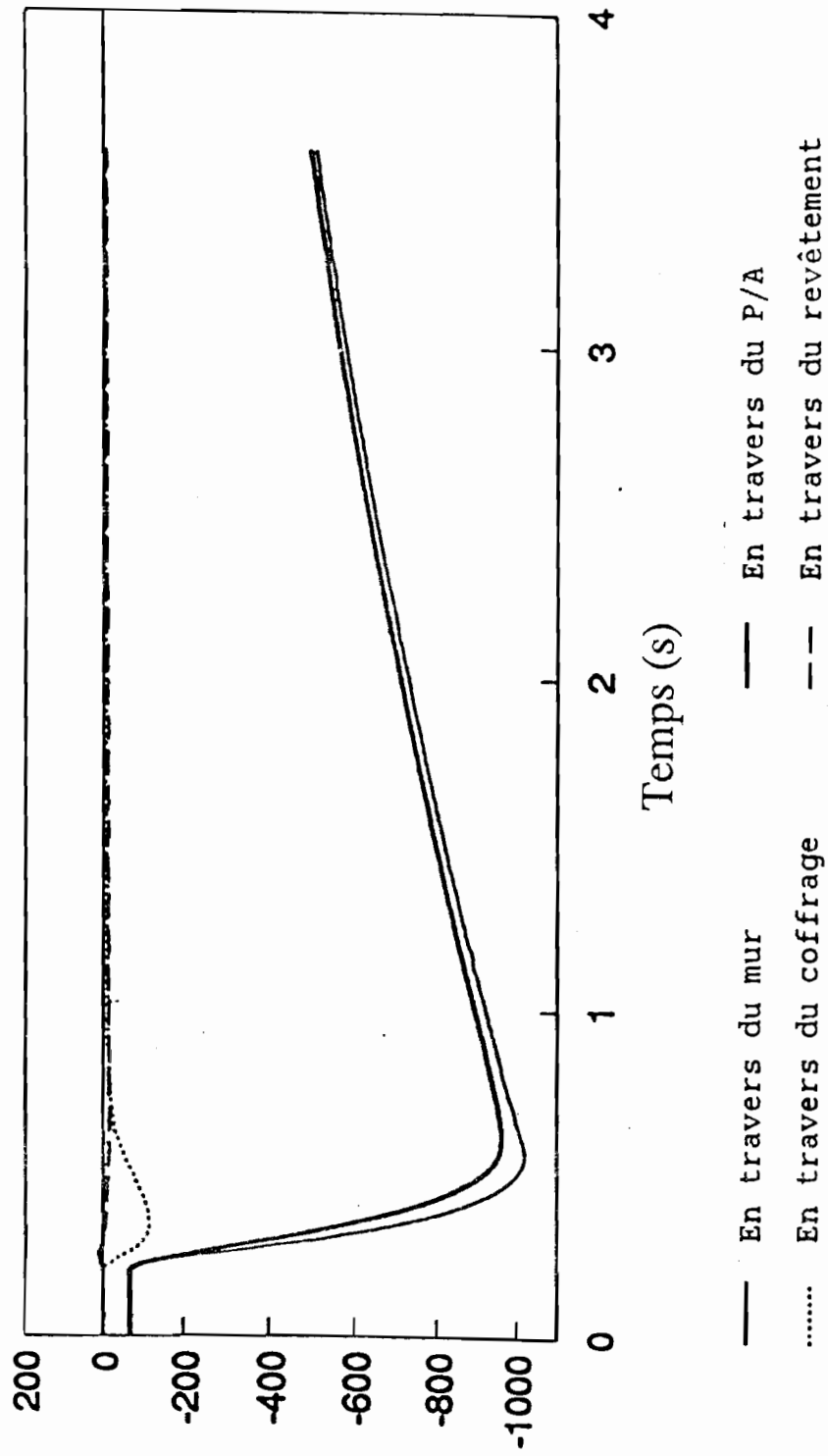


Force de rafale initiale : 4 100 Pa/s

FIGURE 19

Mur à bardage de vinyle

Pare-air "hermétique" en panneau de gypse

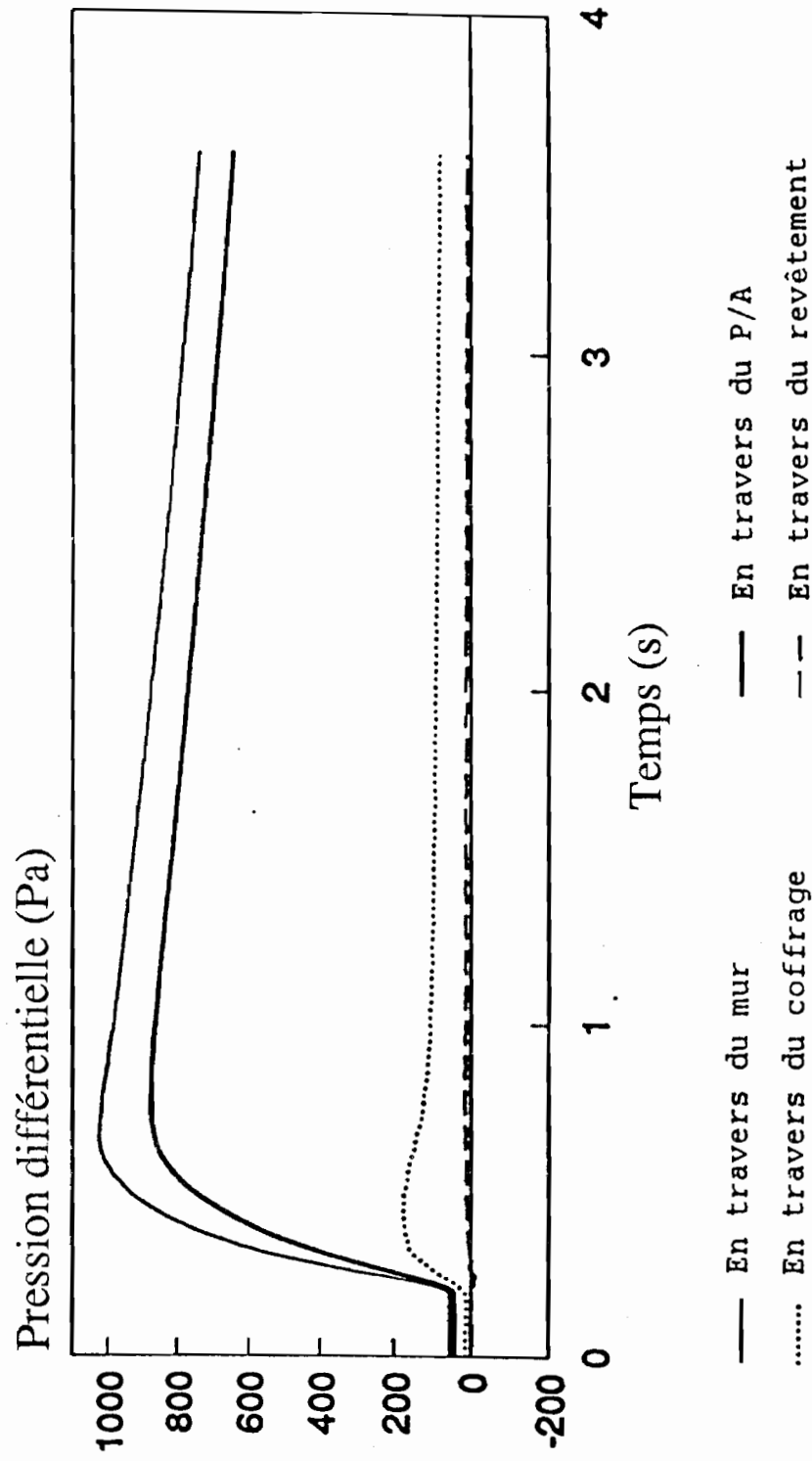


Force de rafale initiale : 5 100 Pa/s

FIGURE 20

Mur à bardage de vinyle

Ouverture de 25 mm dans le pare-air en panneau de gypse

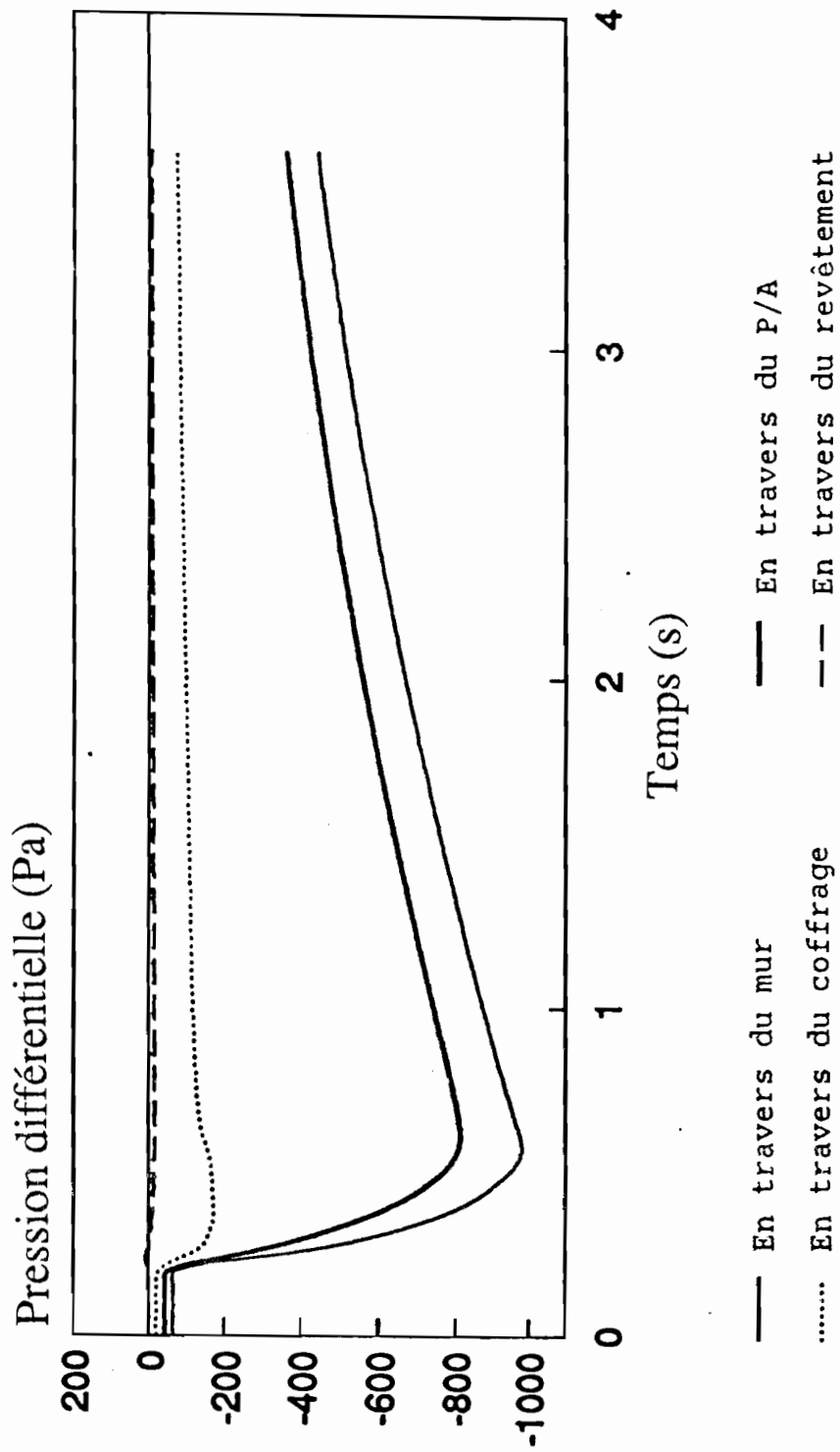


Force de rafale initiale : 4 400 Pa/s

FIGURE 21

Mur à bardage de vinyle

Ouverture de 25 mm dans le pare-air en panneau de gypse

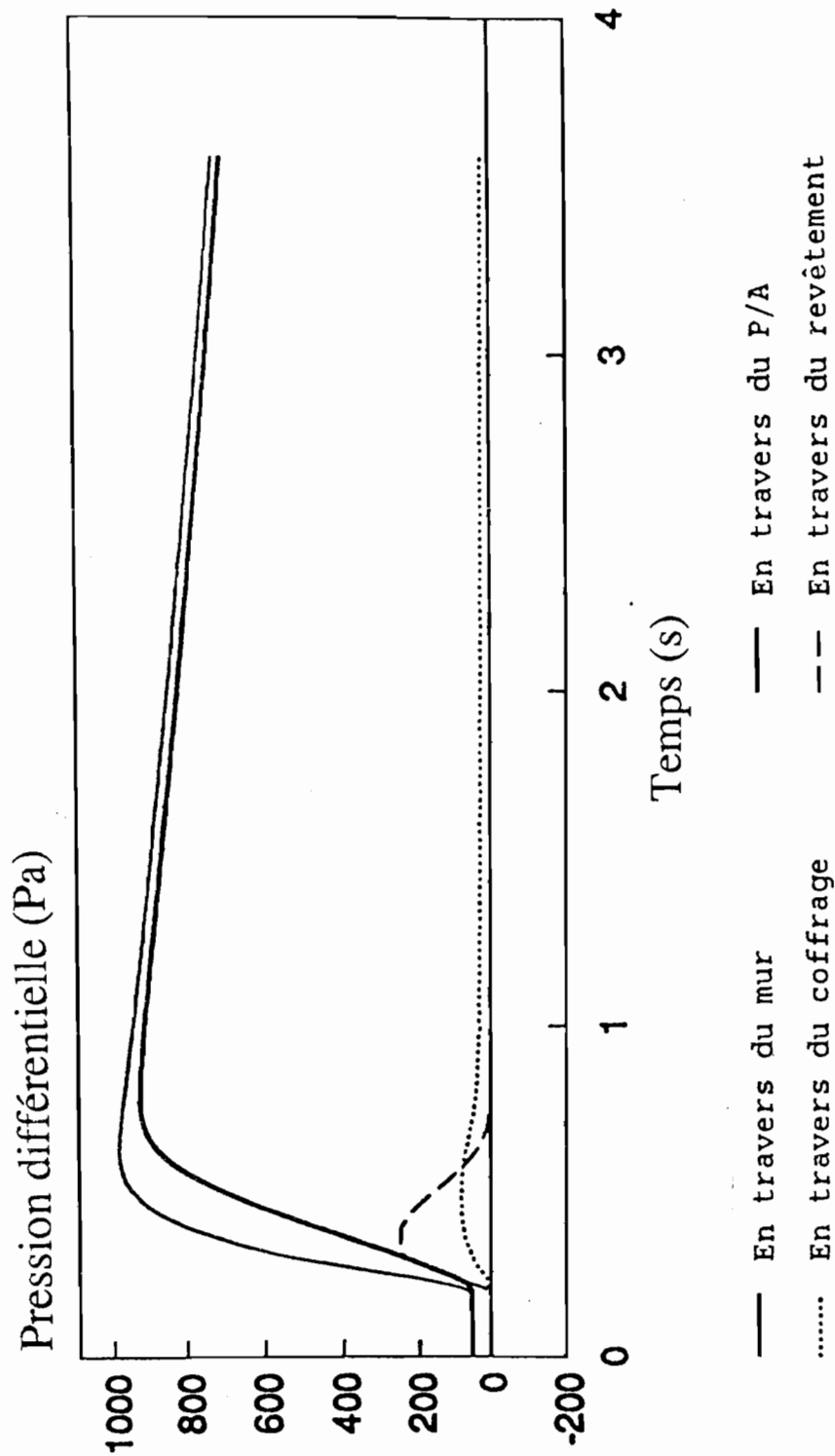


Force de rafale initiale : 4 700 Pa/s

FIGURE 22

Mur à parement de brique

Pare-air "étanche" en panneau de gypse

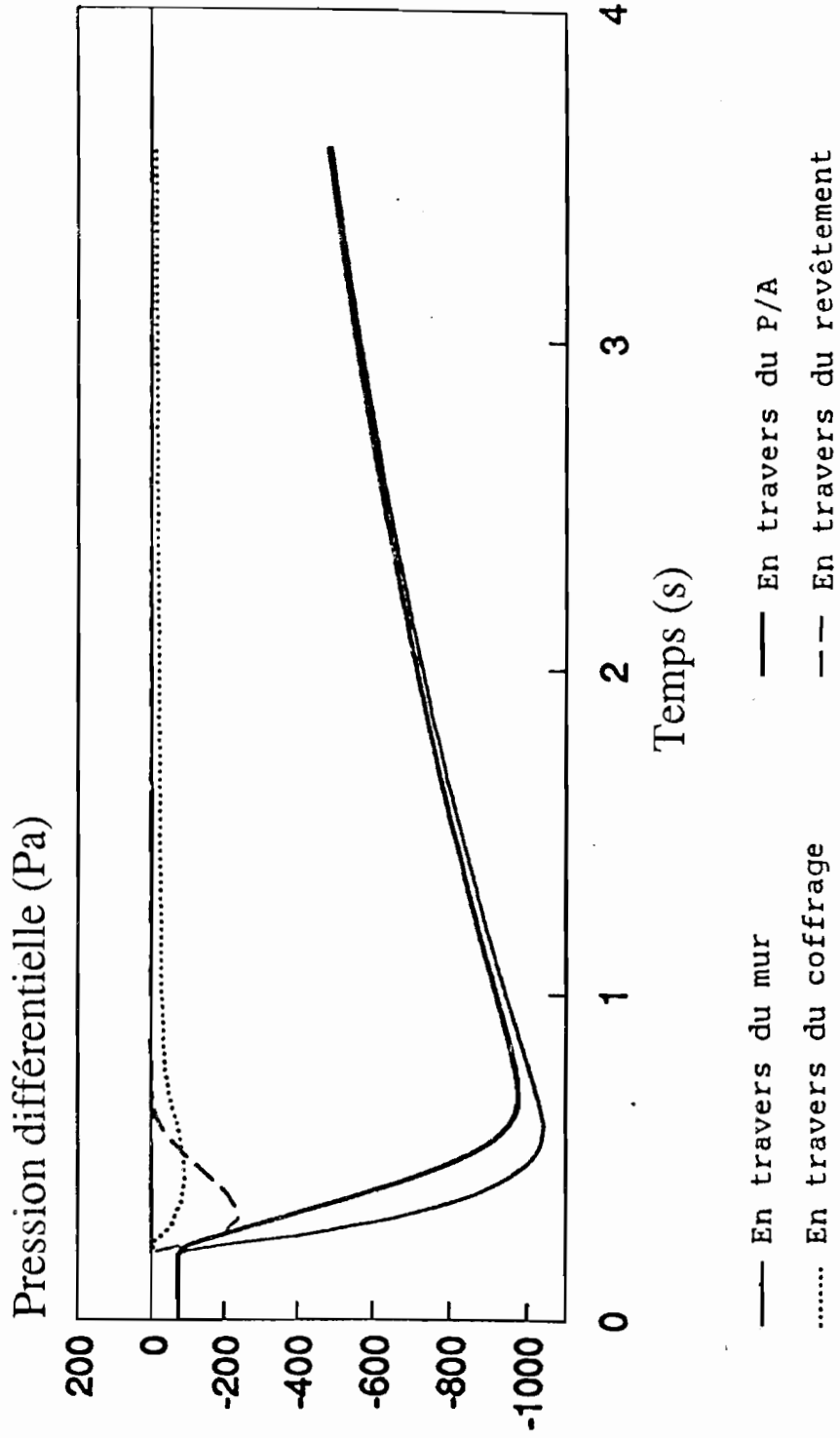


Force de rafale initiale : 5 000 Pa/s

FIGURE 23

Mur à parement de brique

Pare-air "étanche" en panneau de gypse

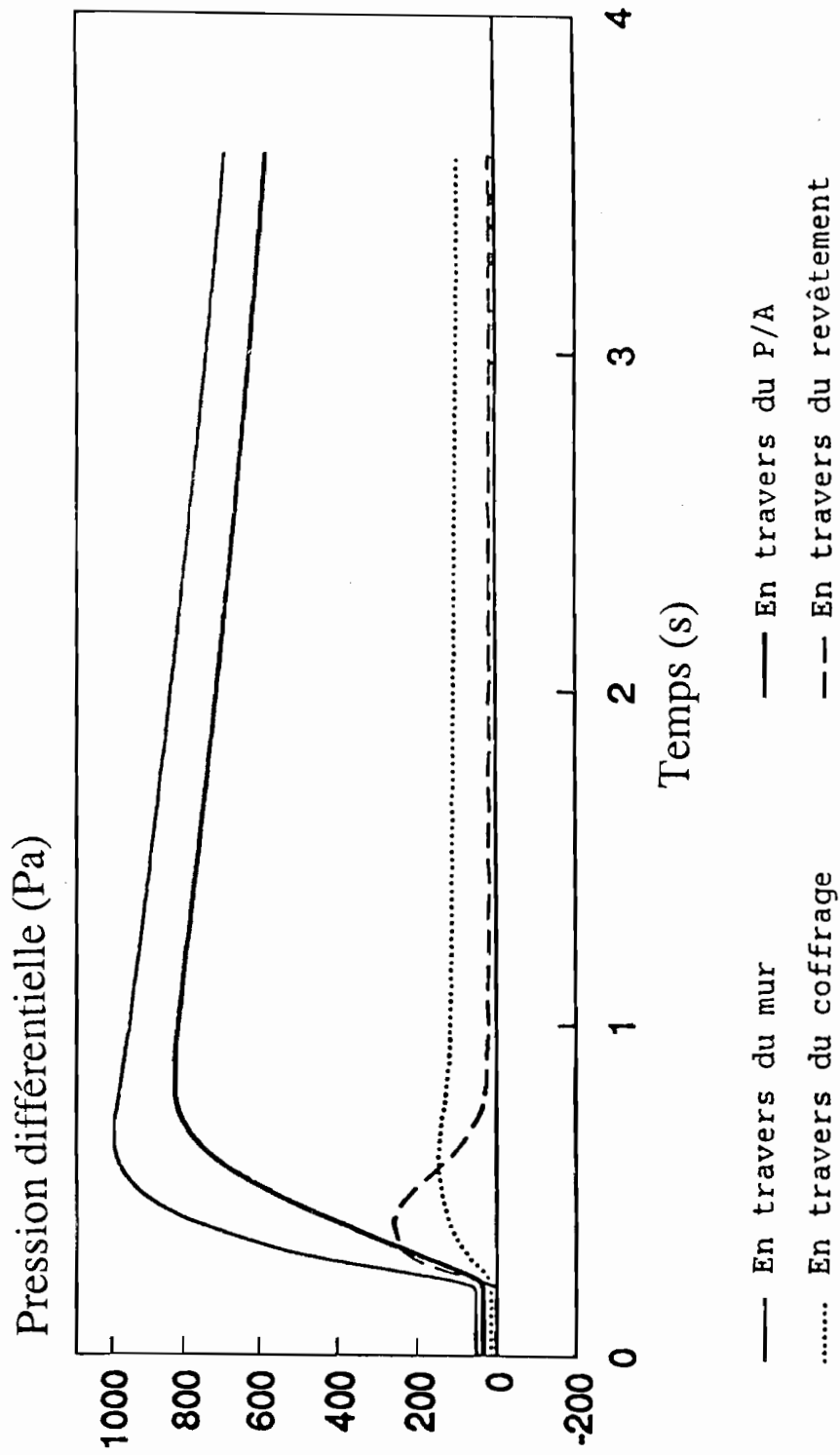


Force de rafale initiale : 5 800 Pa/s

FIGURE 24

Mur à parement de brique

Ouverture de 25 mm dans le pare-air en panneau de gypse

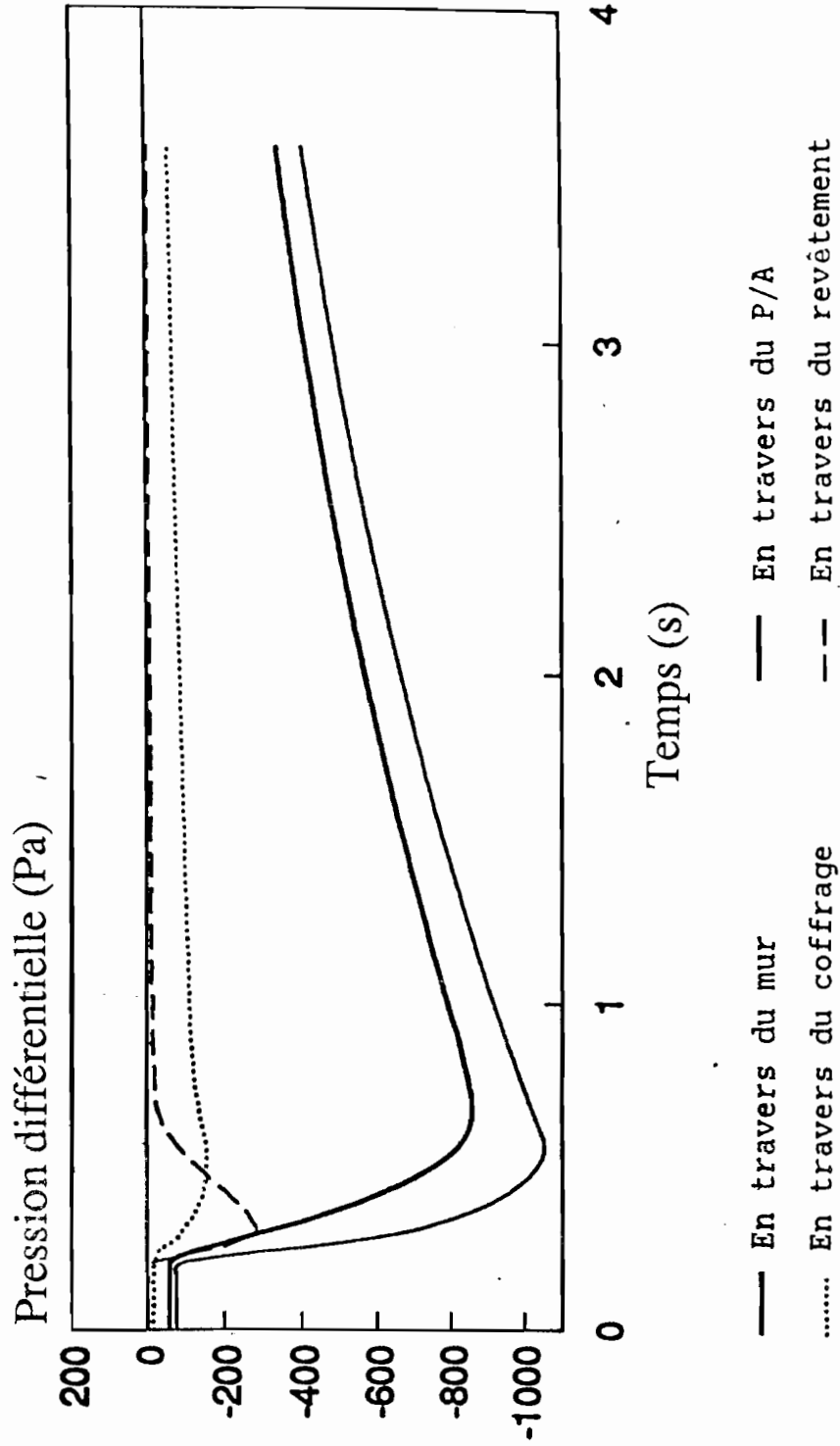


Force de rafale initiale : 4 800 Pa/s

FIGURE 25

Mur à parement de brique

Ouverture de 25 mm dans le pare-air en panneau de gypse

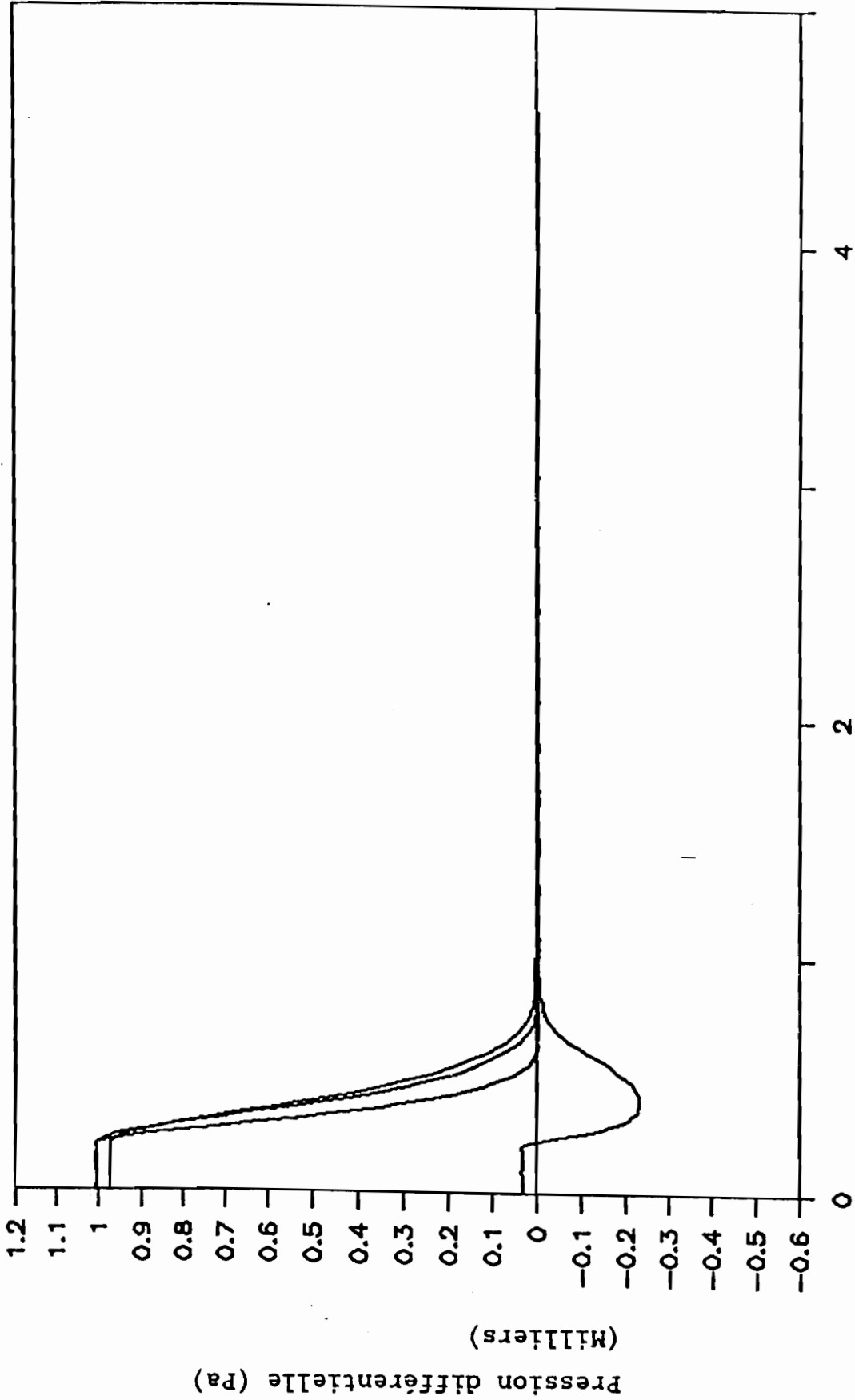


Force de rafale initiale : 6 300 Pa/s

FIGURE 26

SCHL219 - Parement en brique (3V) - P/A en panneau de gypse

Orifice de 8 po. Fuite d' air de 0,1 pi³ / min @ 75 pa. Pente initiale -- 4625 (Pa/s)



Temps (s)

— Derrière le bardage

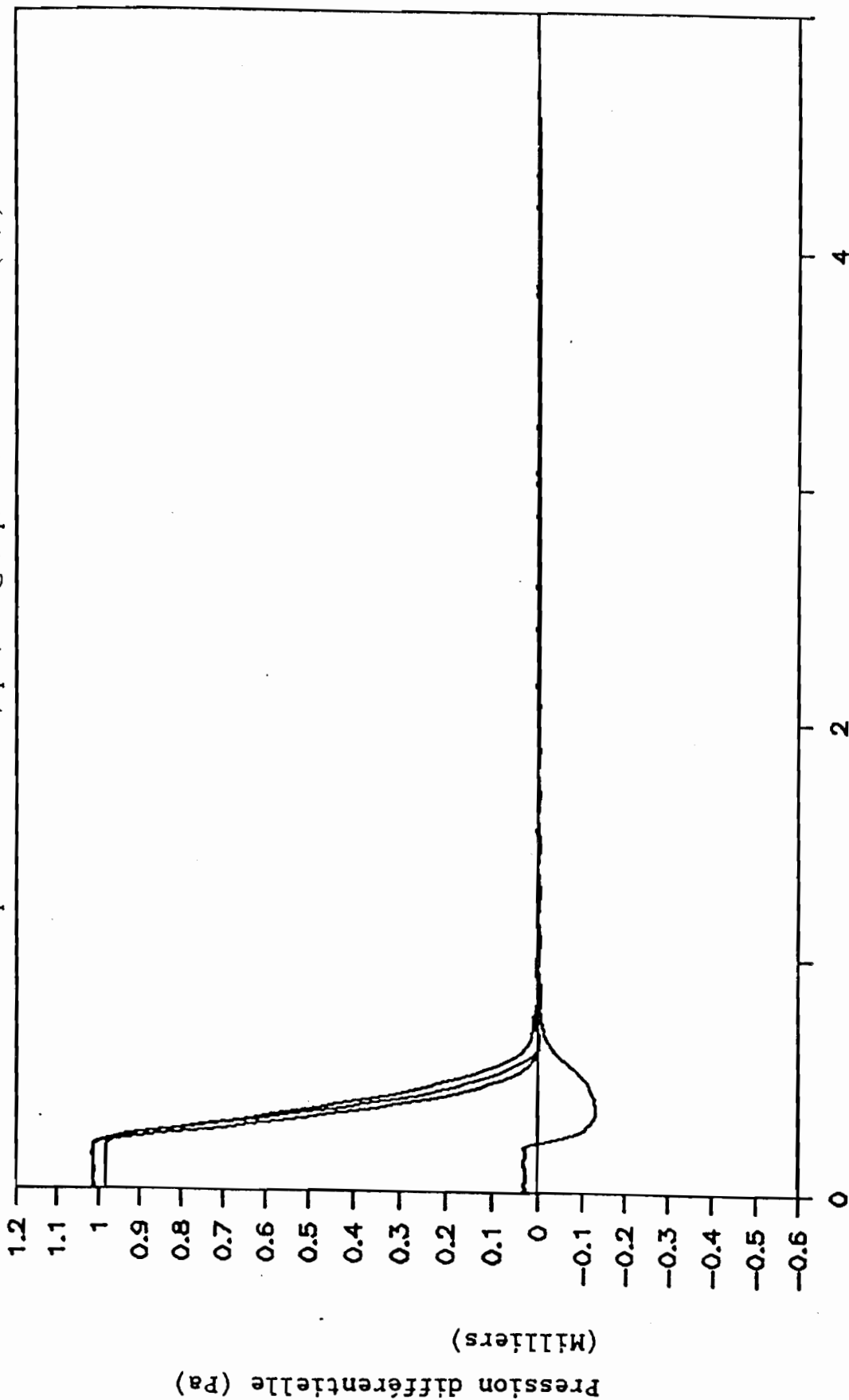
--- Espace entre les poteaux

← En travers du coffrage

FIGURE 27

SCHL219 - Parement en brique (11V) - P/A en panneau de gypse

Orifice de 8 po. Fuite d'air de 0,1 pi³ / min @ 75 pa. Pente initiale -- 4503 (Pa/s)



Temps (s)

— Derrière le bardage

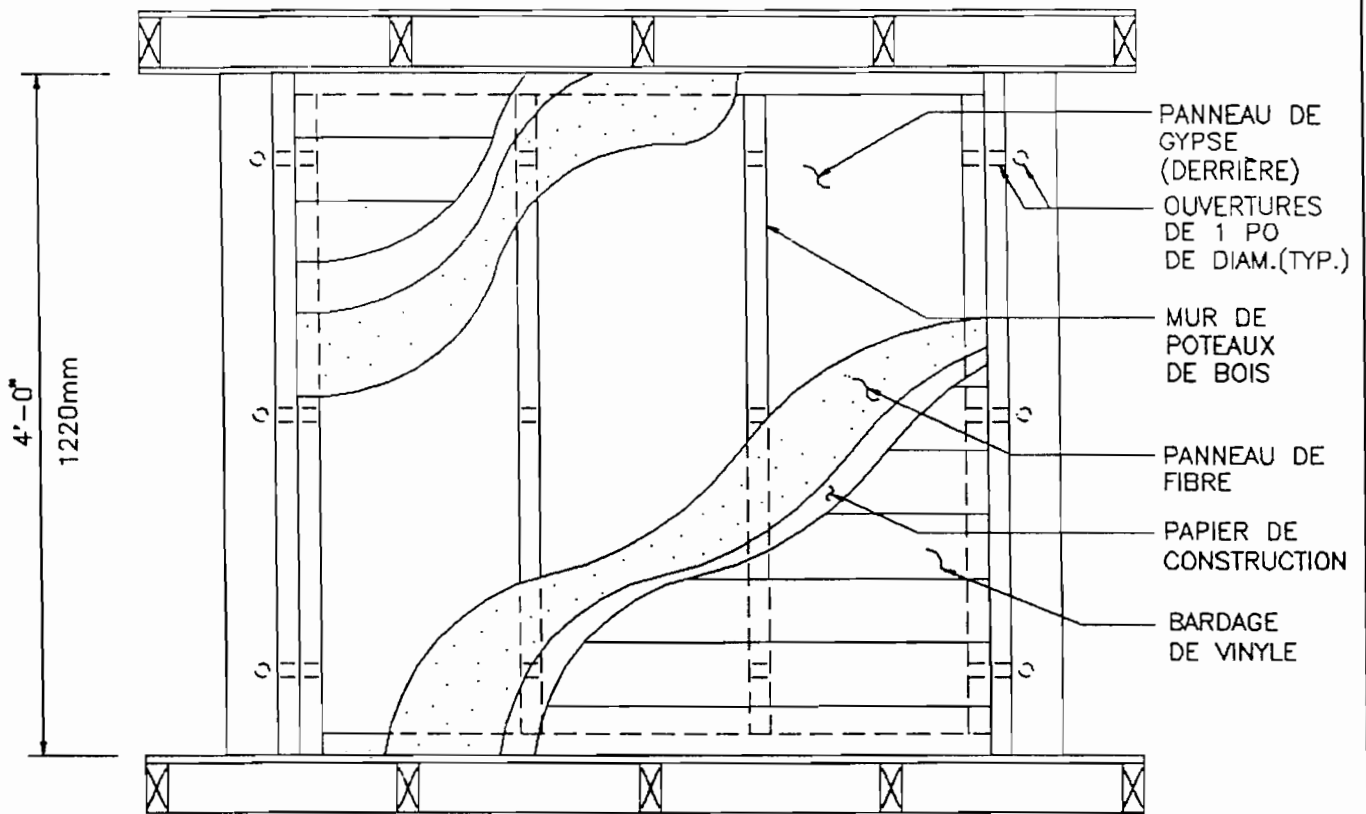
-- Espace entre les poteaux

En travers du coffrage

FIGURE 28

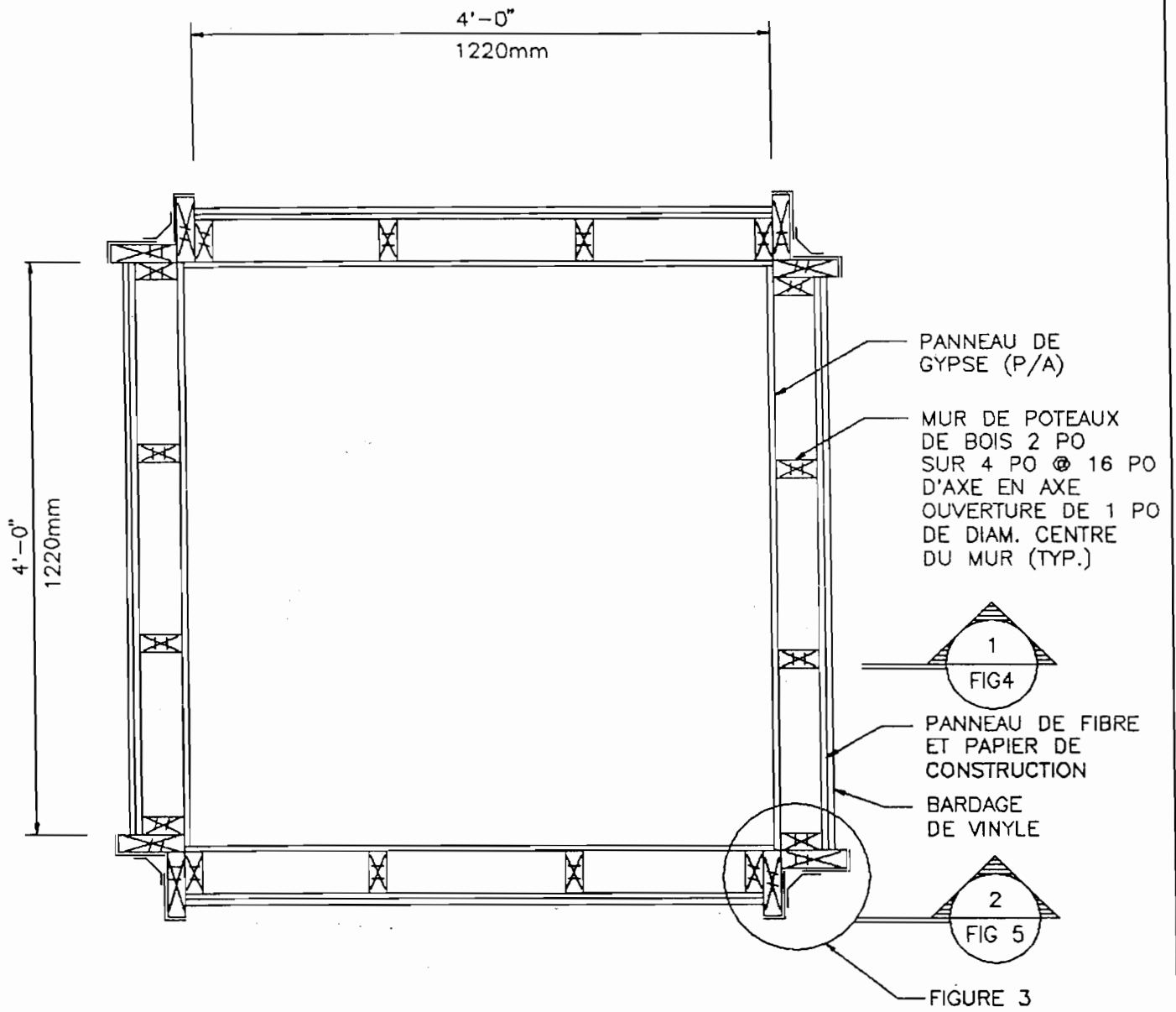
ANNEXE B

**DESSIN DE CONSTRUCTION DES
MODÈLE DE COMPARTIMENTATION,
TABLEAU DES RÉSULTATS ET FIGURES
DES ESSAIS DE SOUFFLERIE**



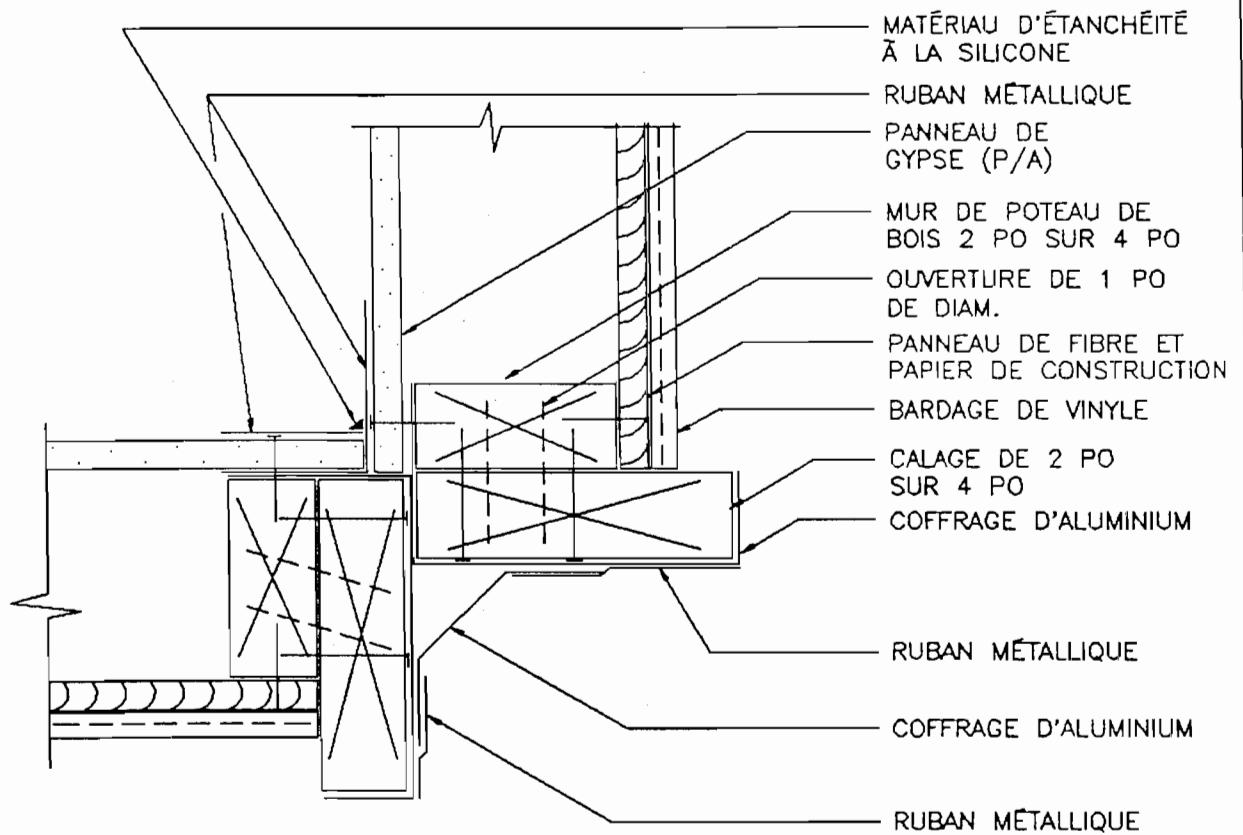
ÉLÉVATION
MODÈLE DE COMPARTIMENTAGE

FIGURE 1



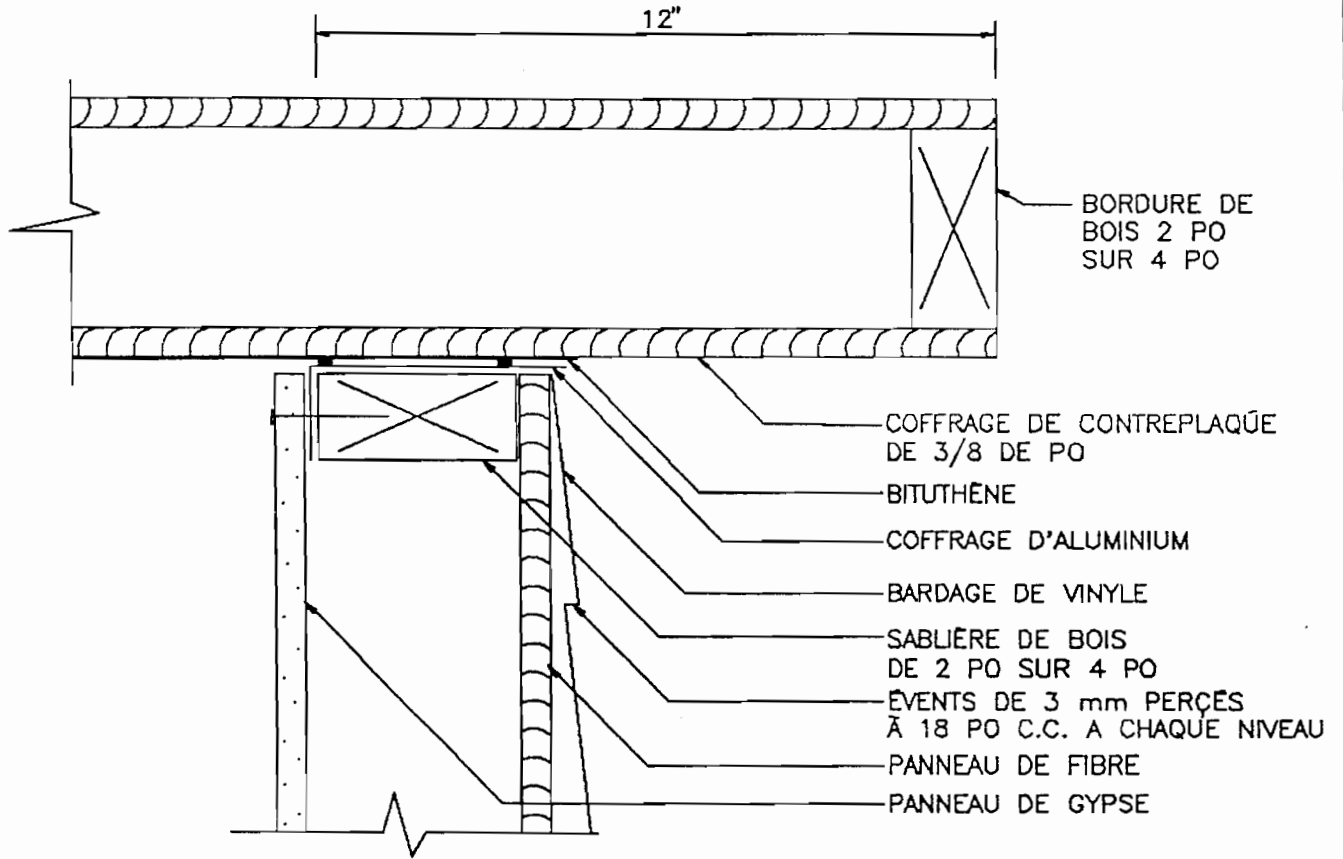
PLAN
MODÈLE DE COMPARTIMENTAGE

FIGURE 2



PLAN DU DÉTAIL D'UN ANGLE
MODELE DE COMPARTIMENTAGE

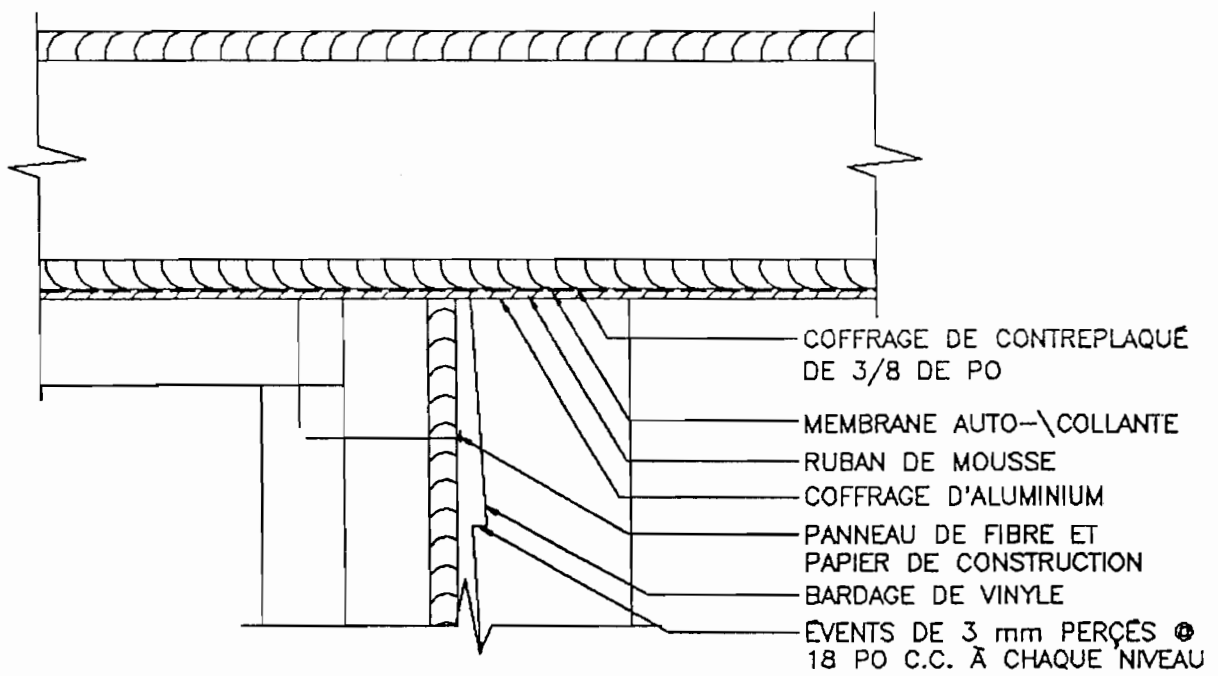
FIGURE 3



COUPE TRANSVERSALE À TRAVERS LE BORD DU COUVERCLE ET DE LA BASE DU CUBE

SECTION 2
FIG.2

FIGURE 4

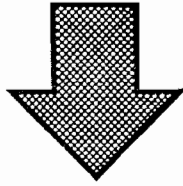


PROJECTION À TRAVERS LE BORD DU COUVERCLE ET DE LA BASE DU CUBE

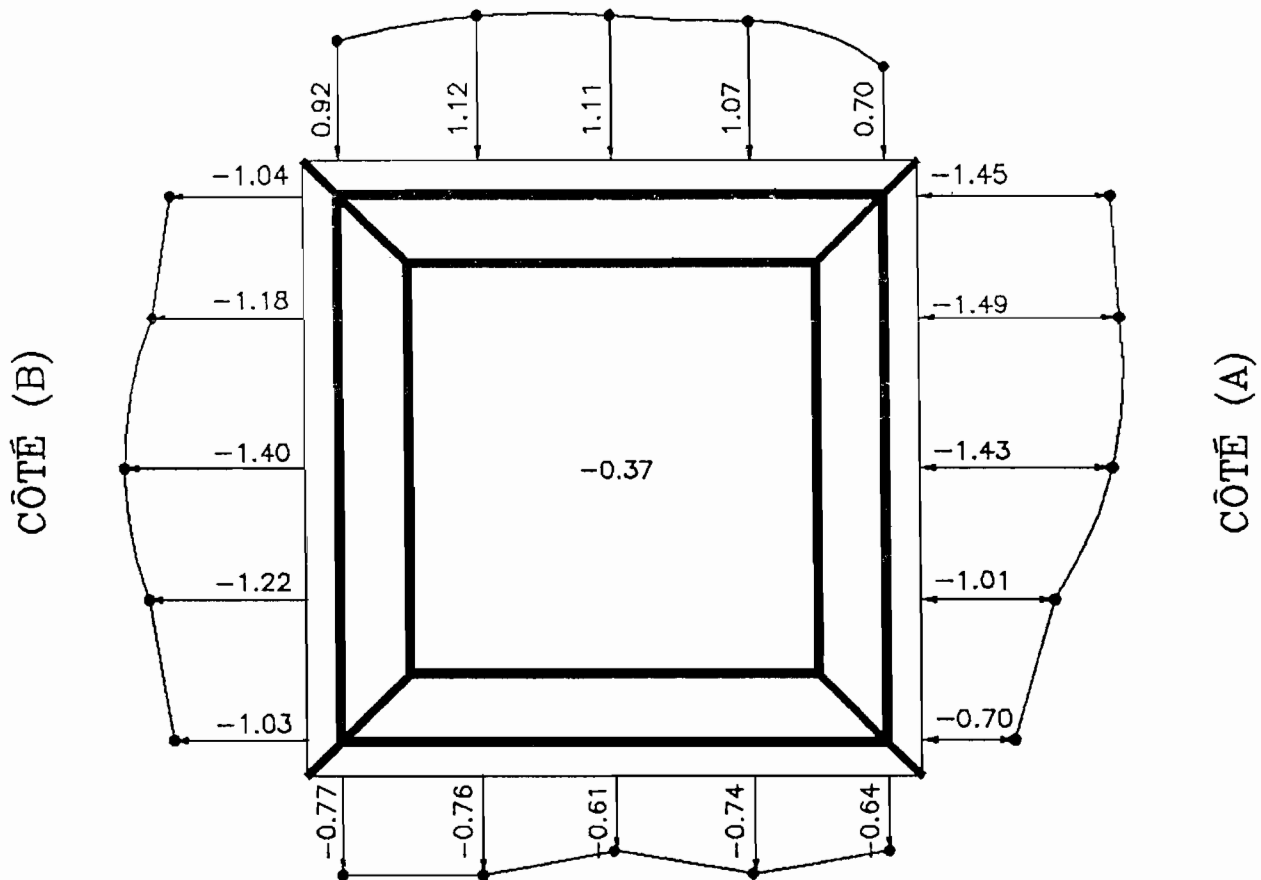
SECTION 2
 FIG.2

FIGURE 5

VENT



DEVANT (DV)



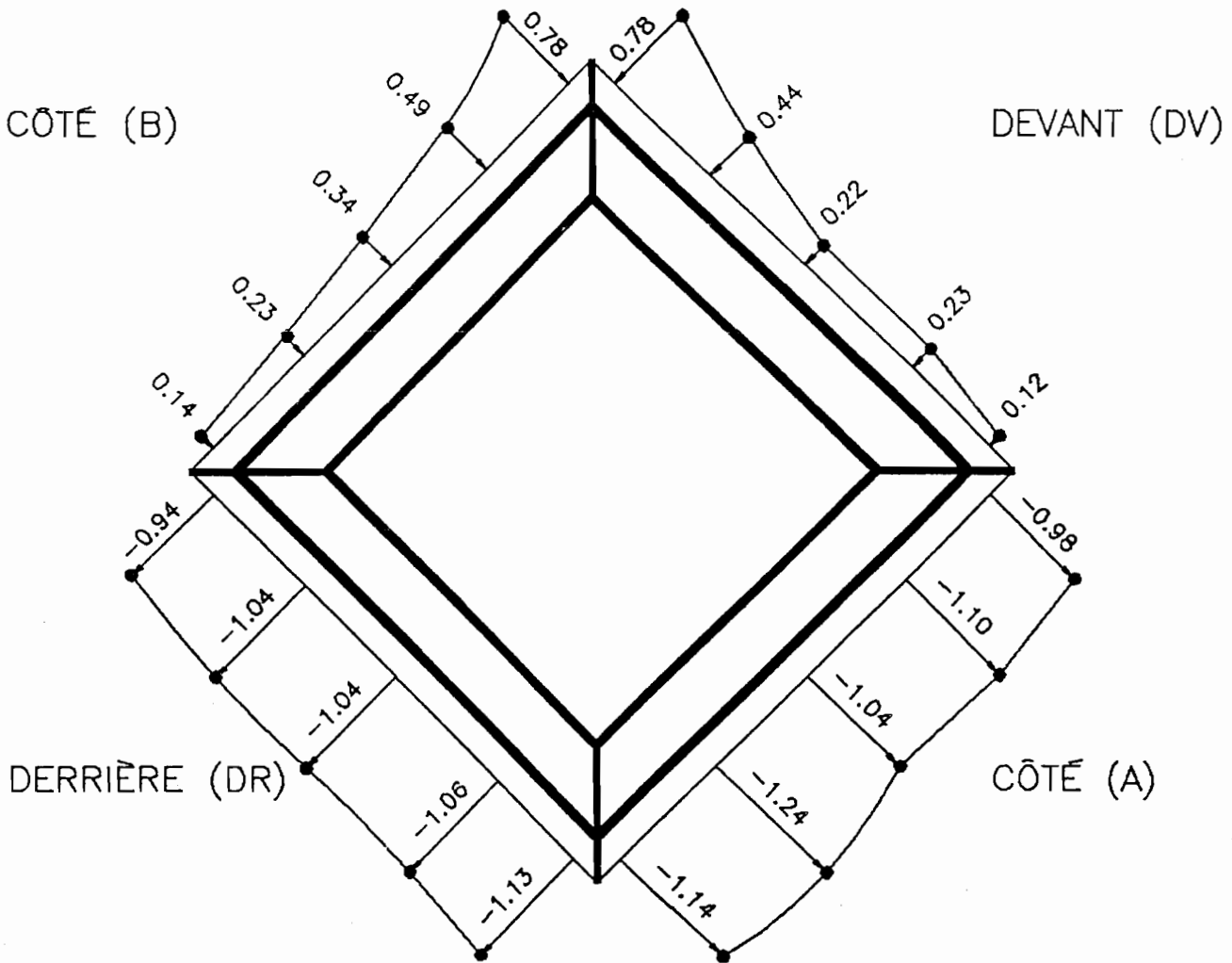
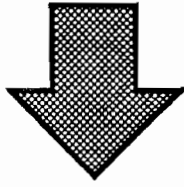
DERRIÈRE (DR)

COEFFICIENTS DE PRESSION EXTÉRIEUR

VENT À 0°

FIGURE 6

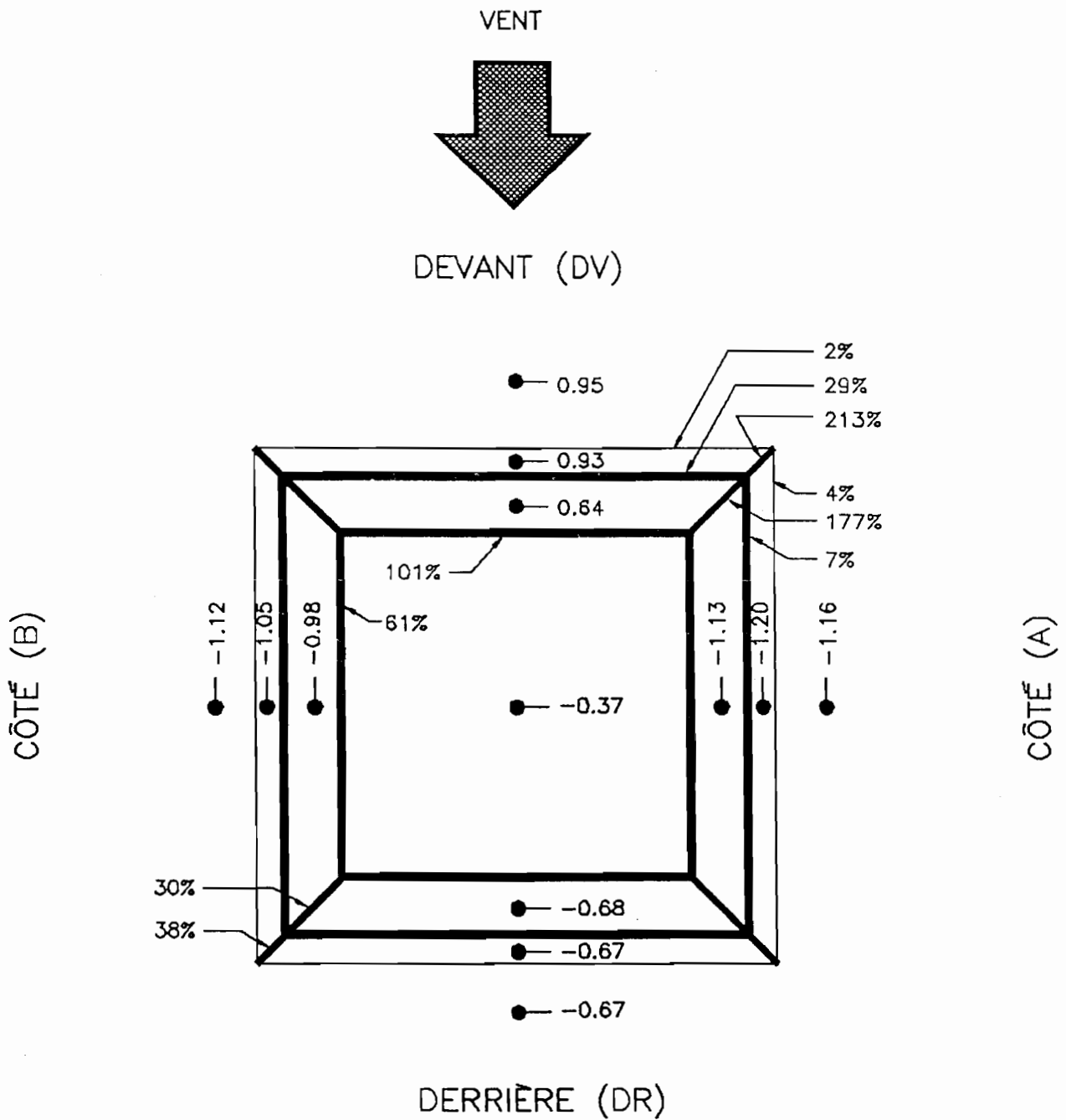
VENT



COEFFICIENTS DE PRESSION EXTERIEUR

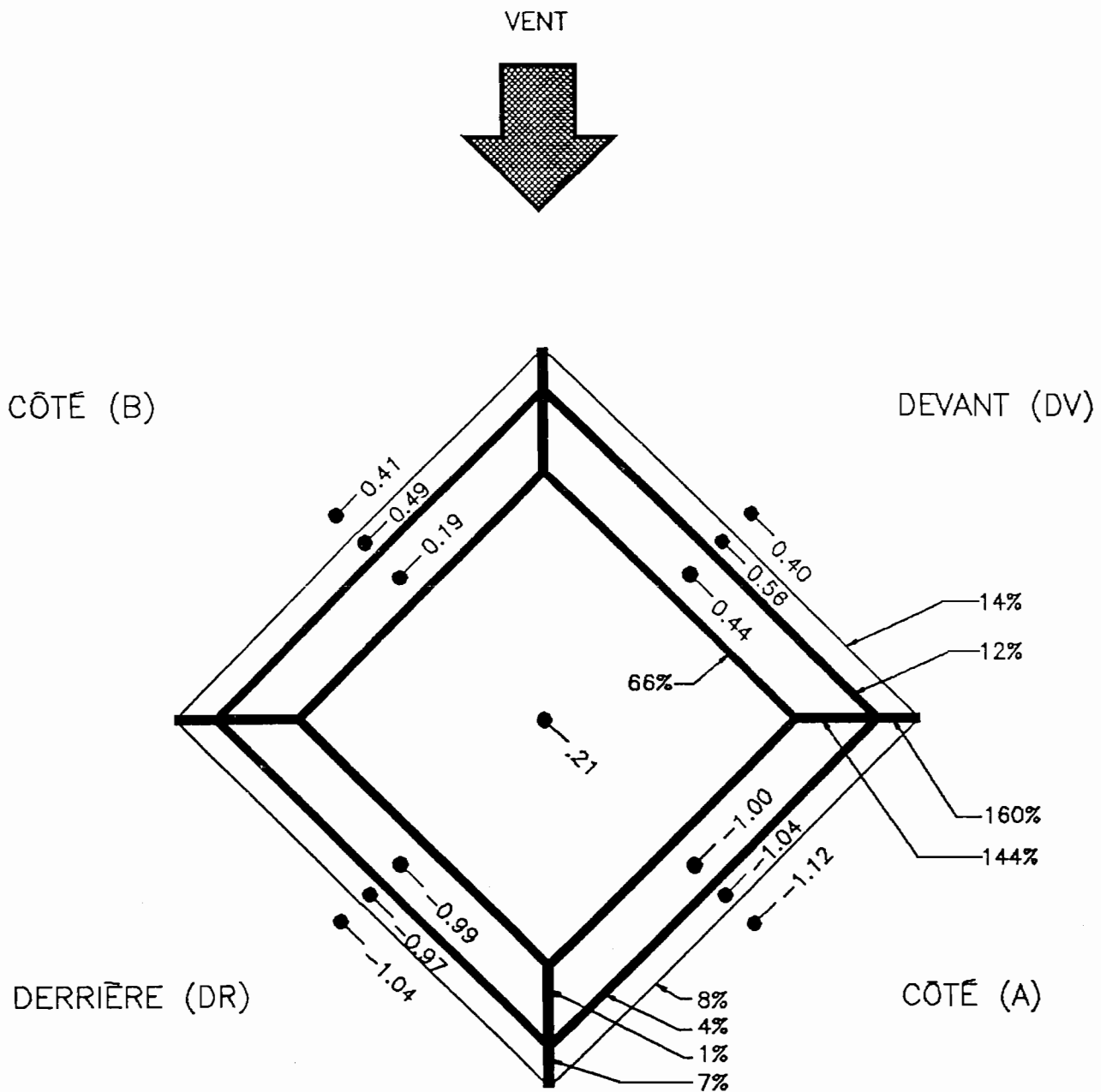
VENT A 45°

FIGURE 7



ENTIÈREMENT COMPARTIMENTÉ
À TOUS LES ANGLES
VENT À 0°

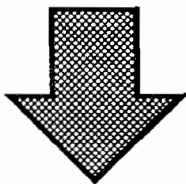
FIGURE 8



ENTIÈREMENT COMPARTIMENTÉ
À TOUS LES ANGLES
ATTAQUÉ DE VENT A 45°

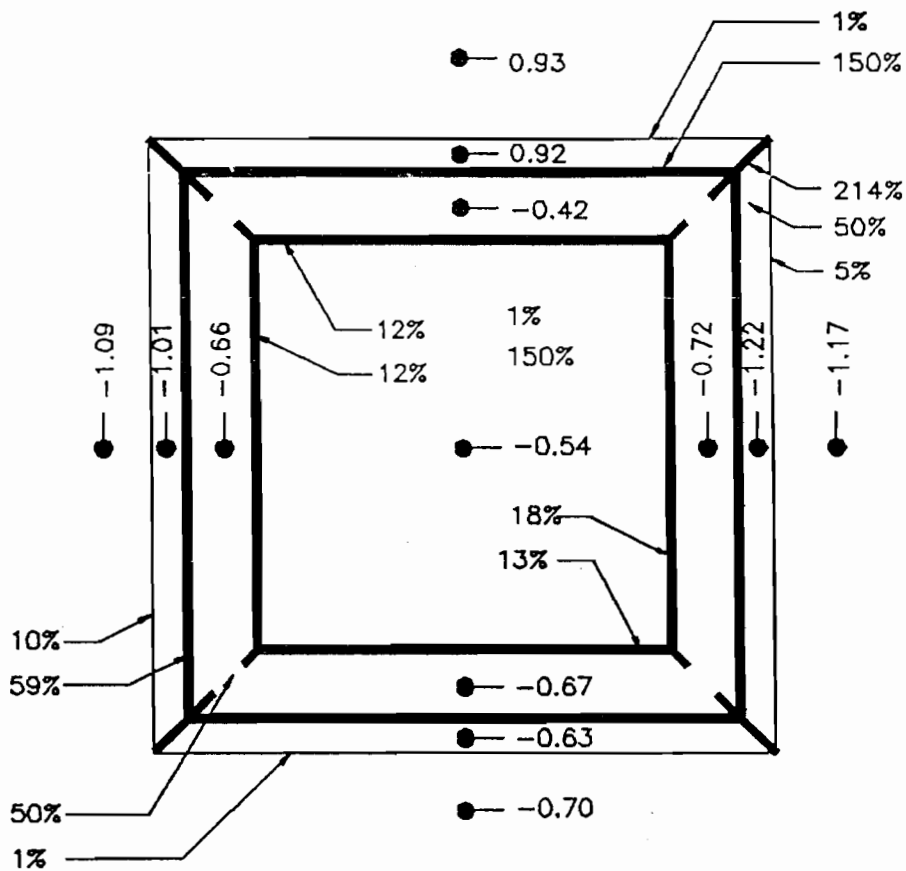
FIGURE 9

VENT



DEVANT (DV)

CÔTÉ (B)



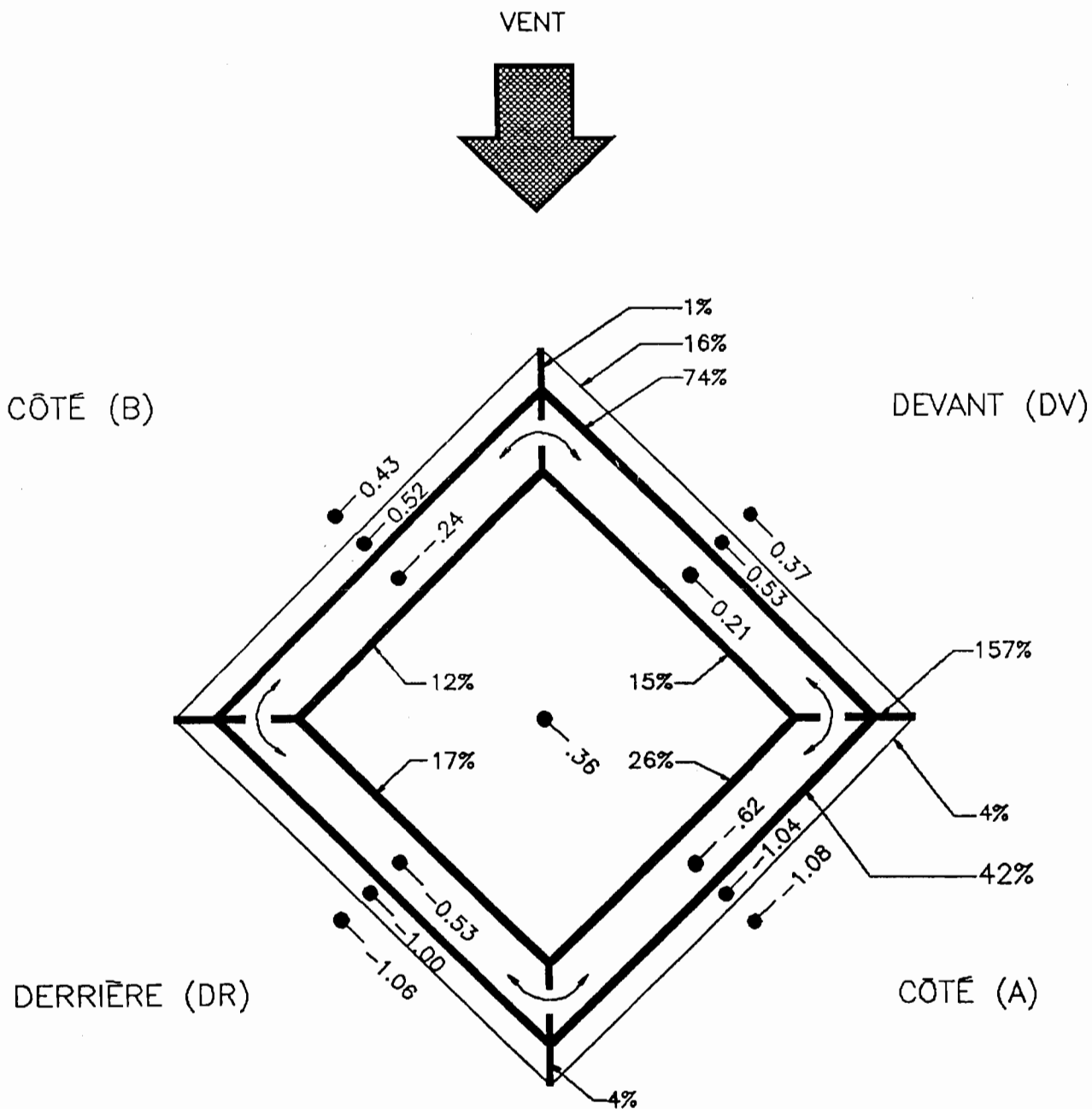
CÔTÉ (A)

DERRIÈRE (DR)

COMPARTIMENTS DIAGONALEMENT
OPPOSÉS (À DROITE)

VENT A 0°

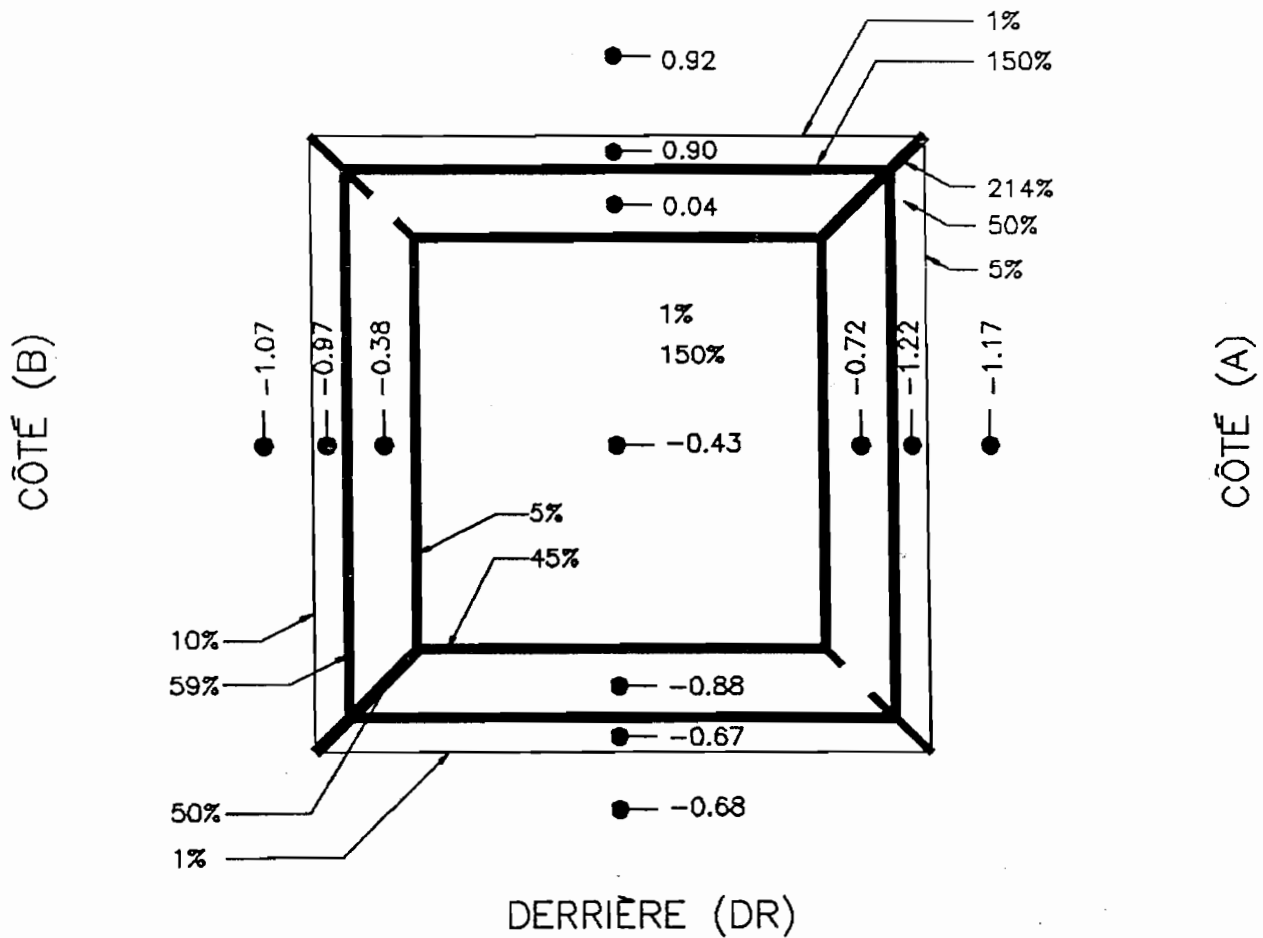
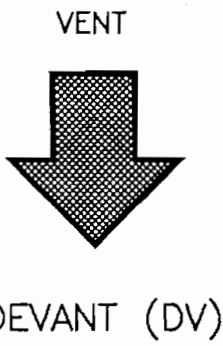
FIGURE 10



CAVITÉ CONTINUE
 – SANS COMPARTIMENTS

VENT À 45°

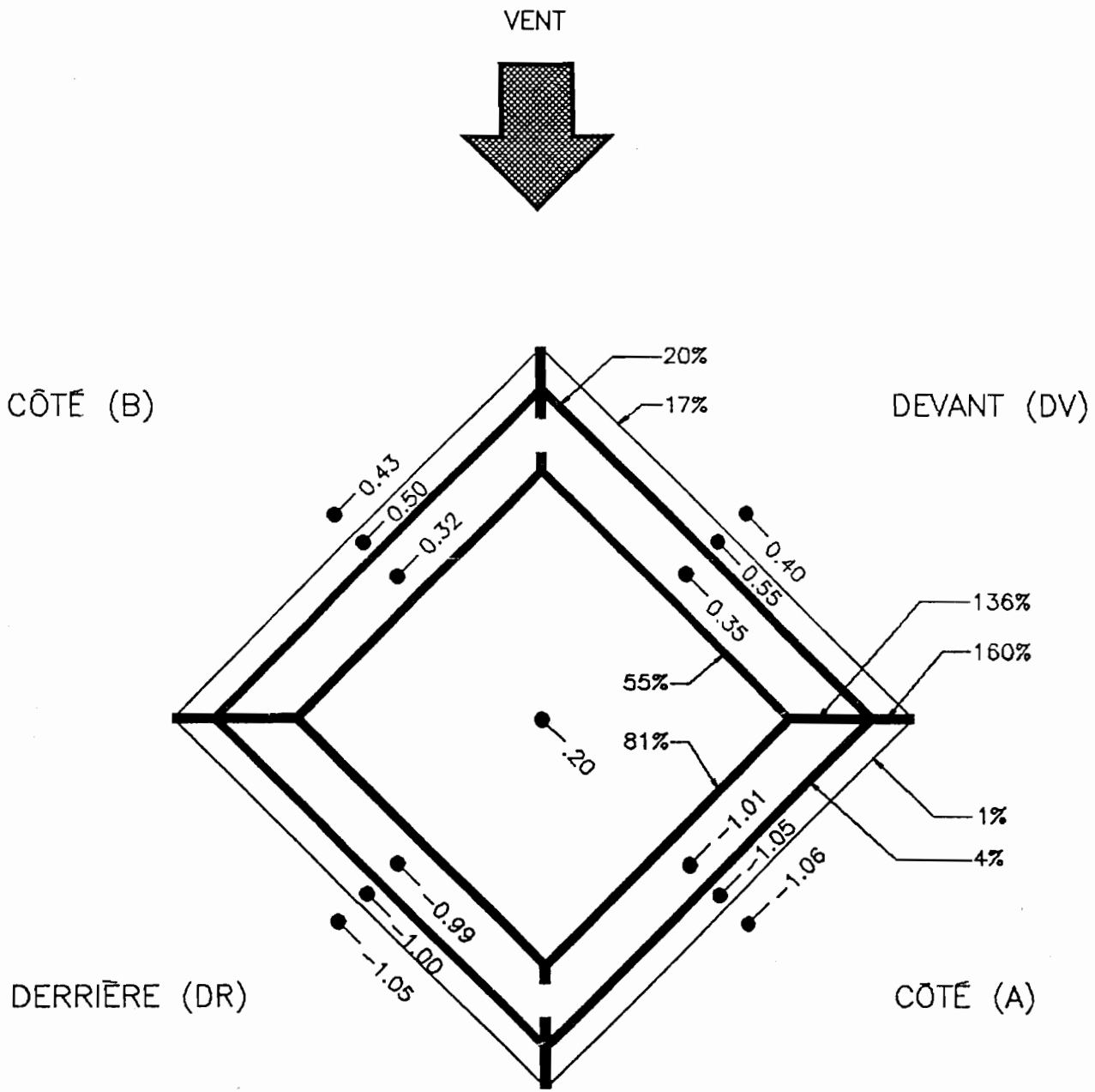
FIGURE 11



COMPARTIMENTS DIAGONALEMENT
OPPOSÉS (À DROITE)

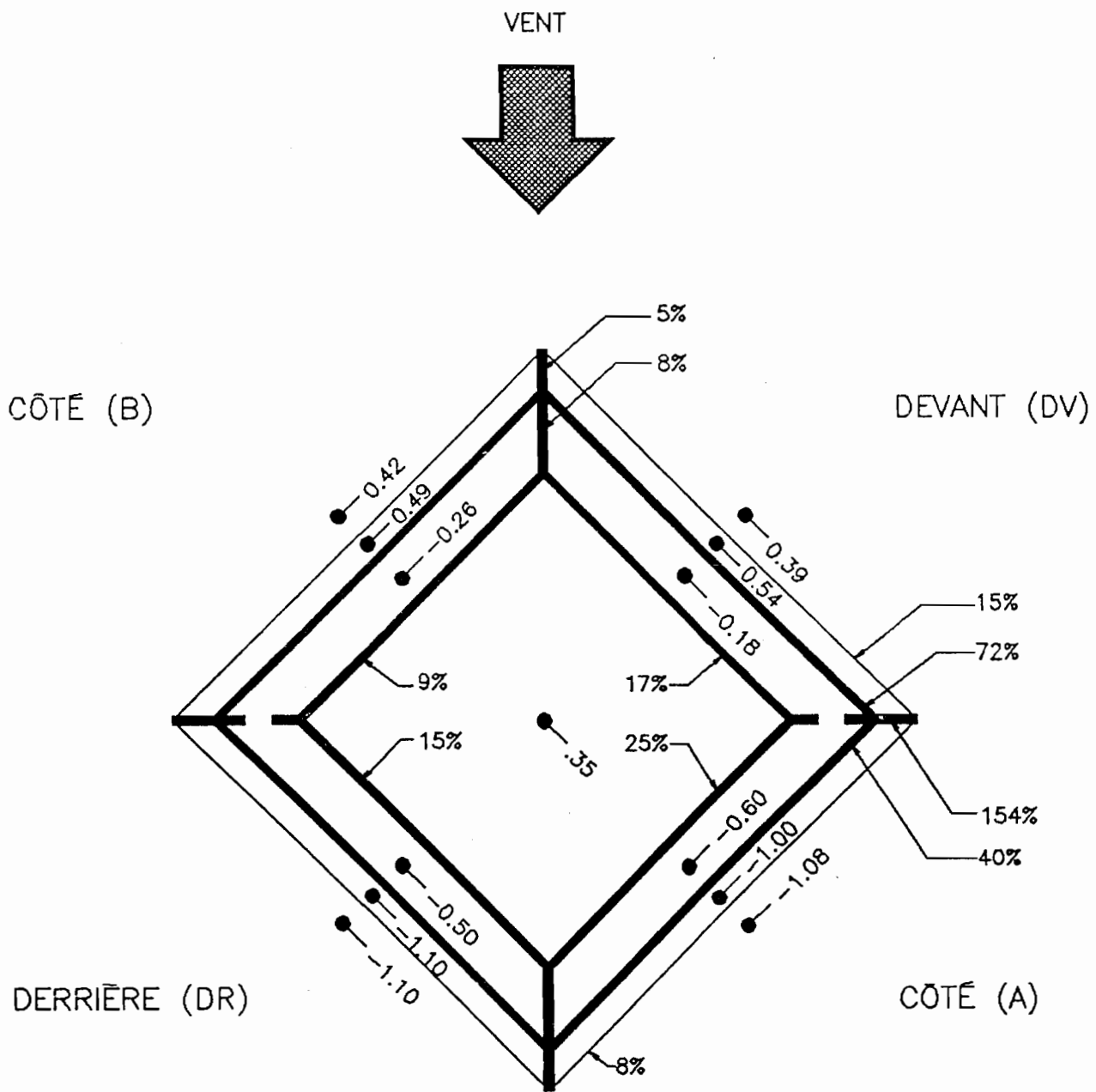
VENT A 0°

FIGURE 12



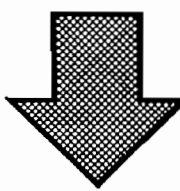
COMPARTIMENTS DIAGONALEMENT
OPPOSÉS (À DROITE)
DE VENT A 45°

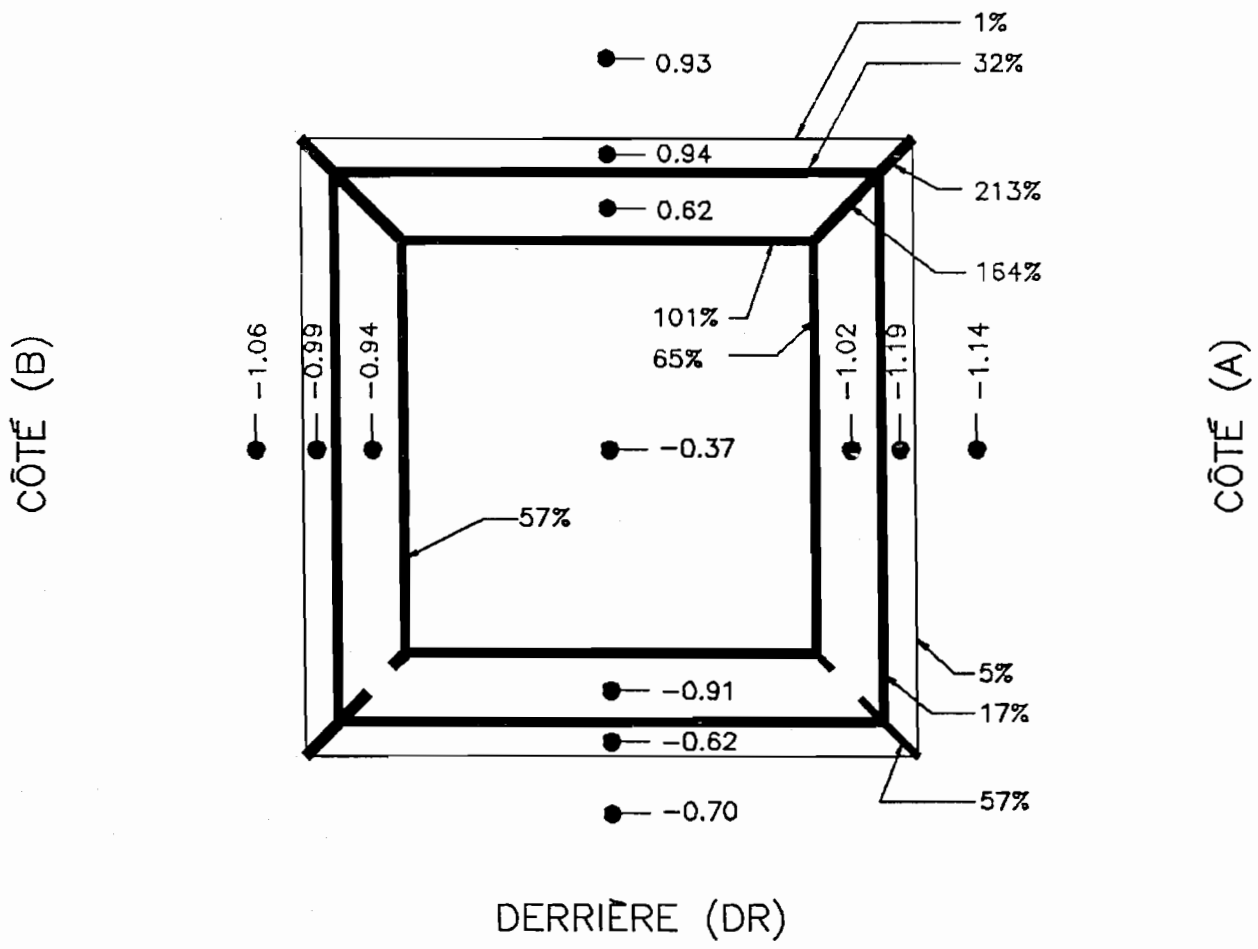
FIGURE 13



COMPARTIMENTS DIAGONALEMENT
OPPOSÉS (À GAUCHE)
DE VENT A 45°

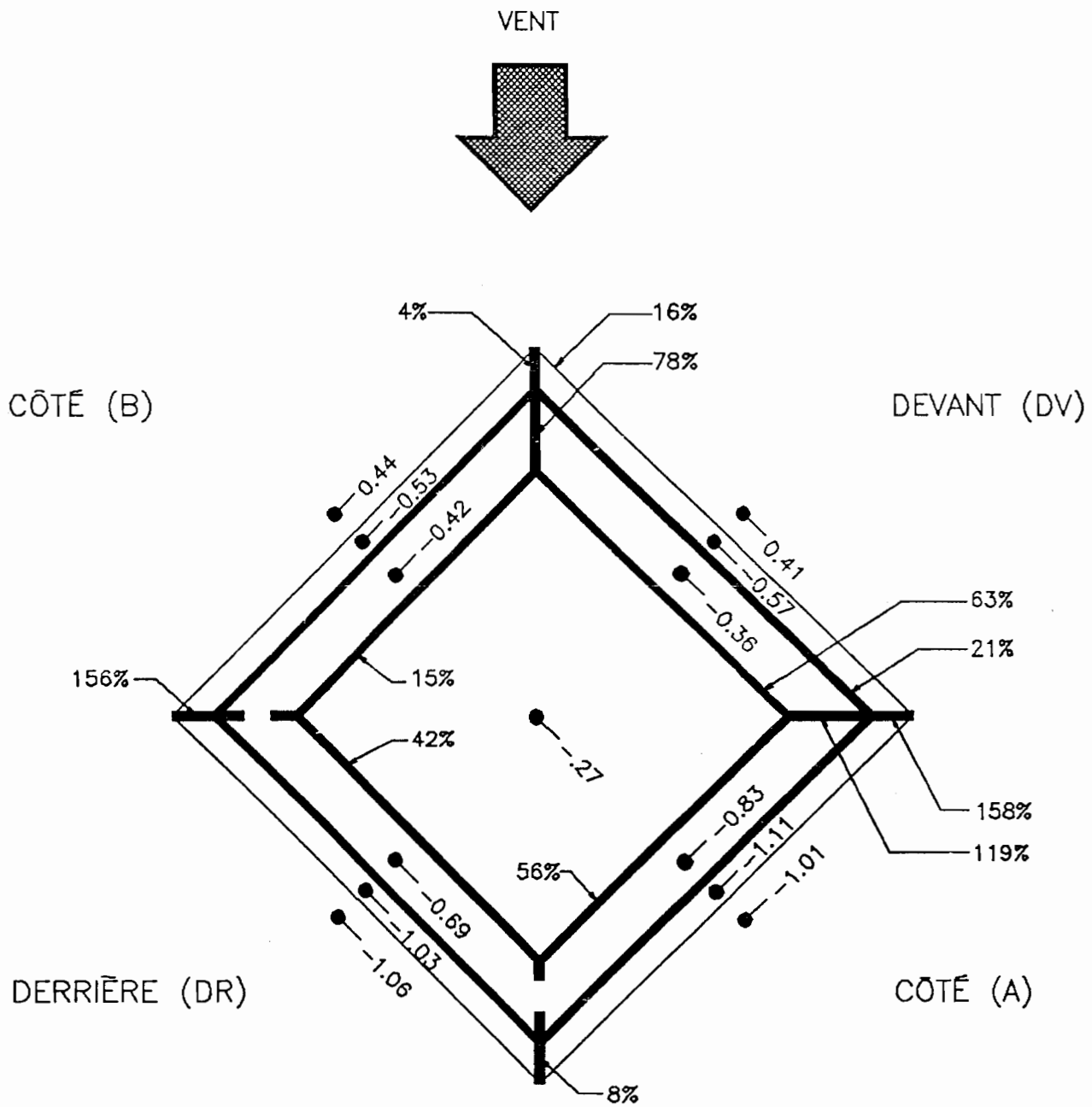
FIGURE 14

VENT

 DEVANT (DV)



ÉLÉVATION AVANT COMPARTIMENTÉE
B-DR-À CONTINU
-VENT À 0°

FIGURE 15



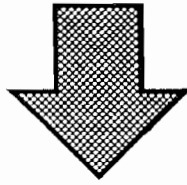
ÉLÉVATION AVANT COMPARTIMENTÉE

B-DR-À CONTINU

- VENT A 45°

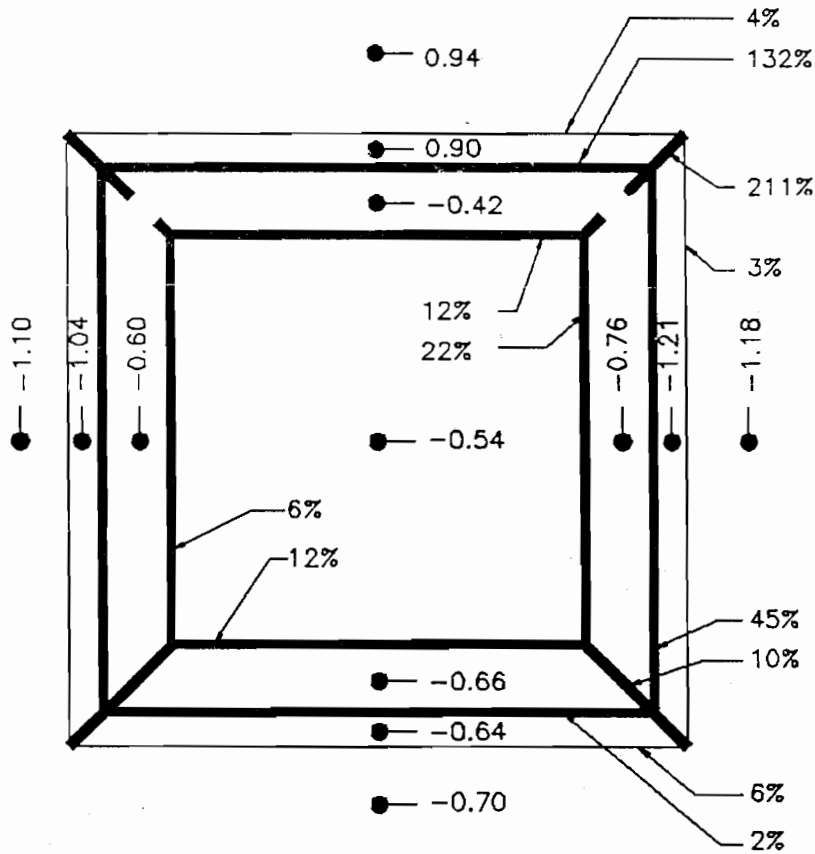
FIGURE 16

VENT



DEVANT (DV)

CÔTÉ (B)



CÔTÉ (A)

DERRIÈRE (DR)

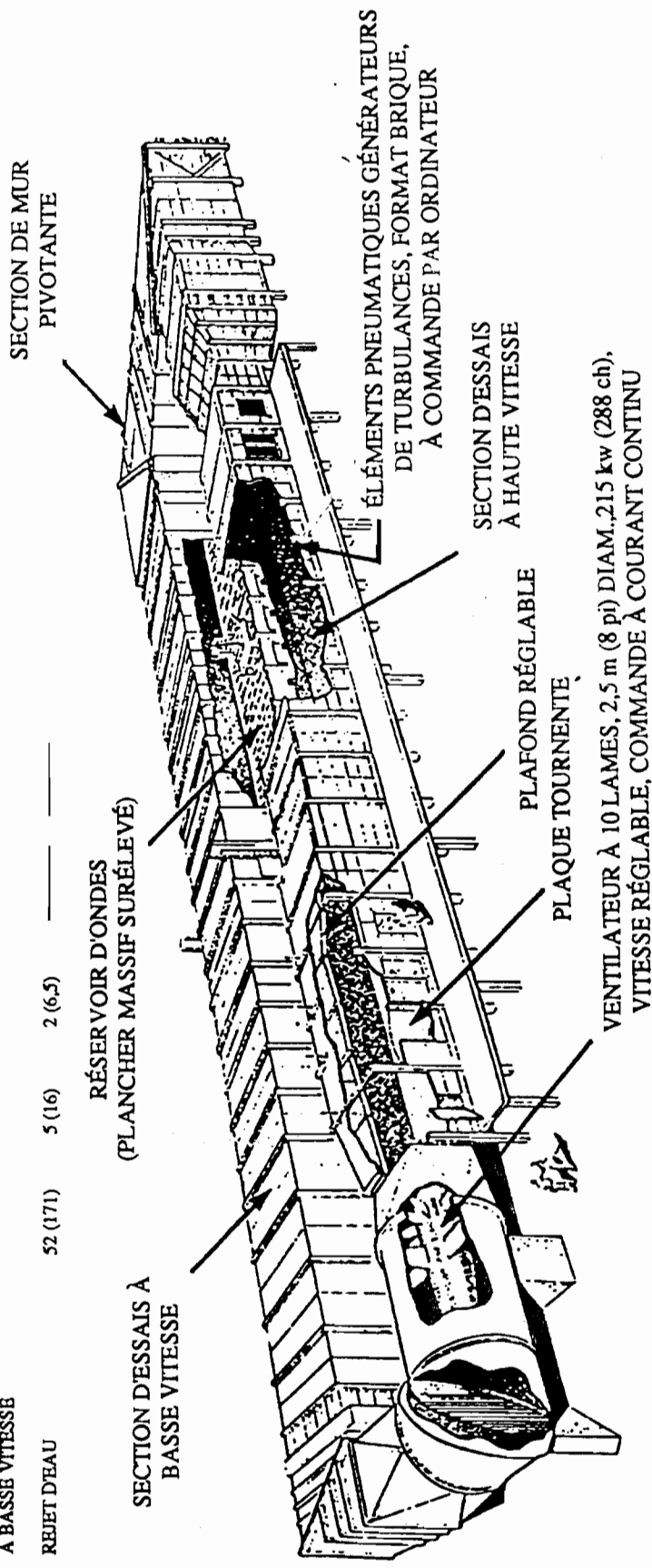
ÉLÉVATION ARRIÈRE COMPARTIMENTÉE

B-FR-À CONTINU

-VENT À 0°

FIGURE 17

DIMENSION D'ENSEMBLE	LONGEUR		LARGEUR		HAUTEUR		VITESSE MAXIMUM	
	m	(pi)	m	(pi)	m	(pi)	km/h	(milles/h)
SECTION D'ESSAIS À HAUTE VITESSE	64	(210)	15	(49)	6	(20)	—	—
SECTION D'ESSAIS À BASSE VITESSE	39	(128)	3,4	(11)	2,5	(8)	100	(62)
SECTION D'ESSAIS À BASSE VITESSE	52	(171)	5	(16)	4	(13)	36	(22)
REJET D'EAU	52	(171)	5	(16)	2	(6,5)	—	—



DOCUMENT NO 2 : BLWT II (SASS)

LA SOUFLERIE AÉRODYNAMIQUE À SURFACE DE SÉPARATION

FIGURE 18

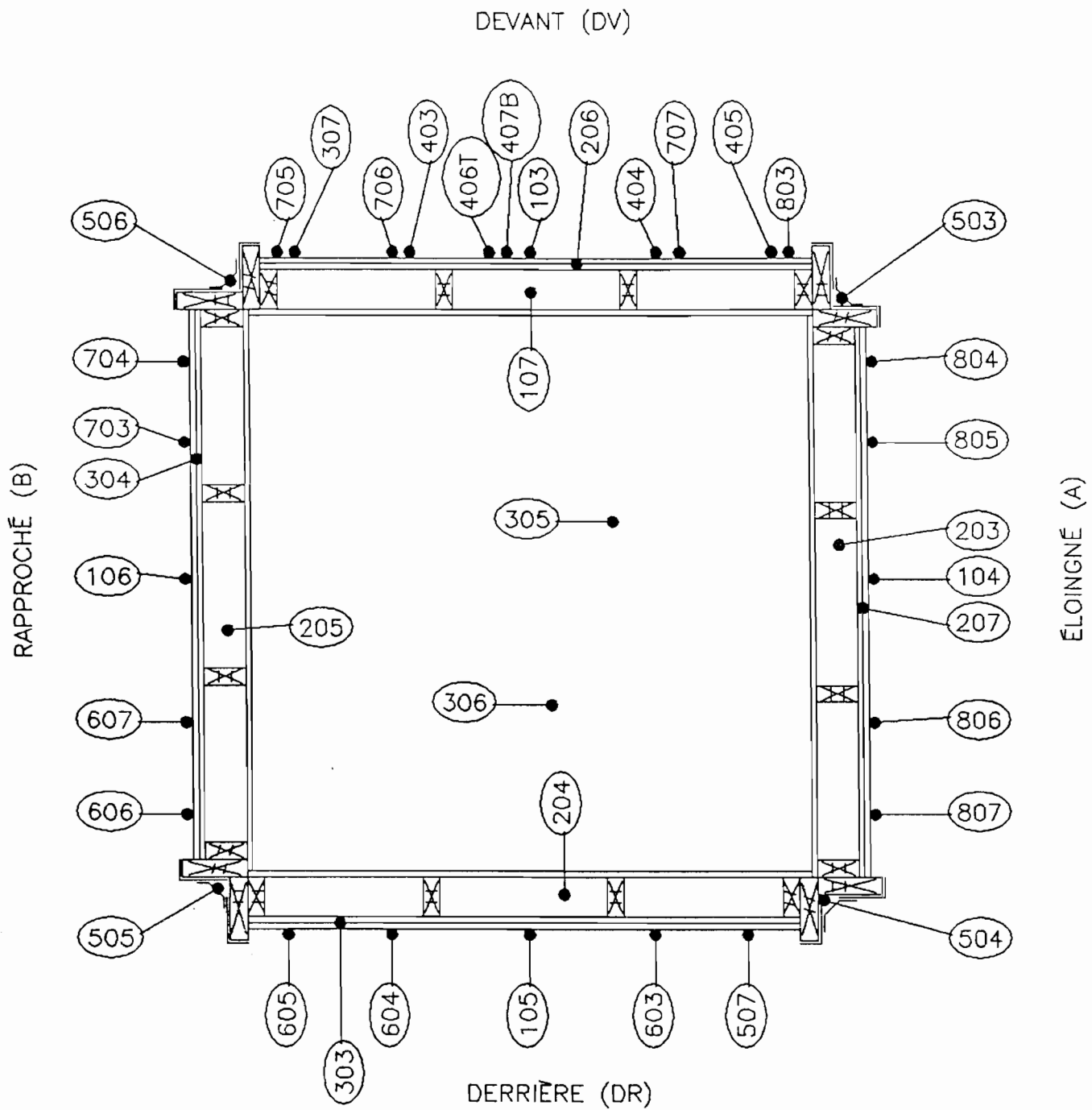


TABLEAU 1

SCHL- TESTS DE COMPARTIMENTAGE, ÉCRAN PARE-PLUIE

ESSAIS DE SOUFLERIE AÉRODYNAMIQUE (BLWT)

Michael A. Scott

2 avril 1990

Nom du fichier de test : MHA 101

Description: TOUTE CHAMBRES SÉPARÉES, 0 DEG., 1 er ESSAI (CONTROLÉ)

	PRISE	Scani no	Cp (MOYENNE)		
1	DV EXT	103	1.127		
2	A EXT	104	-1.283	Moy MH Dv :	0.859
3	DR EXT	105	-0.554	Dv Ht+Bas :	1.110
4	B EXT	106	-1.376	Moy SA Dv :	0.943
5	DV POTEAU	107	0.607	Moy Dv :	0.970
6	A POTEAU	203	-1.110	MH Dr :	-0.554
7	DR POTEAU	204	-0.672	Moy SA DV :	-0.685
8	B POTEAU	205	-0.937	Moy Dr :	-0.620
9	DV BARDAGE	206	0.922		
10	A BARDAGE	207	-1.248	MH côté A :	-1.283
				MH côté A :	-1.146
11	DR BARDAGE	303	-0.413	MH côté A :	-1.215
12	B BARDAGE	304	-1.016		
13	INTÉRIEUR DV	305	-0.339	MH côté B :	-1.376
14	INTÉRIEUR DR	306	-0.338	Moy SA B :	-1.075
15	EXT DV, B	307	0.678	Moy côté B	-1.226
16	EXT DV, DEDANS	403	1.114	Moy Int :	-0.339
17	EXT DV, DEDANS	404	0.992		
18	EXT DV, DEDANS	405	0.383		
19	DV HAUT	406	1.105		
20	DV BAS	407	1.114		
21	ANGLE DV-A	503	-1.266		
22	ANGLE A-DR	504	-0.677		
23	ANGLE DR-B	505	-0.828		
24	ANGLE B-DV	506	-0.873		
25	DR BUSE	507	-0.653		
26	DR BUSE	603	-0.672		
27	DR BUSE	604	-0.712		
28	DR BUSE	605	-0.703		
29	B BUSE	606	-1.001		
30	B BUSE	607	-1.182		
31	B BUSE	703	-1.107		
32	B BUSE	704	-1.011		
33	DV BUSE	705	0.915		
34	DV BUSE	706	1.118		
35	DV BUSE	707	1.047		
36	DV BUSE	803	0.692		
37	A BUSE	804	-1.652		
38	A BUSE	805	-1.529		
39	A BUSE	806	-0.795		
40	A BUSE	807	-0.608		

TABLEAU 2

SCHL- TESTS DE COMPARTIMENTAGE, ÉCRAN PARE-PLUIE

ESSAIS DE SOUFLERIE AÉRODYNAMIQUE (BLWT)

Michael A. Scott

2 avril 1990

Nom du fichier de test : MHA 102

Description: TOUTE CHAMBRES SÉPARÉES, 45 DEG., 1 er ESSAI (CONTROLÉ)

	PRISE	Scani no	Cp (MOYENNE)		
1	DV EXT	103	-0.151		
2	A EXT	104	-1.096	Moy MH Dv :	-0.045
3	DR EXT	105	-1.114	Dv Ht+Bas :	0.020
4	B EXT	106	0.320	Moy SA Dv :	0.413
5	DV POTEAU	107	0.442	Moy Dv :	0.129
6	A POTEAU	203	-1.028	MH Dr :	-1.114
7	DR POTEAU	204	-0.981	Moy SA DV :	-1.071
8	B POTEAU	205	0.174	Moy Dr :	-1.092
9	DV BARDAGE	206	0.581		
10	A BARDAGE	207	-1.089	MH côté A :	-1.096
				MH côté A :	-1.117
11	DR BARDAGE	303	-0.915	MH côté A :	-1.106
12	B BARDAGE	304	0.512		
13	INTÉRIEUR DV	305	-0.222	MH côté B :	0.320
14	INTÉRIEUR DR	306	-0.228	Moy SA B :	0.414
15	EXT DV,B	307	0.624	Moy côté B	0.367
16	EXT DV, DEDANS	403	0.367	Moy Int :	-0.225
17	EXT DV, DEDANS	404	-0.204		
18	EXT DV, DEDANS	405	-0.861		
19	DV HAUT	406	0.246		
20	DV BAS	407	-0.206		
21	ANGLE DV-A	503	-0.888		
22	ANGLE A-DR	504	-1.056		
23	ANGLE DR-B	505	-0.568		
24	ANGLE B-DV	506	0.770		
25	DR BUSE	507	-1.113		
26	DR BUSE	603	-1.157		
27	DR BUSE	604	-1.012		
28	DR BUSE	605	-1.000		
29	B BUSE	606	0.115		
30	B BUSE	607	0.250		
31	B BUSE	703	0.479		
32	B BUSE	704	0.811		
33	DV BUSE	705	0.802		
34	DV BUSE	706	0.463		
35	DV BUSE	707	0.268		
36	DV BUSE	803	0.119		
37	A BUSE	804	-1.067		
38	A BUSE	805	-1.052		
39	A BUSE	806	-1.164		
40	A BUSE	807	-1.183		

TABLEAU 3

SCHL- TESTS DE COMPARTIMENTAGE, ÉCRAN PARE-PLUIE

ESSAIS DE SOUFLERIE AÉRODYNAMIQUE (BLWT)

Michael A. Scott

2 avril 1990

Nom du fichier de test : MHA 103

Description: TOUTE CHAMBRES SÉPARÉES, 0 DEG.

	PRISE	Scani no	Cp (MOYENNE)		
1	DV EXT	103	1.099		
2	A EXT	104	-1.429	Moy MH Dv :	0.859
3	DR EXT	105	-0.610	Dv Ht+Bas :	1.098
4	B EXT	106	-1.401	Moy SA Dv :	0.952
5	DV POTEAU	107	0.641	Moy Dv :	0.970
6	A POTEAU	203	-1.134	MH Dr :	-0.610
7	DR POTEAU	204	-0.676	Moy SA DV :	-0.727
8	B POTEAU	205	-0.982	Moy Dr :	-0.668
9	DV BARDAGE	206	0.933		
10	A BARDAGE	207	-1.199	MH côté A :	-1.429
				MH côté A :	-1.163
11	DR BARDAGE	303	-0.665	MH côté A :	-1.296
12	B BARDAGE	304	-1.045		
13	INTÉRIEUR DV	305	-0.371	MH côté B :	-1.401
14	INTÉRIEUR DR	306	-0.373	Moy SA B :	-1.121
15	EXT DV, B	307	0.738	Moy côté B	-1.261
16	EXT DV, DEDANS	403	1.045	Moy Int :	-0.372
17	EXT DV, DEDANS	404	0.976		
18	EXT DV, DEDANS	405	0.438		
19	DV HAUT	406	1.079		
20	DV BAS	407	1.117		
21	ANGLE DV-A	503	-1.164		
22	ANGLE A-DR	504	-0.680		
23	ANGLE DR-B	505	-0.824		
24	ANGLE B-DV	506	-0.873		
25	DR BUSE	507	-0.643		
26	DR BUSE	603	-0.736		
27	DR BUSE	604	-0.756		
28	DR BUSE	605	-0.771		
29	B BUSE	606	-1.033		
30	B BUSE	607	-1.223		
31	B BUSE	703	-1.184		
32	B BUSE	704	-1.043		
33	DV BUSE	705	0.918		
34	DV BUSE	706	1.122		
35	DV BUSE	707	1.073		
36	DV BUSE	803	0.695		
37	A BUSE	804	-1.450		
38	A BUSE	805	-1.489		
39	A BUSE	806	-1.010		
40	A BUSE	807	-0.701		

TABLEAU 4

SCHL- TESTS DE COMPARTIMENTAGE, ÉCRAN PARE-PLUIE

ESSAIS DE SOUFLERIE AÉRODYNAMIQUE (BLWT)

Michael A. Scott

2 avril 1990

Nom du fichier de test : MHA 104
Description: TOUTE CHAMBRES SÉPARÉES, 45 DEG.

	PRISE	Scani no	Cp (MOYENNE)		
1	DV EXT	103	-0.156		
2	A EXT	104	-1.037	Moy MH Dv :	-0.037
3	DR EXT	105	-1.031	Dv Ht+Bas :	0.016
4	B EXT	106	0.341	Moy SA Dv :	0.403
5	DV POTEAU	107	0.444	Moy Dv :	0.127
6	A POTEAU	203	-1.004	MH Dr :	-1.031
7	DR POTEAU	204	-0.988	Moy SA DV :	-1.039
8	B POTEAU	205	0.189	Moy Dr :	-1.035
9	DV BARDAGE	206	0.556		
10	A BARDAGE	207	-1.040	MH côté A :	-1.037
				MH côté A :	-1.114
11	DR BARDAGE	303	-0.965	MH côté A :	-1.075
12	B BARDAGE	304	0.490		
13	INTÉRIEUR DV	305	-0.216	MH côté B :	0.341
14	INTÉRIEUR DR	306	-0.212	Moy SA B :	0.412
15	EXT DV, B	307	0.621	Moy côté B :	0.377
16	EXT DV, DEDANS	403	0.377	Moy Int :	-0.214
17	EXT DV, DEDANS	404	-0.147		
18	EXT DV, DEDANS	405	-0.880		
19	DV HAUT	406	0.222		
20	DV BAS	407	-0.191		
21	ANGLE DV-A	503	-0.876		
22	ANGLE A-DR	504	-1.044		
23	ANGLE DR-B	505	-0.521		
24	ANGLE B-DV	506	0.787		
25	DR BUSE	507	-1.126		
26	DR BUSE	603	-1.059		
27	DR BUSE	604	-1.038		
28	DR BUSE	605	-0.934		
29	B BUSE	606	0.142		
30	B BUSE	607	0.232		
31	B BUSE	703	0.494		
32	B BUSE	704	0.781		
33	DV BUSE	705	0.778		
34	DV BUSE	706	0.437		
35	DV BUSE	707	0.275		
36	DV BUSE	803	0.121		
37	A BUSE	804	-0.986		
38	A BUSE	805	-1.093		
39	A BUSE	806	-1.235		
40	A BUSE	807	-1.140		

TABLEAU 5

SCHL- TESTS DE COMPARTIMENTAGE, ÉCRAN PARE-PLUIE

ESSAIS DE SOUFLERIE AÉRODYNAMIQUE (BLWT)

Michael A. Scott

2 avril 1990

Nom du fichier de test : MHC 101

Description: TOUTE CHAMBRES RELIÉES, 0 DEG.

	PRISE	Scanl no	Cp (MOYENNE)		
1	DV EXT	103	1.097		
2	A EXT	104	-1.365	Moy MH Dv :	0.844
3	DR EXT	105	-0.600	Dv Ht+Bas :	1.099
4	B EXT	106	-1.367	Moy SA Dv :	0.934
5	DV POTEAU	107	-0.418	Moy Dv :	0.959
6	A POTEAU	203	-0.723	MH Dr :	-0.600
7	DR POTEAU	204	-0.672	Moy SA DV :	-0.700
8	B POTEAU	205	-0.658	Moy Dr :	-0.650
9	DV BARDAGE	206	0.924		
10	A BARDAGE	207	-1.220	MH côté A :	-1.365
				MH côté A :	-1.166
11	DR BARDAGE	303	-0.628	MH côté A :	-1.266
12	B BARDAGE	304	-1.006		
13	INTÉRIEUR DV	305	-0.552	MH côté B :	-1.367
14	INTÉRIEUR DR	306	-0.526	Moy SA B :	-1.087
15	EXT DV, B	307	0.709	Moy côté B	-1.227
16	EXT DV, DEDANS	403	1.064	Moy Int :	-0.539
17	EXT DV, DEDANS	404	0.992		
18	EXT DV, DEDANS	405	0.357		
19	DV HAUT	406	1.084		
20	DV BAS	407	1.113		
21	ANGLE DV-A	503	-0.648		
22	ANGLE A-DR	504	-0.713		
23	ANGLE DR-B	505	-0.687		
24	ANGLE B-DV	506	-0.517		
25	DR BUSE	507	-0.654		
26	DR BUSE	603	-0.695		
27	DR BUSE	604	-0.711		
28	DR BUSE	605	-0.741		
29	B BUSE	606	-1.001		
30	B BUSE	607	-1.177		
31	B BUSE	703	-1.149		
32	B BUSE	704	-1.019		
33	DV BUSE	705	0.892		
34	DV BUSE	706	1.121		
35	DV BUSE	707	1.049		
36	DV BUSE	803	0.673		
37	A BUSE	804	-1.564		
38	A BUSE	805	-1.583		
39	A BUSE	806	-0.878		
40	A BUSE	807	-0.639		

TABLEAU 6

SCHL- TESTS DE COMPARTIMENTAGE, ÉCRAN PARE-PLUIE

ESSAIS DE SOUFLERIE AÉRODYNAMIQUE (BLWT)

Michael A. Scott

2 avril 1990

Nom du fichier de test : MHC 102

Description: TOUTE CHAMBRES RELIÉES, 45 DEG.

	PRISE	Scani no	Cp (MOYENNE)		
1	DV EXT	103	-0.232		
2	A EXT	104	-1.033	Moy MH Dv :	-0.096
3	DR EXT	105	-1.097	Dv Ht+Bas :	-0.091
4	B EXT	106	0.377	Moy SA Dv :	0.372
5	DV POTEAU	107	-0.209	Moy Dv :	0.062
6	A POTEAU	203	-0.616	MH Dr :	-1.097
7	DR POTEAU	204	-0.530	Moy SA DV :	-1.056
8	B POTEAU	205	-0.242	Moy Dr :	-1.077
9	DV BARDAGE	206	0.534		
10	A BARDAGE	207	-1.042	MH côté A :	-1.033
				MH côté A :	-1.077
11	DR BARDAGE	303	-0.997	MH côté A :	-1.055
12	B BARDAGE	304	0.515		
13	INTÉRIEUR DV	305	-0.366	MH côté B :	0.377
14	INTÉRIEUR DR	306	-0.358	Moy SA B :	0.431
15	EXT DV, B	307	0.564	Moy côté B	0.404
16	EXT DV, DEDANS	403	0.293	Moy Int :	-0.362
17	EXT DV, DEDANS	404	-0.234		
18	EXT DV, DEDANS	405	-0.873		
19	DV HAUT	406	0.087		
20	DV BAS	407	-0.268		
21	ANGLE DV-A	503	-0.502		
22	ANGLE A-DR	504	-0.602		
23	ANGLE DR-B	505	-0.397		
24	ANGLE B-DV	506	-0.209		
25	DR BUSE	507	-1.133		
26	DR BUSE	603	-1.093		
27	DR BUSE	604	-0.999		
28	DR BUSE	605	-1.000		
29	B BUSE	606	0.133		
30	B BUSE	607	0.254		
31	B BUSE	703	0.502		
32	B BUSE	704	0.836		
33	DV BUSE	705	0.756		
34	DV BUSE	706	0.423		
35	DV BUSE	707	0.236		
36	DV BUSE	803	0.074		
37	A BUSE	804	-1.015		
38	A BUSE	805	-1.014		
39	A BUSE	806	-1.146		
40	A BUSE	807	-1.132		

TABLEAU 7

SCHL- TESTS DE COMPARTIMENTAGE, ÉCRAN PARE-PLUIE

ESSAIS DE SOUFLERIE AÉRODYNAMIQUE (BLWT)

Michael A. Scott

2 avril 1990

Nom du fichier de test : MHF 101

Description: DEUX ANGLES OUVERTS, DV-B ET DR-A, 0 DEG.

	PRISE	Scani no	Cp (MOYENNE)		
1	DV EXT	103	1.072		
2	A EXT	104	-1.384	Moy MH Dv :	0.842
3	DR EXT	105	-0.585	Dv Ht+Bas :	1.079
4	B EXT	106	-1.384	Moy SA Dv :	0.922
5	DV POTEAU	107	0.039	Moy Dv :	0.948
6	A POTEAU	203	-1.025	MH Dr :	-0.585
7	DR POTEAU	204	-0.877	Moy SA DV :	-0.682
8	B POTEAU	205	-0.377	Moy Dr :	-0.634
9	DV BARDAGE	206	0.904		
10	A BARDAGE	207	-1.182	MH côté A :	-1.384
				MH côté A :	-1.151
				MH côté A :	-1.268
11	DR BARDAGE	303	-0.673	MH côté B :	-1.384
12	B BARDAGE	304	-0.970	Moy SA B :	-1.066
13	INTÉRIEUR DV	305	-0.426	Moy côté B	-1.225
14	INTÉRIEUR DR	306	-0.433		
15	EXT DV,B	307	0.724		
16	EXT DV, DEDANS	403	1.016	Moy Int :	-0.430
17	EXT DV, DEDANS	404	0.992		
18	EXT DV, DEDANS	405	0.407		
19	DV HAUT	406	1.040		
20	DV BAS	407	1.118		
21	ANGLE DV-A	503	-1.201		
22	ANGLE A-DR	504	-0.908		
23	ANGLE DR-B	505	-0.817		
24	ANGLE B-DV	506	-0.170		
25	DR BUSE	507	-0.611		
26	DR BUSE	603	-0.733		
27	DR BUSE	604	-0.667		
28	DR BUSE	605	-0.718		
29	B BUSE	606	-0.991		
30	B BUSE	607	-1.154		
31	B BUSE	703	-1.152		
32	B BUSE	704	-0.968		
33	DV BUSE	705	0.899		
34	DV BUSE	706	1.088		
35	DV BUSE	707	1.052		
36	DV BUSE	803	0.649		
37	A BUSE	804	-1.496		
38	A BUSE	805	-1.533		
39	A BUSE	806	-0.941		
40	A BUSE	807	-0.634		

TABLEAU 8

SCHL- TESTS DE COMPARTIMENTAGE, ÉCRAN PARE-PLUIE

ESSAIS DE SOUFLERIE AÉRODYNAMIQUE (BLWT)

Michael A. Scott

2 avril 1990

Nom du fichier de test : MHF 102

Description: DEUX ANGLES OUVERTS, DV-B ET DR-A, 45 DEG.

	PRISE	Scani no	Cp (MOYENNE)	
1	DV EXT	103	-0.234	
2	A EXT	104	-0.985	Moy MH Dv : -0.079
3	DR EXT	105	-1.102	Dv Ht+Bas : -0.082
4	B EXT	106	0.377	Moy SA Dv : 0.380
5	DV POTEAU	107	0.345	Moy Dv : 0.073
6	A POTEAU	203	-1.008	MH Dr : -1.102
7	DR POTEAU	204	-0.989	Moy SA DV : -1.050
8	B POTEAU	205	0.315	Moy Dr : -1.076
9	DV BARDAGE	206	0.549	
10	A BARDAGE	207	-1.045	MH côté A : -0.985
				MH côté A : -1.060
11	DR BARDAGE	303	-0.999	MH côté A : -1.022
12	B BARDAGE	304	0.495	
13	INTÉRIEUR DV	305	-0.207	MH côté B : 0.377
14	INTÉRIEUR DR	306	-0.201	Moy SA B : 0.429
15	EXT DV, B	307	0.573	Moy côté B 0.403
16	EXT DV, DEDANS	403	0.281	
17	EXT DV, DEDANS	404	-0.199	Moy Int : -0.204
18	EXT DV, DEDANS	405	-0.815	
19	DV HAUT	406	0.100	
20	DV BAS	407	-0.263	
21	ANGLE DV-A	503	-0.884	
22	ANGLE A-DR	504	-0.990	
23	ANGLE DR-B	505	-0.452	
24	ANGLE B-DV	506	0.341	
25	DR BUSE	507	-1.055	
26	DR BUSE	603	-1.094	
27	DR BUSE	604	-1.060	
28	DR BUSE	605	-0.990	
29	B BUSE	606	0.140	
30	B BUSE	607	0.272	
31	B BUSE	703	0.498	
32	B BUSE	704	0.804	
33	DV BUSE	705	0.757	
34	DV BUSE	706	0.441	
35	DV BUSE	707	0.244	
36	DV BUSE	803	0.078	
37	A BUSE	804	-0.976	
38	A BUSE	805	-0.988	
39	A BUSE	806	-1.126	
40	A BUSE	807	-1.148	

TABLEAU 9

SCHL- TESTS DE COMPARTIMENTAGE, ÉCRAN PARE-PLUIE

ESSAIS DE SOUFLERIE AÉRODYNAMIQUE (BLWT)

Michael A. Scott

2 avril 1990

Nom du fichier de test : MHB 102

Description: DEUX ANGLES OUVERTS, DV-A ET DR-B, 45 DEG.

	PRISE	Scani no	Cp (MOYENNE)		
1	DV EXT	103	-0.182		
2	A EXT	104	-1.008	Moy MH Dv :	-0.076
3	DR EXT	105	-1.013	Dv Ht+Bas :	-0.005
4	B EXT	106	0.351	Moy SA Dv :	0.387
5	DV POTEAU	107	-0.178	Moy Dv :	0.102
6	A POTEAU	203	-0.599	MH Dr :	-1.013
7	DR POTEAU	204	-0.501	Moy SA DV :	-1.096
8	B POTEAU	205	-0.257	Moy Dr :	-1.054
9	DV BARDAGE	206	0.542		
10	A BARDAGE	207	-1.004	MH côté A :	-1.008
				MH côté A :	-1.084
11	DR BARDAGE	303	-1.098	MH côté A :	-1.046
12	B BARDAGE	304	0.489		
13	INTÉRIEUR DV	305	-0.350	MH côté B :	0.351
14	INTÉRIEUR DR	306	-0.349	Moy SA B :	0.416
15	EXT DV, B	307	0.586	Moy côté B	0.383
16	EXT DV, DEDANS	403	0.327	Moy Int :	-0.350
17	EXT DV, DEDANS	404	-0.209		
18	EXT DV, DEDANS	405	-0.901		
19	DV HAUT	406	0.222		
20	DV BAS	407	-0.231		
21	ANGLE DV-A	503	-0.436		
22	ANGLE A-DR	504	-0.861		
23	ANGLE DR-B	505	-0.366		
24	ANGLE B-DV	506	0.761		
25	DR BUSE	507	-1.124		
26	DR BUSE	603	-1.236		
27	DR BUSE	604	-1.078		
28	DR BUSE	605	-0.944		
29	B BUSE	606	0.123		
30	B BUSE	607	0.263		
31	B BUSE	703	0.467		
32	B BUSE	704	0.809		
33	DV BUSE	705	0.752		
34	DV BUSE	706	0.436		
35	DV BUSE	707	0.250		
36	DV BUSE	803	0.109		
37	A BUSE	804	-1.005		
38	A BUSE	805	-1.091		
39	A BUSE	806	-1.117		
40	A BUSE	807	-1.123		

TABLEAU 10

SCHL- TESTS DE COMPARTIMENTAGE, ÉCRAN PARE-PLUIE

ESSAIS DE SOUFLERIE AÉRODYNAMIQUE (BLWT)

Michael A. Scott

2 avril 1990

Nom du fichier de test : MHD 101

Description: CHAMBRE ANTÉRIEURE FERMÉE, 0 DEG.

	PRISE	Scani no	Cp (MOYENNE)		
1	DV EXT	103	1.086		
2	A EXT	104	-1.383	Moy MH Dv :	0.847
3	DR EXT	105	-0.600	Dv Ht+Bas :	1.070
4	B EXT	106	-1.334	Moy SA Dv :	0.926
5	DV POTEAU	107	0.615	Moy Dv :	0.947
6	A POTEAU	203	-1.018	MH Dr :	-0.600
7	DR POTEAU	204	-0.912	Moy SA DV :	-0.703
8	B POTEAU	205	-0.941	Moy Dr :	-0.652
9	DV BARDAGE	206	0.937		
10	A BARDAGE	207	-1.188	MH côté A :	-1.383
				MH côté A :	-1.143
11	DR BARDAGE	303	-0.619	MH côté A :	-1.263
12	B BARDAGE	304	-0.998		
13	INTÉRIEUR DV	305	-0.391	MH côté B :	-1.334
14	INTÉRIEUR DR	306	-0.340	Moy SA B :	-1.057
15	EXT DV, B	307	0.713	Moy côté B	-1.195
16	EXT DV, DEDANS	403	1.038		
17	EXT DV, DEDANS	404	0.969	Moy Int :	-0.366
18	EXT DV, DEDANS	405	0.428		
19	DV HAUT	406	1.059		
20	DV BAS	407	1.080		
21	ANGLE DV-A	503	-1.203		
22	ANGLE A-DR	504	-0.957		
23	ANGLE DR-B	505	-0.931		
24	ANGLE B-DV	506	-0.872		
25	DR BUSE	507	-0.683		
26	DR BUSE	603	-0.690		
27	DR BUSE	604	-0.690		
28	DR BUSE	605	-0.749		
29	B BUSE	606	-0.948		
30	B BUSE	607	-1.168		
31	B BUSE	703	-1.113		
32	B BUSE	704	-0.998		
33	DV BUSE	705	0.867		
34	DV BUSE	706	1.108		
35	DV BUSE	707	1.018		
36	DV BUSE	803	0.709		
37	A BUSE	804	-1.448		
38	A BUSE	805	-1.454		
39	A BUSE	806	-0.959		
40	A BUSE	807	-0.712		

TABLEAU 11

SCHL- TESTS DE COMPARTIMENTAGE, ÉCRAN PARE-PLUIE

ESSAIS DE SOUFLERIE AÉRODYNAMIQUE (BLWT)

Michael A. Scott

2 avril 1990

Nom du fichier de test : MHD 102

Description: CHAMBRE ANTÉRIEURE FERMÉE, 45 DEG.

	PRISE	Scani no	Cp (MOYENNE)		
1	DV EXT	103	-0.151		
2	A EXT	104	-1.101	Moy MH Dv :	-0.033
3	DR EXT	105	-1.156	Dv Ht+Bas :	-0.062
4	B EXT	106	0.353	Moy SA Dv :	0.407
5	DV POTEAU	107	0.362	Moy Dv :	0.104
6	A POTEAU	203	-0.833	MH Dr :	-1.156
7	DR POTEAU	204	-0.690	Moy SA DV :	-1.057
8	B POTEAU	205	-0.415	Moy Dr :	-1.107
9	DV BARDAGE	206	0.571		
10	A BARDAGE	207	-1.111	MH côté A :	-1.101
				MH côté A :	-1.108
11	DR BARDAGE	303	-1.029	MH côté A :	-1.104
12	B BARDAGE	304	0.529		
13	INTÉRIEUR DV	305	-0.255	MH côté B :	0.353
14	INTÉRIEUR DR	306	-0.278	Moy SA B :	0.437
15	EXT DV, B	307	0.617	Moy côté B	0.395
16	EXT DV, DEDANS	403	0.408	Moy Int :	-0.267
17	EXT DV, DEDANS	404	-0.195		
18	EXT DV, DEDANS	405	-0.843		
19	DV HAUT	406	0.138		
20	DV BAS	407	-0.262		
21	ANGLE DV-A	503	-0.789		
22	ANGLE A-DR	504	-0.799		
23	ANGLF DR-B	505	-0.558		
24	ANGLE B-DV	506	0.772		
25	DR BUSE	507	-1.125		
26	DR BUSE	603	-1.097		
27	DR BUSE	604	-0.992		
28	DR BUSE	605	-1.014		
29	B BUSE	606	0.101		
30	B BUSE	607	0.270		
31	B BUSE	703	0.536		
32	B BUSE	704	0.841		
33	DV BUSE	705	0.801		
34	DV BUSE	706	0.453		
35	DV BUSE	707	0.246		
36	DV BUSE	803	0.128		
37	A BUSE	804	-1.081		
38	A BUSE	805	-1.014		
39	A BUSE	806	-1.133		
40	A BUSE	807	-1.202		

TABLEAU 12

SCHL- TESTS DE COMPARTIMENTAGE, ÉCRAN PARE-PLUIE

ESSAIS DE SOUFLERIE AÉRODYNAMIQUE (BLWT)

Michael A. Scott

2 avril 1990

Nom du fichier de test : MHE 101

Description: CHAMBRE POSTÉRIEURE FERMÉE, 0 DEG.

	PRISE	Scani no	Cp (MOYENNE)		
1	DV EXT	103	1.114		
2	A EXT	104	-1.365	Moy MH Dv :	0.850
3	DR EXT	105	-0.577	Dv Ht+Bas :	1.077
4	B EXT	106	-1.394	Moy SA Dv :	0.935
5	DV POTEAU	107	-0.417	Moy Dv :	0.954
6	A POTEAU	203	-0.760	MH Dr :	-0.577
7	DR POTEAU	204	-0.661	Moy SA DV :	-0.704
8	B POTEAU	205	-0.602	Moy Dr :	-0.640
9	DV BARDAGE	206	0.895		
10	A BARDAGE	207	-1.208	MH côté A :	-1.365
				MH côté A :	-1.180
11	DR BARDAGE	303	-0.640	MH côté A :	-1.273
12	B BARDAGE	304	-1.042		
13	INTÉRIEUR DV	305	-0.534	MH côté B :	-1.394
14	INTÉRIEUR DR	306	-0.545	Moy SA B :	-1.095
15	EXT DV,B	307	0.713	Moy côté B	-1.244
16	EXT DV, DEDANS	403	1.070	Moy Int :	-0.540
17	EXT DV, DEDANS	404	0.973		
18	EXT DV, DEDANS	405	0.382		
19	DV HAUT	406	1.049		
20	DV BAS	407	1.105		
21	ANGLE DV-A	503	-0.606		
22	ANGLE A-DR	504	-0.654		
23	ANGLE DR-B	505	-0.788		
24	ANGLE B-DV	506	-0.516		
25	DR BUSE	507	-0.640		
26	DR BUSE	603	-0.717		
27	DR BUSE	604	-0.741		
28	DR BUSE	605	-0.716		
29	B BUSE	606	-1.014		
30	B BUSE	607	-1.187		
31	B BUSE	703	-1.141		
32	B BUSE	704	-1.037		
33	DV BUSE	705	0.911		
34	DV BUSE	706	1.098		
35	DV BUSE	707	1.058		
36	DV BUSE	803	0.674		
37	A BUSE	804	-1.634		
38	A BUSE	805	-1.576		
39	A BUSE	806	-0.882		
40	A BUSE	807	-0.629		

ANNEXE C

LISTAGES DU PROGRAMME D'ORDINATEUR

ET

DIAGRAMMES DES RÉSULTATS DE SIMULATION

LISTAGE DE PROGRAMME NO 1

```
5  ÉCRAN LIBRE
8  IMPRIMÉ"          *****      PAREPLUIE5      ***** "
10 IMPRIMÉ"          -*CE PROG CALCULE LE RENDEMENT D'UN MUR PARE-PLUIE*-"
15 IMPRIMÉ"          -*POUR L'ÉGALISATION DE LA PRESSION*-"
16 IMPRIMÉ
17 IMPRIMÉ"          DÉCROISSANCE EXPONENTIELLE DE LA RAFALE "
18 IMPRIMÉ"          PRESSION DÉCROISSANTE À PARTIR DE 101000 PA"
20 ENTRER"           ***TEST No = ";WW$
50 ENTRER"           ***VOL(m³)= ";VV : SI VV=0 ALORS LAISSER VV=1
55 ENTRER"           ***PFX1(m³/pa)=";K1
60 ENTRER"           ***PFX2(m³/pa)=";K2
65 ENTRER"           ***VA1(m²)=";A1
70 ENTRER"           ***VA2(m²)=";A2
71 ENTRER"           ***CYCLES?=";JJ : SI JJ=0 ALORS LAISSER JJ=1
72 ENTRER"           ***INT(s)?=";TS : SI TS=0 ALORS LAISSER TS=1
73 IMPRIMÉ"          ----- "
74 RAPPEL *****
76 PE=101000! : PX=1000000!
78 DE=1,20108 : GC=287 : TK=293 : Y1=PC
80 CD=0,61 : T=0 : J=0
82 V5=VV-K1*(PE-PC)+K2*(PC-PX) : YD=V5
84 MO=(PC*V5)/(GC*TK)
90 OUVRIR "c : \lotus123\fichiers\rsdl.dat" POUR SORTIE COMME #1
98 PASSER AU SOUSPROG 800 : T=TS
100 RAPPEL *****
```



```

110 PASSER AU SOUSPROG 605

127 RAPPEL *****

130 Q1=A1*CD*TS*CARRÉ(2*DE*ABS(PE-X1)): SI X1>PE ALORS LAISSER Q1=-Q1

132 Q2=A2*CD*TS*CARRÉ(2*DE*ABS(X1-PX)): SI X1>PX ALORS LAISSER Q2=-Q2

134 YN=GC*TK*(MO+Q1+Q2)

136 YD=V5-(K1*AA)+(K2*BB) : SI K1=0 ALORS LAISSER YD=V5

138 YI=YN/YD

140 X$=INKEYS$ : SI X$="s" PASSER À 400

147 SI (ABS(X1-Y1)<0,05 OU I<0,005) ALORS 220

150 SUR F1 PASSER À 160, 170

160 SI X1>Y1 ALORS X1=X1-I : PASSER AU SOUSPROG 700 : PASSER À 130

165 F1=2 : I=I/1,5 : PASSER À 170

170 SI X1<Y1 ALORS X1=X1+I : PASSER AU SOUSPROG 700 : PASSER À 130

175 F1=1 : I=I/1,5 : PASSER À 160

200 RAPPEL *****

220 V5=VV-(K1*AA)+(K2*BB)

230 MO=MO+Q1+Q2

235 PASSER AU SOUSPROG 800

240 T = T+TS

260 J=J+1 : SI J=JJ+1 ALORS 400

300 RAPPEL *****

325 PASSER AU SOUSPROG 605

329 RAPPEL *****

330 PASSER À 130

400 RAPPEL *****

415 IMPRIMER "      +++++++NO DE CYCLES =" ; J ; "      FIN DE LA SIMULATION+++++++"

450 FERMER

```

```

500 FIN
600 RAPPEL *****
605 RAPPEL sous-programme no 1
610 I=50 : F1=1 : F2=1
615 X1=(PE+PX)/2
620 AA=PE-X1 : BB=X1-PX      -S
625 PE=100000!+1000*EXP(-O*T)
640 IMPRIMÉ" _____"
650 RETOUR
699 RAPPEL *****
700 RAPPEL sous-programme no 2
720 AA=PE-X1 : BB=X1-PX
730 RETOUR
800 RAPPEL *****
805 %%=INT(T*100)/100 : PP=INT(PE) : YY=INT(Y1)
806 CL=INT(PP-YY) : AB=INT(YY-PX)
810 IMPRIMÉ "***T.=";%%,"**PE=";PP,"**PC=";YY,"**C1=";CL,"**ABL=";AB
815 IMPRIMÉ "      *VOL=";YD;"*MO=";MO;"*AF1=";Q1;"*AF2=";Q2
816 IMPRIMÉ
820 IMPRIMÉ#1,J;",";%%;",";PE;",";Y1;",";CL;",";YD;",";MO
825 RETOUR

```

LISTAGE DE PROGRAMME NO 2

```

3  IMPRIMÉ"          *****      PAREPLUIES      ***** "
5  ÉCRAN LIBRE
10 IMPRIMÉ"          -*CE PROG CALCULE LE RENDEMENT D'UN MUR PARE-PLUIE*-"
15 IMPRIMÉ"          -*POUR L'ÉGALISATION DE LA PRESSION*-"
16 IMPRIMÉ
17 IMPRIMÉ"          CYCLE DE CHARGE SINUSOIDALE - 2 SEC
18 IMPRIMÉ"          PRESSION CROISSANTE À PARTIR DE 100000 PA"
20 ENTRER"           ***TEST No = ";WW$
50 ENTRER"           ***VOL(m³) = ";VV : SI VV=0 ALORS LAISSER VV=1
55 ENTRER"           ***PFX1(m³/pa) = ";K1
60 ENTRER"           ***PFX2(m³/pa) = ";K2
65 ENTRER"           ***VA1(m²) = ";A1
70 ENTRER"           ***VA2(M²) = ";A2
71 ENTRER"           ***CYCLES? = ";JJ : SI JJ=0 ALORS LAISSER JJ=50
72 ENTRER"           ***INT(s) ? = ";TS : SI TS=0 ALORS LAISSER TS=0,05
73 IMPRIMÉ"          ----- "
74 RAPPEL *****
76 PE=101000! : PC=100000! : PX=1000000!
78 DE=1,20108 : GC=287 : TK=293 : Y1=PC
80 CD=0,61 : T=0 : J=0
82 V5=VV-K1*(PE-PC)+K2*(PC-PX) : YD=V5
84 MO=(PC*V5)/(GC*TK)
90 OUVRIR "c : \lotus123\ fichiers\rsdl.dat" POUR SORTIE COMME #1
98 PASSER AU SOUSPROG 800 : T=TS
100 RAPPEL *****

```

```

110 PASSER AU SOUSPROG 605

127 RAPPEL *****

130 Q1=A1*CD*TS*CARRÉ(2*DE*ABS(PE-X1)): SI X1>PE ALORS LAISSER Q1=-Q1

132 Q2=A2*CD*TS*CARRÉ(2*DE*ABS(X1-PX)): SI X1>PX ALORS LAISSER Q2=-Q2

134 YN=GC*TK*(MO+Q1+Q2)

136 YD=V5-(K1*AA)+(K2*BB) : SI K1=0 ALORS LAISSER YD=V5

138 YI=YN/YD : Y2=Y1

140 X$=INKEYS$ : SI X$="s" PASSER À 400

147 SI (ABS(X1-Y1)<0,05 OU I<0,005) ALORS 220

150 SUR F1 PASSER À 160, 170

160 SI X1>Y1 ALORS X1=X1-I : PASSER AU SOUSPROG 700 : PASSER À 130

165 F1=2 : I=I/1,5 : PASSER À 170

170 SI X1<Y1 ALORS X1=X1+I : PASSER AU SOUSPROG 700 : PASSER À 130

175 F1=1 : I=I/1,5 : PASSER À 160

200 RAPPEL *****

220 V5=VV-(K1*AA)+(K2*BB)

230 MO=MO+Q1+Q2

235 PASSER AU SOUSPROG 800

240 T = T+TS

260 J=J+1 : SI J=JJ+1 ALORS 400

300 RAPPEL *****

325 PASSER AU SOUSPROG 605

329 RAPPEL *****

330 PASSER À 130

400 RAPPEL *****

415 IMPRIMÉ "      +++++++NO DE CYCLES =" ; J ; "      FIN DE LA SIMULATION+++++++"

450 FERMER

```

```

500 FIN

600 RAPPEL *****

605 RAPPEL sous-programme no 1

610 I=50 : F1=1 : F2=1

615 X1=(PE+PX)/2

620 AA=PE-X1 : BB=X1-PX

625 PE=100000!+1000*SIN(T*2*90*.017453) : IMPRIMER PE

627 RETOUR

699 RAPPEL *****

700 RAPPEL sous-programme no 2

720 AA=PE-X1 : BB=X1-PX

730 RETOUR

800 RAPPEL *****

805 %%=INT(T*100)/100 : PP=INT(PE) : YY=INT(Y1)

806 CL=INT(Y1-PE) : AB=INT(Y1-PX)

810 IMPRIMÉ "***T.=";%%,"**PE=";PP,"**PC=";YY,"**Cl=";CL;"**ABL=";AB

815 IMPRIMÉ " *VOL=";YD;"*MO=";MO;"*AF1=";Q1;"*AF2=";Q2

816 IMPRIMÉ

820 IMPRIMÉ#1,J;"",";%%;"",";PP-100000!;"",";YY;"",";CL

825 RETOUR

```

GRAPHIQUE D'ÉGALISATION CONDITIONS DE BASE

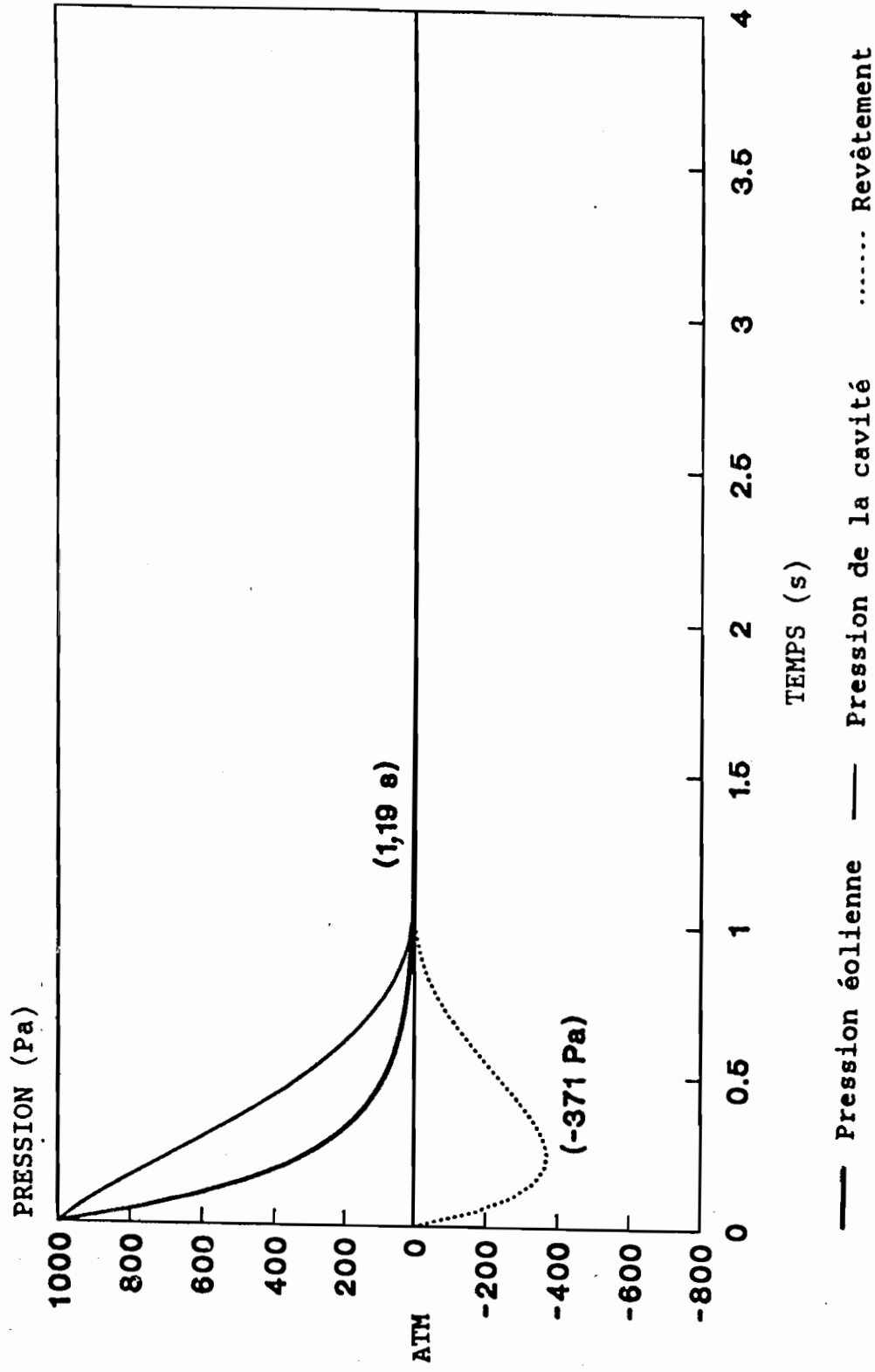


FIGURE 1

GRAPHIQUE D'ÉGALISATION VOLUME INITIALE AUGMENTÉ (5x)

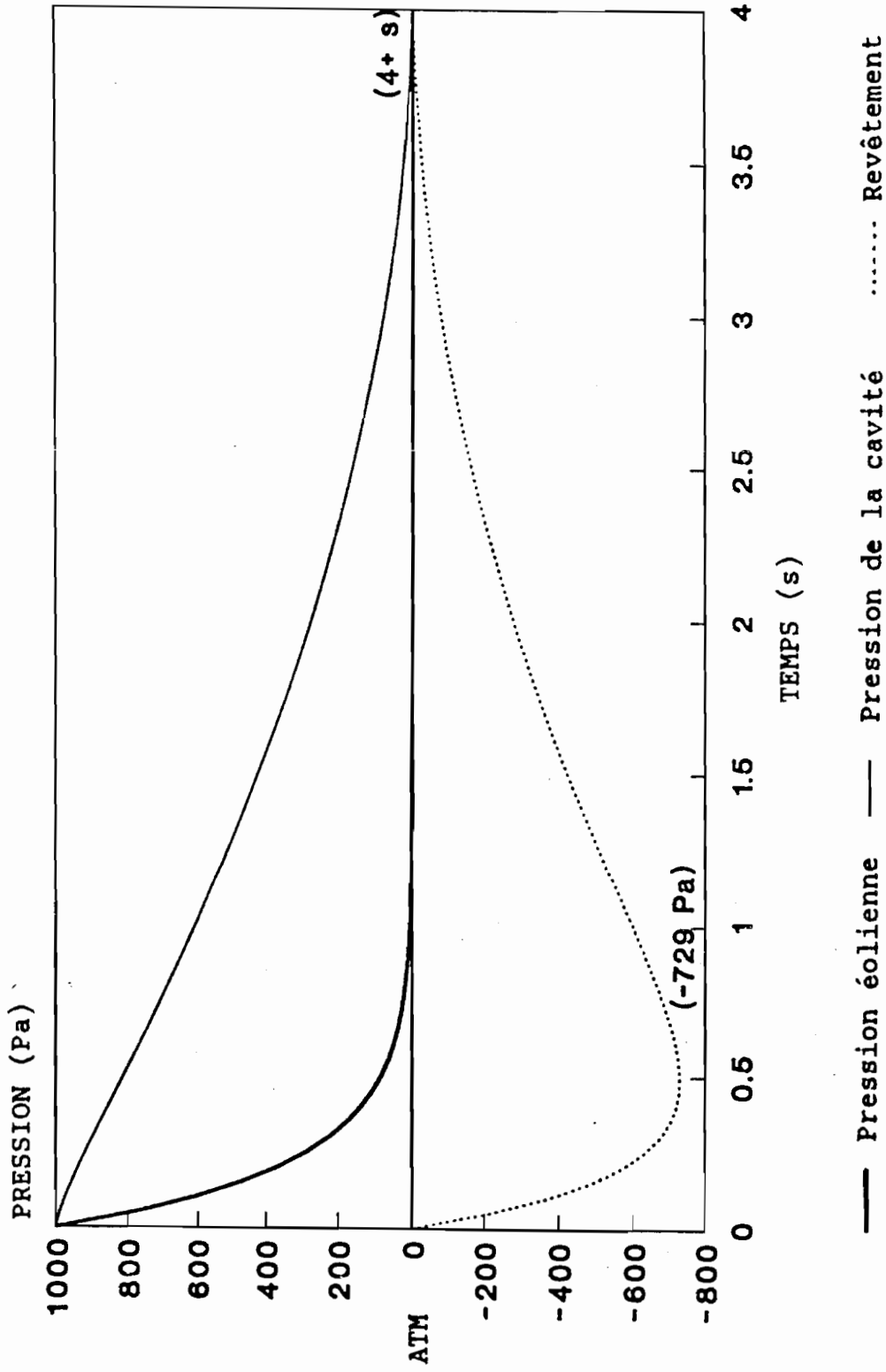


FIGURE 2

GRAPHIQUE D'ÉGALISATION FLEXIBILITÉ DU REVÊTEMENT AUGMENTÉE (0,000005)

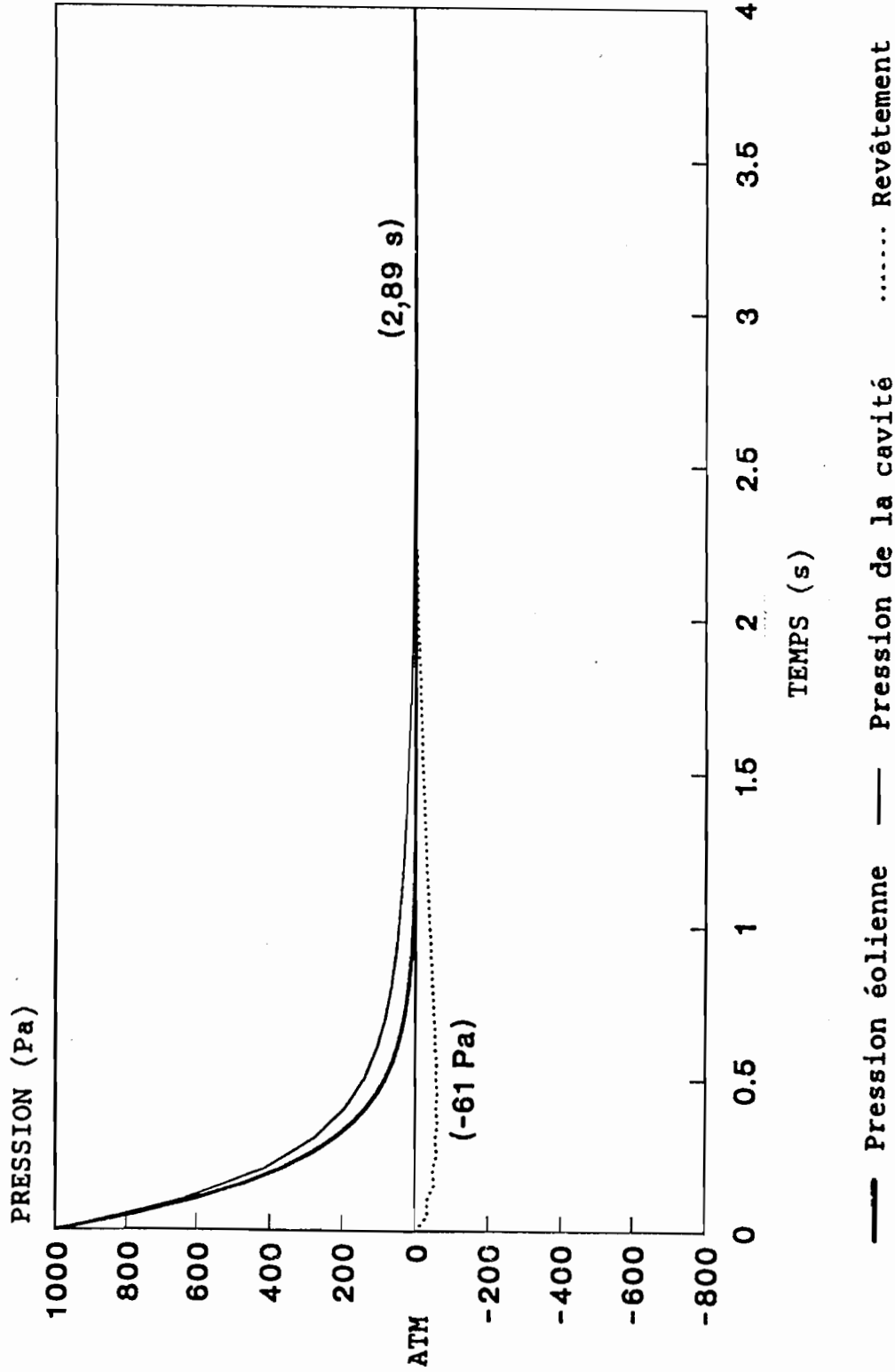


FIGURE 3

GRAPHIQUE D'ÉGALISATION FLEXIBILITÉ DU PARE-AIR AUGMENTÉE (0,000001)

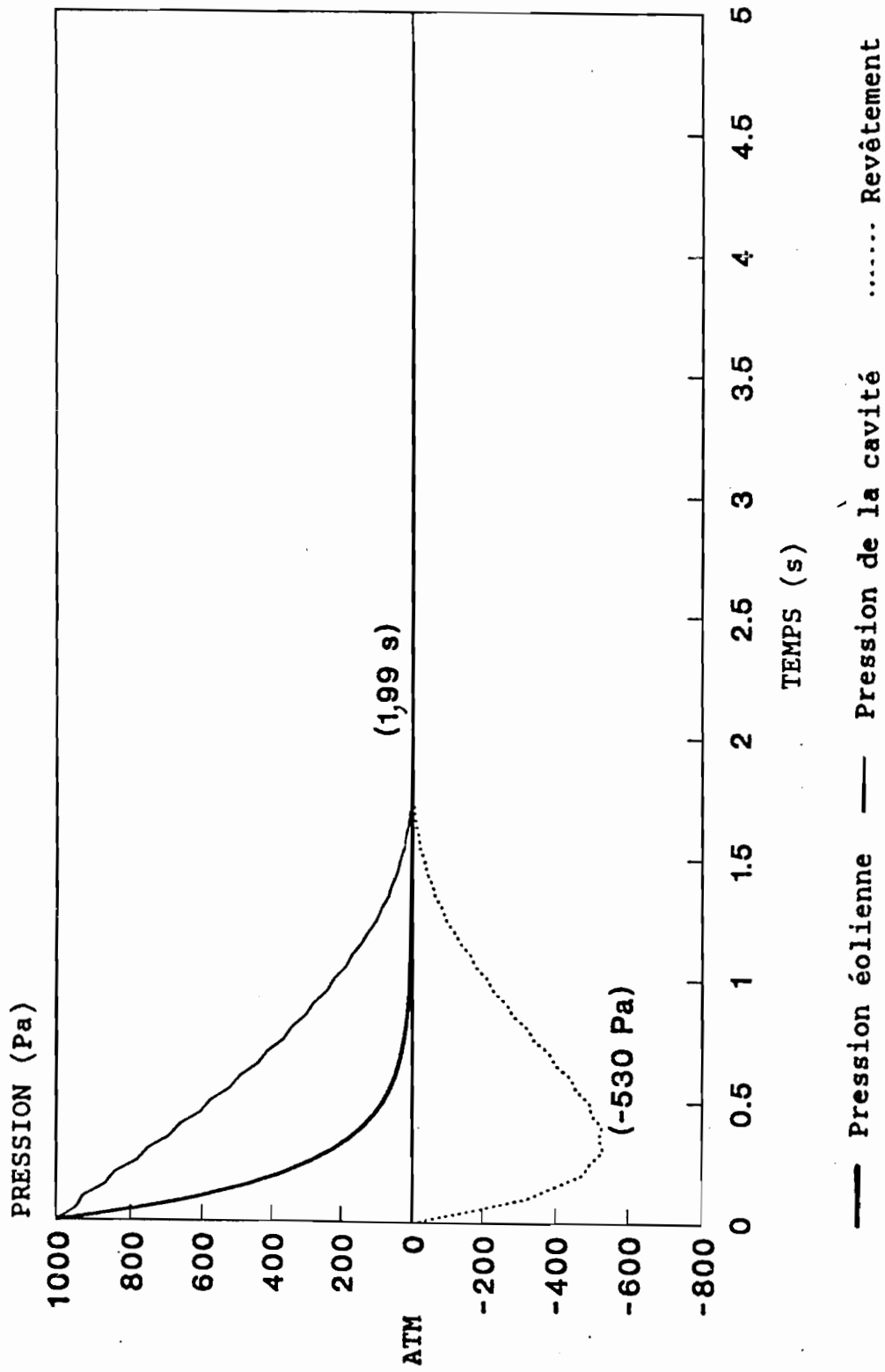


FIGURE 4

GRAPHIQUE D'ÉGALISATION AIR DE L'ÉVENT AUGMENTÉE (5x)

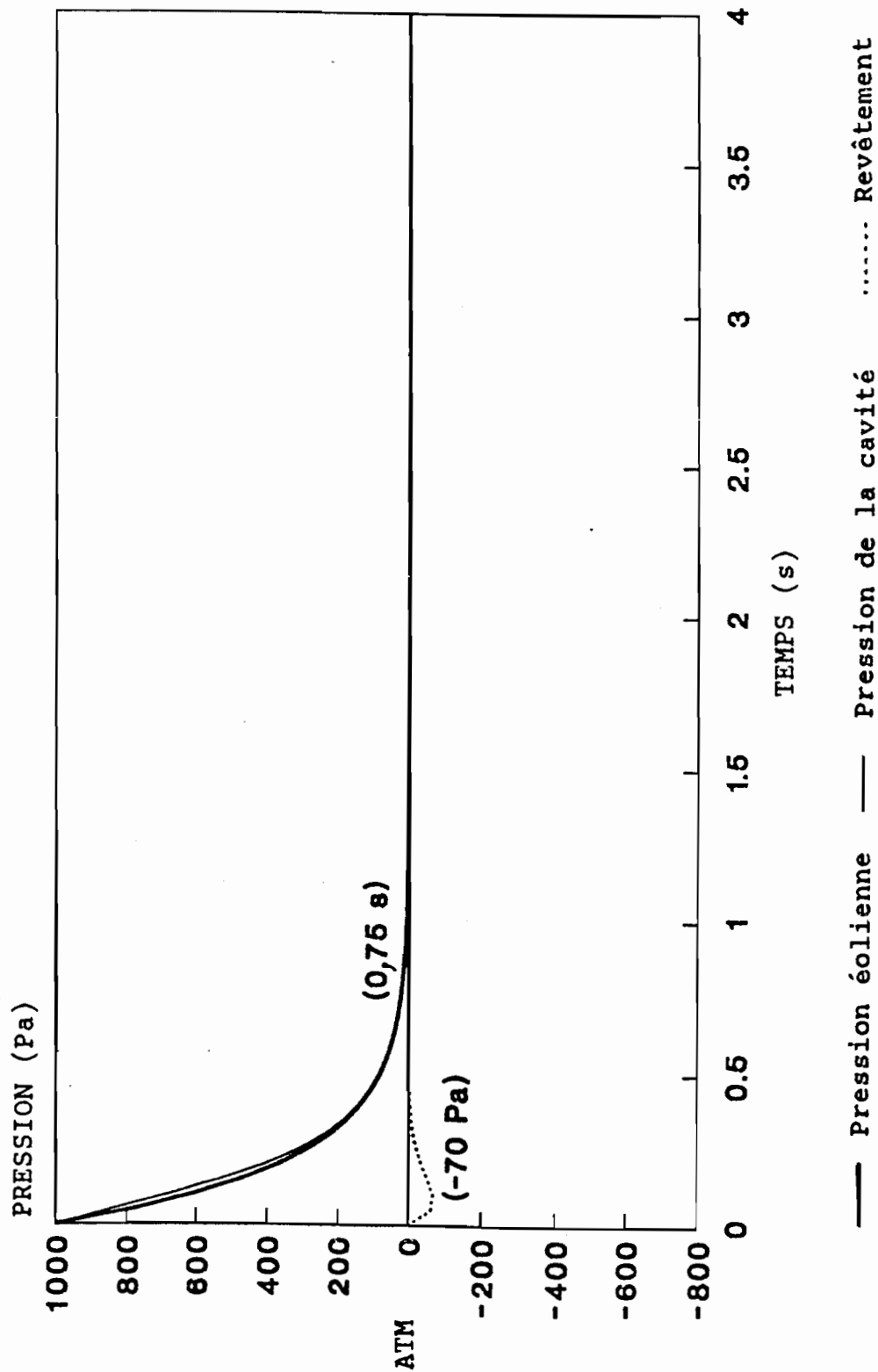


FIGURE 5

GRAPHIQUE D'ÉGALISATION

FUITE DU PARE-AIR AUGMENTÉE (1x L'ÉVENT)

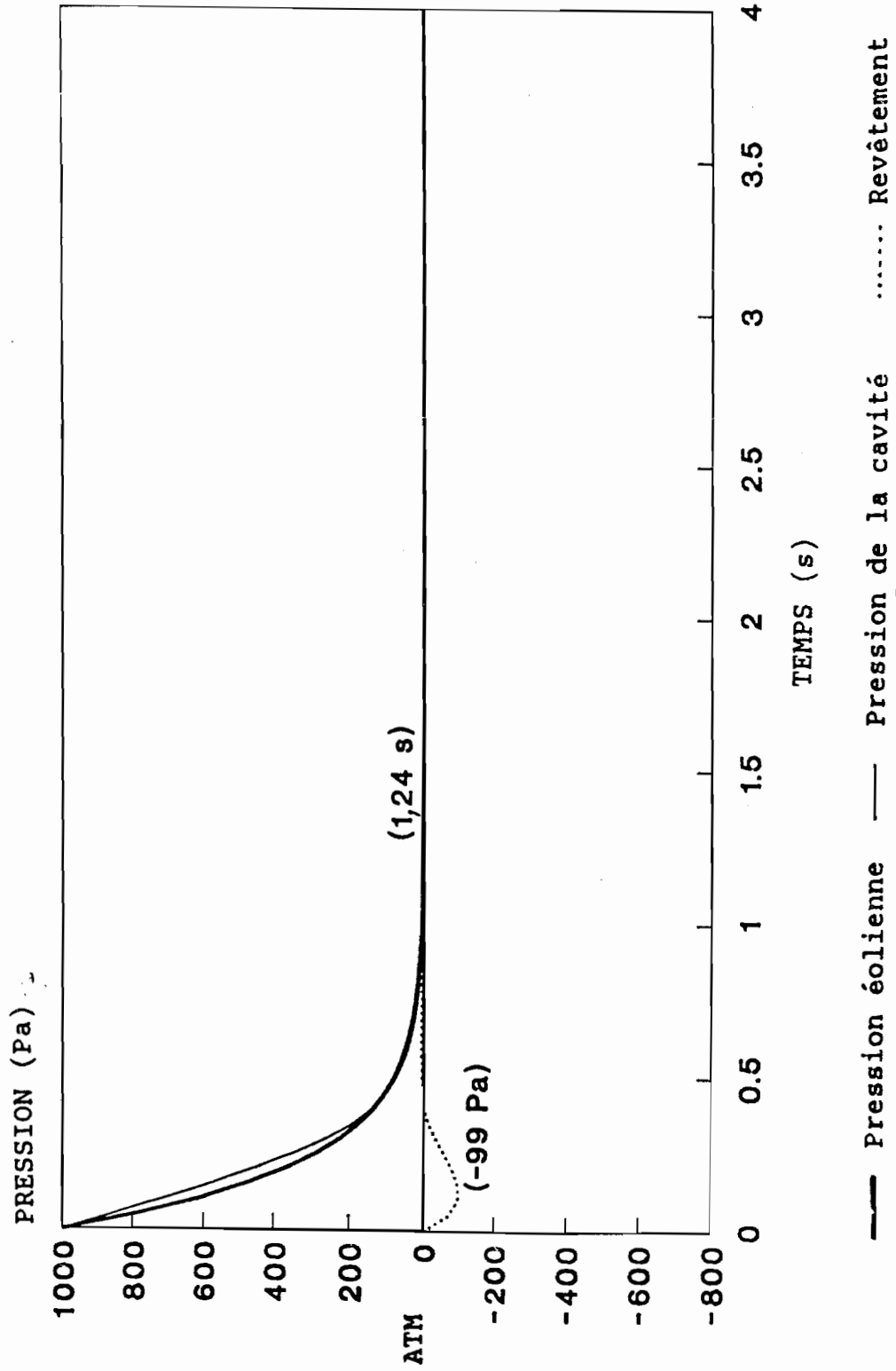


FIGURE 6

GRAPHIQUE D'ÉGALISATION FUIITE DU PARE-AIR AUGMENTÉE (5x L'ÉVENT)

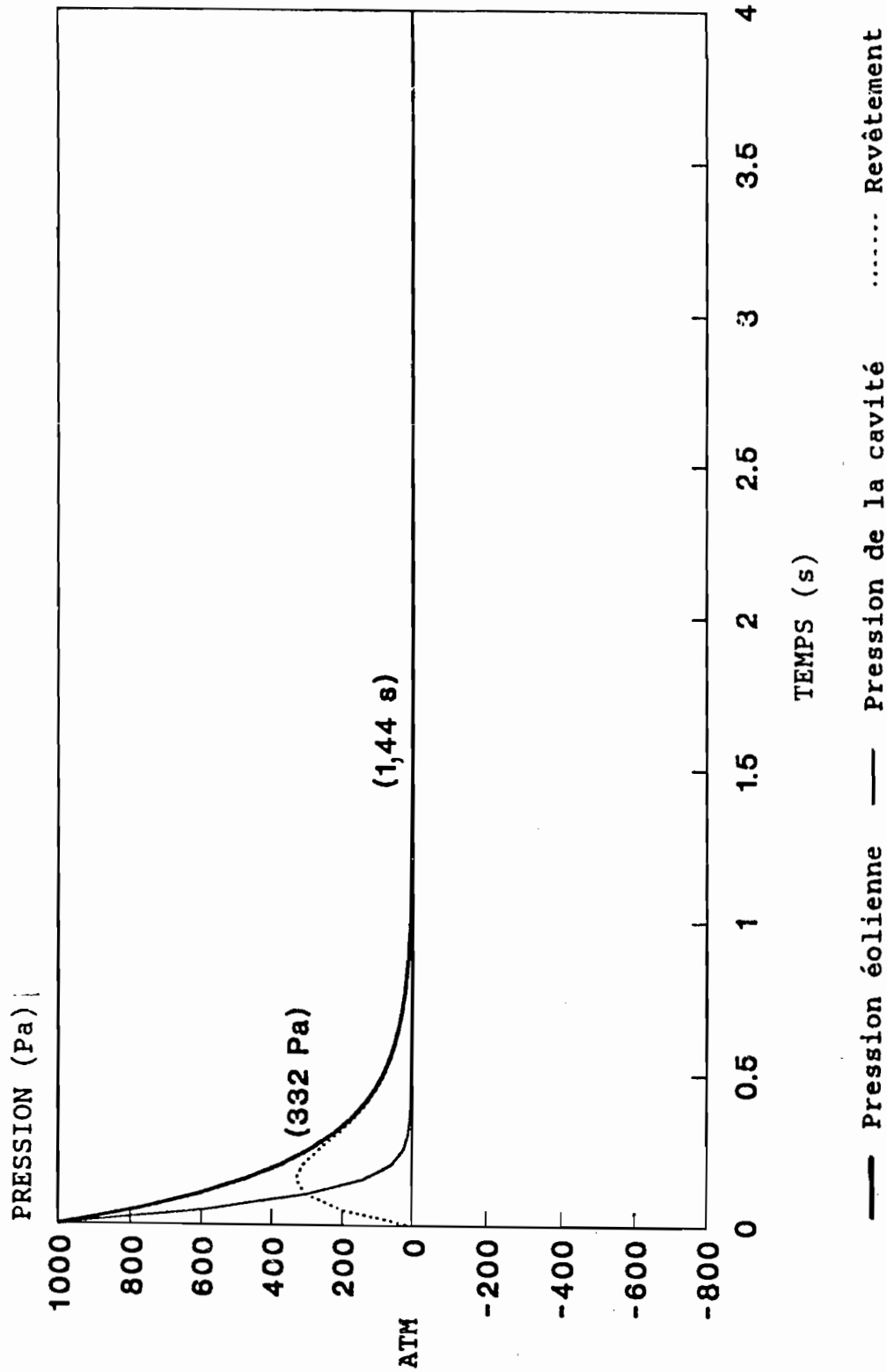


FIGURE 7

PRESSIION DÉPASSANT LA PRESSIION
ATMOSPHERIQUE, Pa

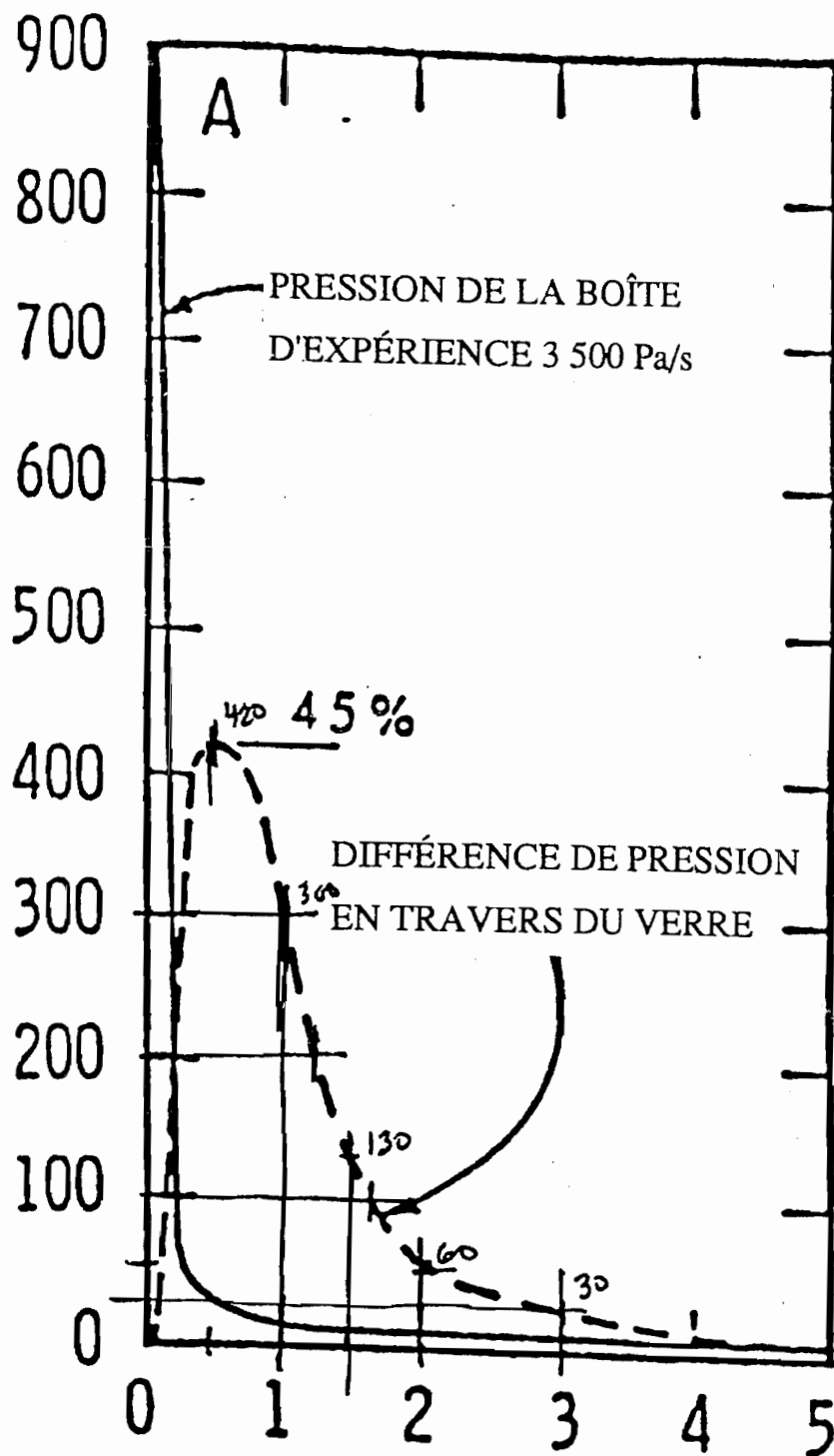


FIGURE 8

DIAGRAMME D'ÉGALISATION DE LA PRESSION

TYMPAN FAIT D'UN MUR-RIDEAU DE MÉTAL ET DE VERRE

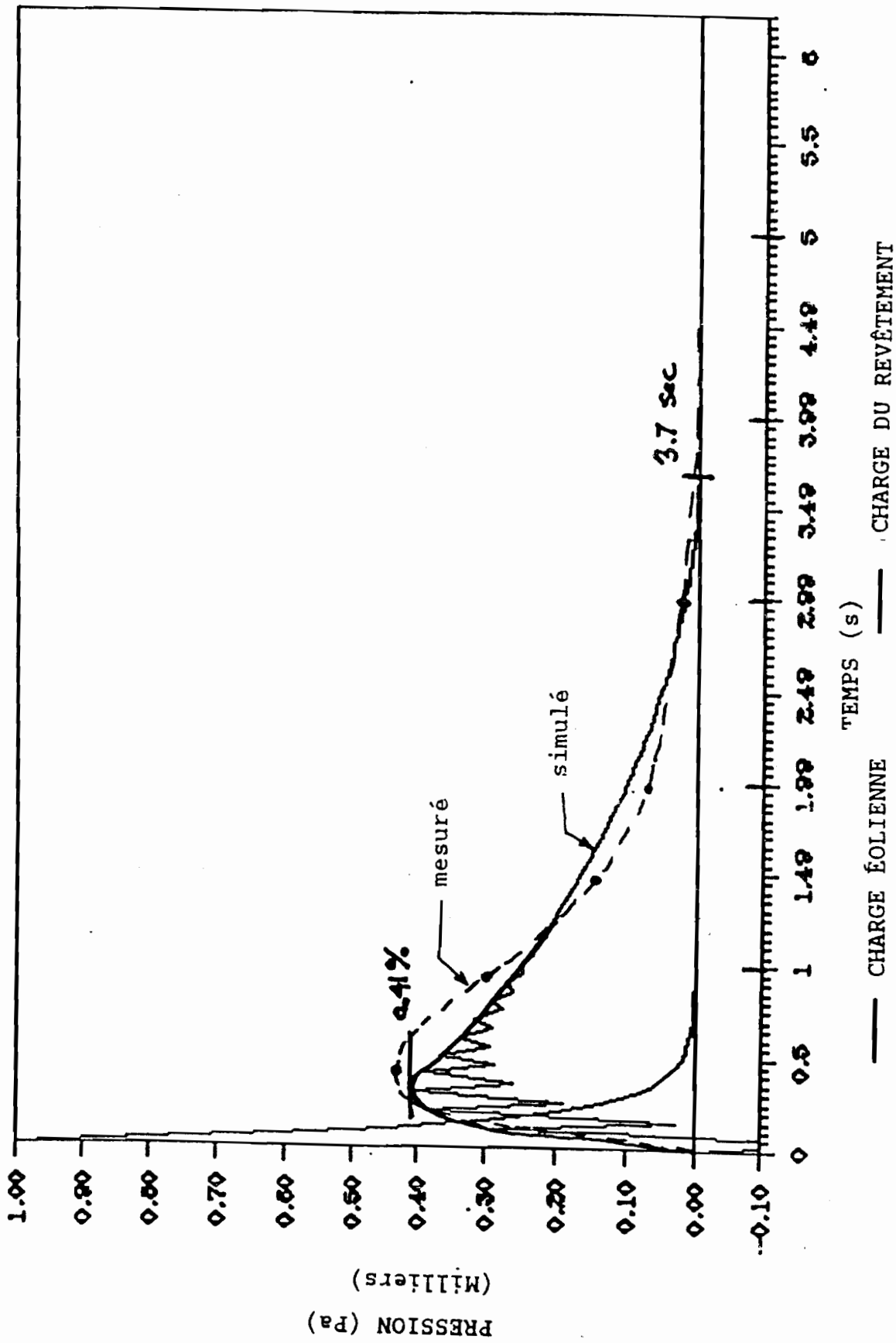


FIGURE 9

DIAGRAMME D'ÉGALISATION DE LA PRESSION

Charge de pression dynamique - 1 s - 1 000 Pa maximum

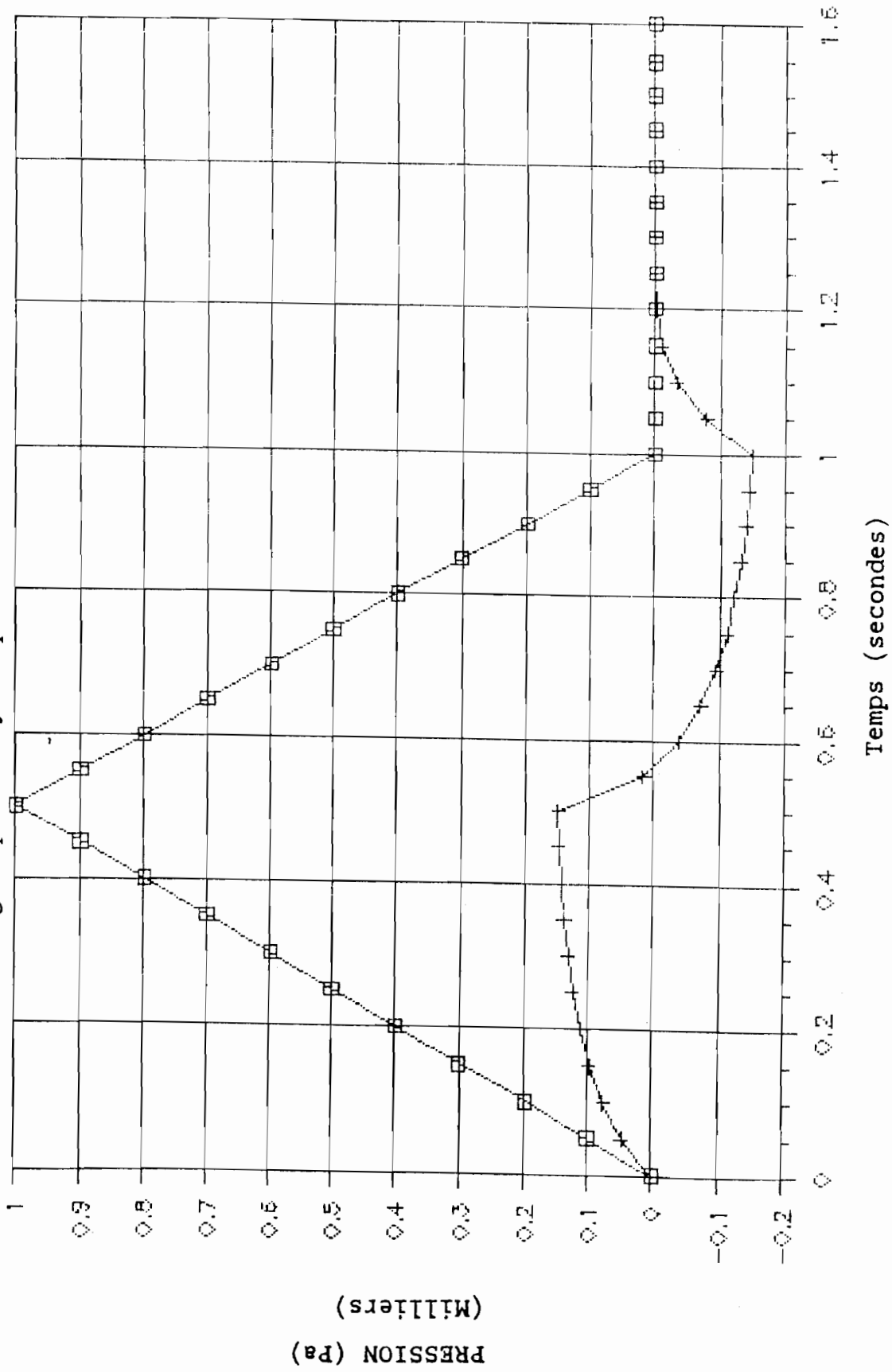


FIGURE 10

DIAGRAMME D'ÉGALISATION DE LA PRESSION

IMPULSION SINUSOÏDALE - CYCLE DE 1 s

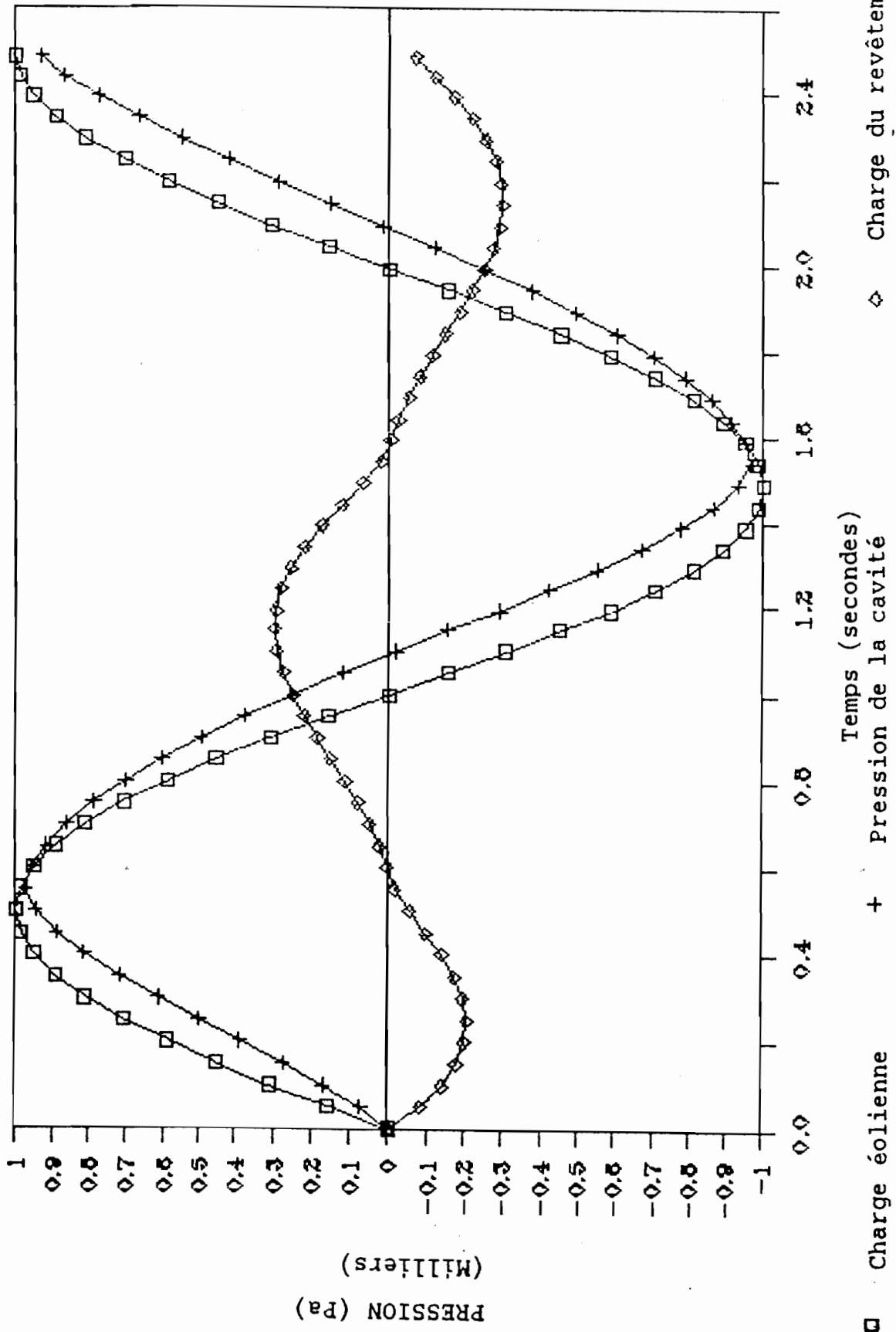


FIGURE 11