

UNION NATIONALE DES ENTREPRENEURS MENUISIERS
ET CHARPENTIER
CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DE LA CONSTRUCTION



Congrès de Luxembourg
10 - 13 Septembre 1978

**MESURES IN SITU DE
L'ETANCHEITE
A L'AIR ET A L'EAU**

MESURES IN SITU DE L'ETANCHEITE A L'AIR ET A L'EAU

1. INTRODUCTION

1.1 Etanchéité à l'air

Au cours des 20 dernières années, une attention particulière a été portée vers l'étanchéité des châssis de fenêtres ou des façades des bâtiments.

Ceci se comprend assez facilement. En effet, avec l'apparition des immeubles tours généralement fermés par des murs rideaux, l'étanchéité à l'air et à l'eau est devenue un problème crucial surtout étant donné la grande longueur de joints dans les façades et l'exposition à des vents de vitesses importantes.

Pour ces bâtiments élevés s'ajoutait un troisième facteur non moins important. Comme ce type de bâtiments était généralement pourvu d'un système de conditionnement d'air, il fallait à tout prix, pour assurer un fonctionnement acceptable de ces installations, contrôler et limiter les infiltrations d'air, infiltrations non seulement dues aux effets de vent mais aussi dues à l'effet de cheminée.

On comprend dès lors que des règles ou des normes ont été assez vite proposées et adoptées en vue de maîtriser les problèmes des infiltrations sauvages.

C'est ainsi que nous disposons actuellement dans la plupart des pays d'Europe de méthodes normalisées de mesure et d'un grand nombre de résultats de mesure effectuées en laboratoire sur les éléments de l'enveloppe extérieure des bâtiments.

Avec la crise énergétique un nouvel élément s'est introduit.

En effet, dans un souci d'économiser le plus possible l'énergie nécessaire pour le chauffage des bâtiments plusieurs mesures ont été proposées et parmi ces mesures celle de diminuer les pertes d'énergie dues à l'infiltration d'air dans les bâtiments.

Bien qu'il y ait un accord unanime sur la nécessité de diminuer les pertes par infiltration les opinions au sujet des économies réalisables étaient parfois très diversifiées.

Selon certains, des économies importantes seraient possibles grâce à une meilleure étanchéité; selon d'autres, les infiltrations d'air dans nos bâtiments ne sont généralement pas exagérées et par conséquent, les économies réalisables sont limitées surtout si l'on reste conscient du fait qu'il faut en tout cas un certain renouvellement d'air dans tout bâtiment occupé.

Dans un souci de voir plus clair dans la situation réelle, le C.S.T.C. a eu l'occasion, dans le cadre de trois programmes de recherche, de faire un certain nombre de mesures in situ de l'étanchéité soit d'éléments de la façade, soit de locaux entiers soit même de bâtiments complets.

Le but de cette communication est de vous décrire brièvement les méthodes utilisées ainsi que l'essentiel des constatations qui ont été faites au cours de ces campagnes de mesures.

1.2 Etanchéité à l'eau

Avant d'aborder ces résultats de mesure, nous voulons d'abord rappeler quelques données de base ou quelques informations générales.

La nécessité d'avoir des châssis de fenêtres ou des façades étanches à l'eau est encore plus évidente que celle de l'étanchéité à l'air.

Les conséquences d'infiltrations d'eau (un manque d'étanchéité) se manifeste de plusieurs façons :

- baisse de la capacité d'isolation thermique par accumulation d'eau dans les matériaux de façade;
- diminution de la durabilité de ces matériaux;
- augmentation du degré d'humidité dans les bâtiments;
- formation de moisissures, cause d'allergies;
- ennuis esthétiques.

2. DONNEES DE BASE ET INFORMATIONS GENERALES

2.1 Exigences au sujet de l'étanchéité des châssis de fenêtres

2.1.1 Les S.T.S.

En Belgique, des exigences au sujet de l'étanchéité des châssis de fenêtres sont formulées dans les Spécifications Techniques S.T.S. 52. Ces spécifications sont valables pour les bâtiments construits sous la responsabilité de l'état.

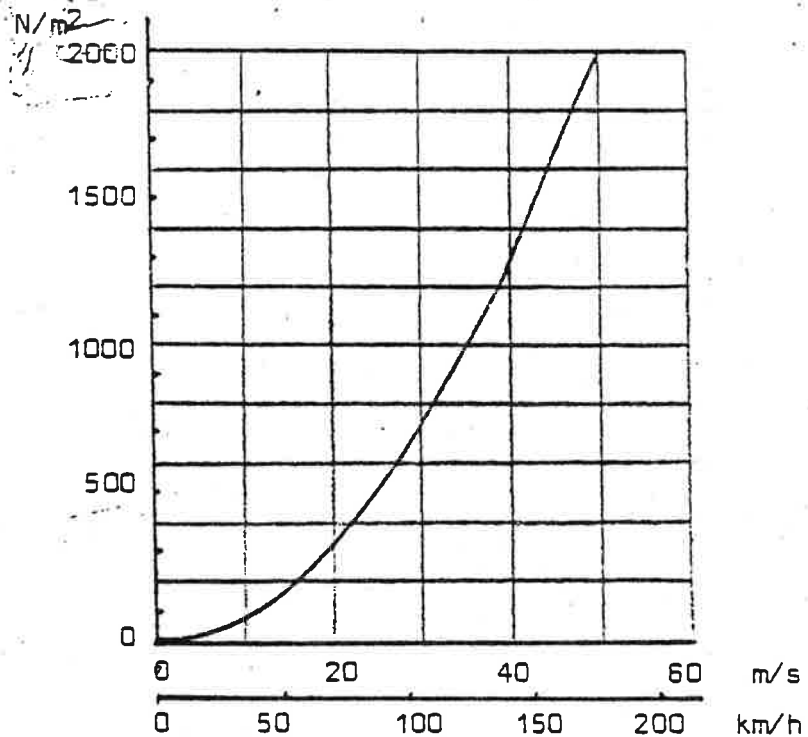
Les deux niveaux de performance envisagés pour la perméabilité à l'air sont :

$a < 6 \text{ m}^3/\text{h}$ par mètre de joint et pour 100 Pa

$a < 3 \text{ m}^3/\text{h}$ par mètre de joint et pour 100 Pa.

N.B. : Rappelons ici qu'une différence de pression de 100 Pa entre l'extérieur et l'intérieur d'un bâtiment correspond, comme le montre la figure ci-dessous, à une vitesse du vent d'à peu près 60 km/h.

En effet, une telle vitesse perpendiculaire à une façade provoque une différence de pression d'environ 200 Pascal entre les deux façades opposées, ce qui nous fournit donc grosso-modo une différence de 100 Pa par façade.



Ce raisonnement simplifié suppose d'ailleurs que dans le bâtiment même, il n'y a pas de résistances supplémentaires qui s'opposent à l'écoulement de l'air.

2.1.2 La norme belge sur l'isolation thermique des bâtiments. Conditions hivernales.

Cette norme, la NBN B-62-001, dans un souci de confort (courant d'air frais) et d'économie d'énergie, stipule que :

- la longueur totale des joints ouvrants des fenêtres situées dans un local de volume V (m^3) doit être inférieure ou égale à $V/4 \text{ m}$;
- la perméabilité pondérée correspondant au site où la fenêtre est située doit être inférieure à $6 \text{ m}^3/\text{h}$ par mètre de joint

La perméabilité pondérée est calculée comme suit : on multiplie les débits d'air d'infiltration sous des différences de pression croissantes par des facteurs de pondération correspondant au site et on additionne ces produits.

Si Q_{100} , Q_{200} , Q_{400} et Q_{750} sont les débits d'air mesurés respectivement sous 100, 200, 400, et 750 Pa, la règle devient en site protégé

$$Q_{100} \times 1 \leq 6 \text{ m}^3/\text{h m}$$

en site non protégé

$$Q_{100} \times 0,88 + Q_{200} \times 0,10 + Q_{400} \times 0,02 \leq 6 \text{ m}^3/\text{h m}$$

en site fort exposé

$$Q_{100} \times 0,70 + Q_{200} \times 0,20 + Q_{400} \times 0,08 + Q_{750} \times 0,02 \leq 6 \text{ m}^3/\text{h m}.$$

Remarque :

Comme dans le cas des S.T.S. (voir 2.1.1) on constate ici de nouveau - que les vitesses d'air dont on tient compte sont très élevées (une différence de 100 Pa de part et d'autre d'une façade correspond en effet déjà à une vitesse de 60 km/h);

- que dans un souci de confort et d'économie d'énergie on prête uniquement attention aux châssis ouvrants des fenêtres.

2.2 Exigences au sujet de l'infiltration d'air du bâtiment dans son ensemble

Depuis la crise énergétique, on constate heureusement qu'à côté des exigences au niveau d'un seul élément ou d'un type d'élément de l'enveloppe des bâtiments, on considère plus le problème global de la ventilation, ou de l'infiltration.

C'est ainsi qu'il existe maintenant dans plusieurs pays des tendances (à notre connaissance les normes ou règlements ne sont pas encore en vigueur) pour proposer des exigences limitant l'infiltration d'air de tout un bâtiment à une valeur donnée.

On pourrait ainsi songer à des exigences du type suivant :

"Dans 90 % du temps de la saison hivernale, l'infiltration d'air extérieur doit être inférieure à 0,5 fois le volume du bâtiment par heure et ceci lorsque toutes les baies extérieures et les portes intérieures sont normalement fermées".

Une exigence de ce type est très fonctionnelle puisqu'elle fixe le résultat à atteindre et puisqu'elle tient compte de toutes les infiltrations et pas seulement des infiltrations au travers des châssis de fenêtres.

2.3 Volumes minimaux de ventilation

Du point de vue physiologique et hygiénique, et aussi en vue d'éviter des concentrations trop grandes de vapeur d'eau ou d'odeurs désagréables, il faut prévoir dans tout bâtiment ou local occupé un certain renouvellement d'air.

D'après une étude bibliographique récente préparée par le C.S.T.C. à la demande de la C.E.E., le volume minimal de renouvellement d'air à prévoir serait

- { 20 m³ par heure et par personne dans les locaux où on ne fume pas;
- { 30 m³ par heure et par personne dans les locaux où on peut fumer.

Nous pensons qu'il est bon de rappeler ici ces exigences minimales et aussi de signaler que, dans chaque local où une combustion a lieu, une entrée d'air frais suffisante doit être assurée à tout moment.

Ceci signifie donc qu'à côté d'une étanchéité suffisante de l'enveloppe du bâtiment (pour limiter la pénétration d'eau, les courants d'air et la perte d'énergie) il faut prévoir les moyens pour assurer le renouvellement d'air suffisant dans les locaux.

(Ceci peut se réaliser soit par l'ouverture de portes et/ou fenêtres, par des dispositifs spéciaux de préférence autoréglables montés éventuellement dans les châssis, ou par une ventilation mécanique contrôlée)

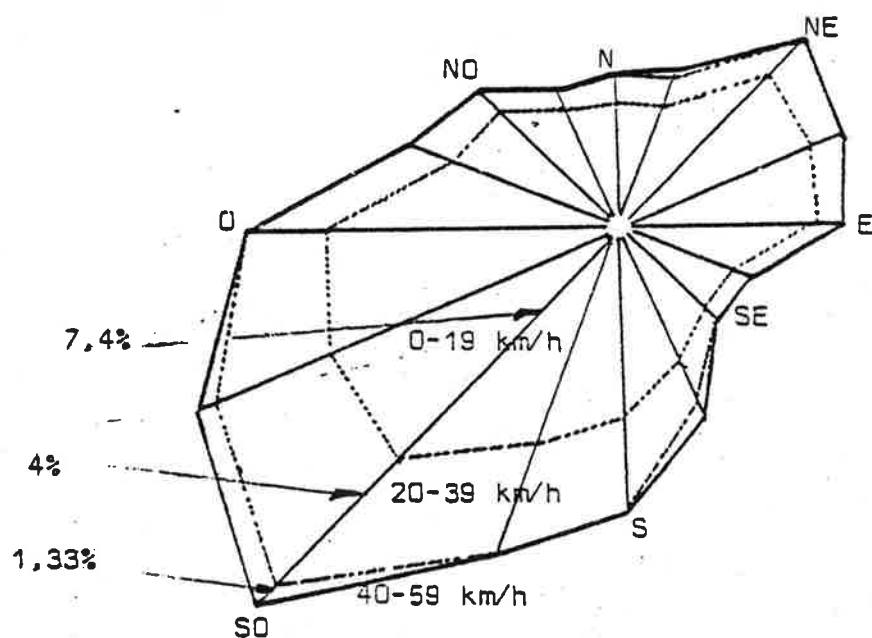
2.4 Distribution et fréquences des vents

L'I.R.M. dispose d'un grand nombre de données climatiques et entre autres aussi des fréquences des vents moyens en km/h à Uccle (*).

De ces informations (page 140 à 143), on peut déduire que la vitesse du vent de 60 km/h qui est en quelque sorte la base des exigences aussi bien des S.I.S. que de la norme NBN B 62-001 est enregistrée normalement (c'est-à-dire calculé sur une période de 30 ans) à Uccle pendant 8 heures sur toute la saison de chauffe (de mi-septembre à mi-mai).

(*) Esquisse climatologique de la Belgique Poncelet + Martin 1947 I.R.M.

Ces valeurs sont illustrées par la figure ci-dessous.



3. METHODES DE MESURE IN SITU ET RESULTATS OBTENUS

3.1 L'étanchéité à l'eau, l'étanchéité à l'air ainsi que les taux de ventilation qui en découlent, doivent pouvoir être mesurés sur chantier; on parle alors de mesures IN SITU.

En ce qui concerne l'étanchéité à l'air d'un bâtiment, les méthodes utilisées sont de deux types différents mais complémentaires :

- la première méthode, basée essentiellement sur la mise en dépression ou en surpression des locaux donne exactement l'étanchéité des éléments mais ne donne pas les renouvellements d'air pour des conditions climatiques déterminées;
- la deuxième méthode utilisant les gaz traceurs, permet de mesurer le renouvellement d'air global pour des conditions climatiques déterminées sans nous informer sur l'étanchéité des menuiseries.

Nous voyons dès lors que l'association de ces deux méthodes nous permettra de lier les taux réels de ventilation d'un bâtiment aux différentes fuites de celui-ci parmi lesquelles celles dues aux menuiseries extérieures ne sont pas les plus importantes, mais nous verrons cela dans la suite de cet exposé.

3.2 Méthode de mise en dépression d'un local entier

3.2.1 Généralités - Rappel de la méthode de laboratoire

La méthode de mesure en laboratoire de l'étanchéité à l'air est fixée par les spécifications techniques S.T.S. 52 et S.T.S. 36.

L'élément à tester est fixé sur un mur d'essais par l'intermédiaire d'un coffrage qui lui est adapté hermétiquement.

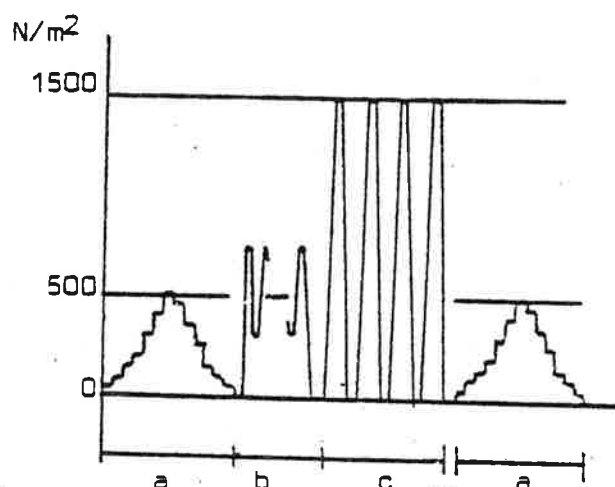
Cet élément est soumis à deux types d'essais successifs.

Le premier essai se fera par des surpressions allant de 49 à 490 Pa, comme le montre la figure (période a); il sera suivi par 500 pulsations comprises entre 194 et 735 Pa, à un rythme de 1 pulsation toutes les 2 secondes (période b de la figure), ainsi que par 4 surpressions de 1.472 Pa correspondant à une surpression créée par un vent de tempête (période c de la figure). Ensuite, les fuites seront mesurées en surpression suivant le premier essai décrit ci-dessus.

Le deuxième essai sera identique au premier, mais cette fois, il sera réalisé en dépression.

L'essai en laboratoire possède des avantages, mais aussi des inconvénients.

C'est ainsi que, si la mesure est précise, et peut être répétée dans des circonstances identiques, les dimensions des échantillons sont limitées.



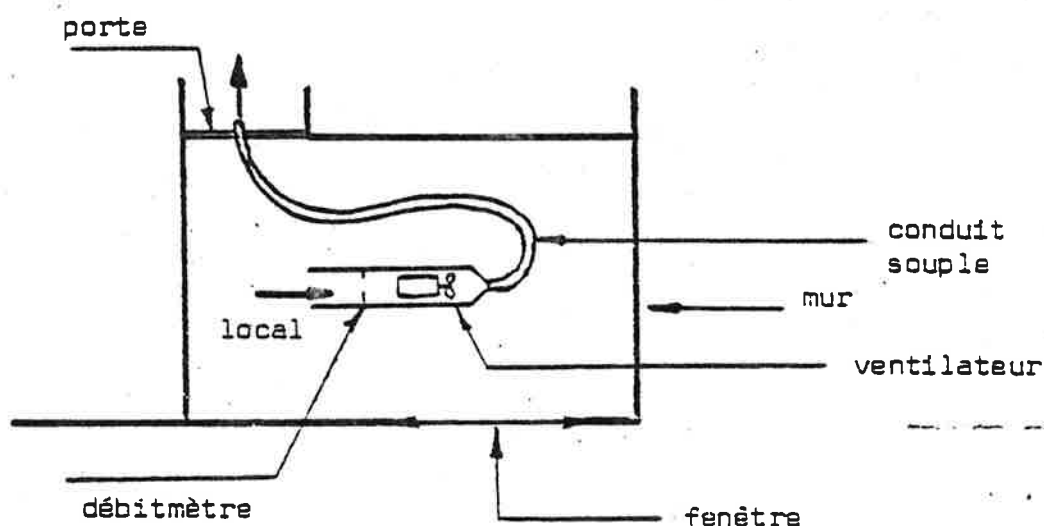
3.2.2 Mesure IN SITU

La méthode utilisée IN SITU est nouvelle et il n'en existe pas encore de description officielle.

Cette méthode consiste à mettre, par vent calme, un local, ou la totalité du bâtiment, en dépression, dans le but d'en mesurer le débit d'air qui y rentre (voir figure ci-dessous).

La dépression nécessaire (de 5 Pa à 100 Pa) est réalisée à l'aide d'un ou de plusieurs ventilateurs aspirant l'air du local au travers d'un conduit souple, lequel est raccordé hermétiquement à un panneau en bois placé à l'endroit d'une porte intérieure.

Le débit d'air ainsi extrait est mesuré par un débitmètre normalisé.



Le premier essai, réalisé dans le local tel quel, donne le débit global d'infiltration.

Par la suite, toutes les inétanchéités du local seront éliminées les unes après les autres à l'aide de mastic, de bandes auto-collantes, etc ...

A chaque étape, l'essai sera repris afin de connaître le débit global d'infiltration restant.

La différence des débits ainsi mesurés donne la valeur des infiltrations passant par les différentes inétanchéités.

Trois procédures différentes peuvent être adoptées :

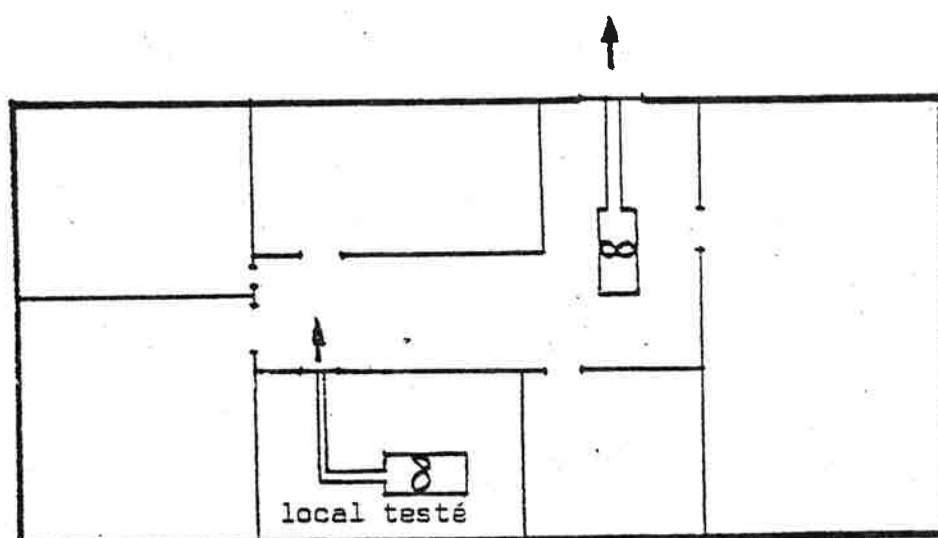
3.2.2a Mise en dépression d'un seul local

C'est le cas de la figure ci-dessus.

Dans ce cas, le local testé étant mis en dépression vis-à-vis des autres locaux, nous ne pourrions distinguer pour le débit mesuré, la part de celui-ci provenant de l'intérieur de celle provenant de l'extérieur, si ce n'est en rendant étanche les fenêtres et les portes intérieures.

Mais si nous avons affaire au cas d'un débit provenant partiellement de l'intérieur et partiellement de l'extérieur (c'est le cas des plinthes), nous devons avoir recours à une méthode différente qui constitue l'objet du paragraphe ci-dessous (3.2.2b).

3.2.2b Mise en dépression d'un local et de la totalité du bâtiment
 Le schéma de cette méthode est repris à la figure ci-dessous.



Alors que l'essai du local se poursuit comme décrit au point 3.2.2a, nous procédons en même temps à la mise en dépression du restant du bâtiment à l'aide d'un deuxième ventilateur.

Les dépressions (vis-à-vis de l'extérieur du bâtiment) réalisées par chacun des ventilateurs étant les mêmes, nous annulons ainsi les fuites d'une pièce intérieure vers le local testé; dans ce cas, la différence des débits obtenus entre le premier essai 3.2.2a et l'essai actuel, donnera la valeur exacte des infiltrations d'air extérieur.

3.2.2c Mise en dépression de la totalité du bâtiment

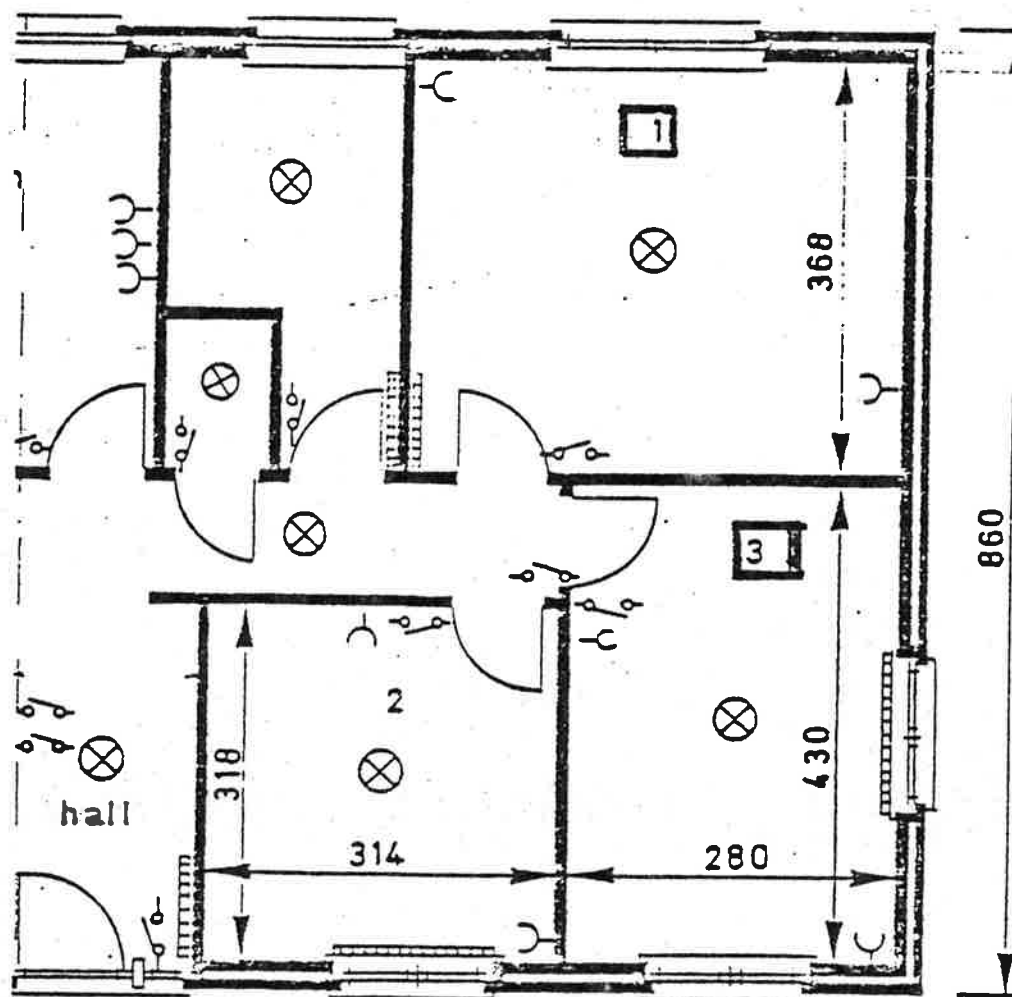
Dans ce cas, tout le bâtiment sera mis en dépression, vis-à-vis de l'extérieur, à l'aide d'un ventilateur; ceci est par exemple le cas d'un bâtiment comprenant de la ventilation mécanique contrôlée.

Cet essai ne permettra pas de mesurer avec précision de faibles débits; c'est pourquoi il ne sera pas utilisé pour la mesure de l'inétanchéité d'éléments séparés.

Un des principaux avantages des méthodes IN SITU est que, outre le fait qu'elles s'appliquent dans des circonstances réelles, elles permettant de déceler des inétanchéités qui, dans certaines circonstances, seraient attribuées aux menuiseries extérieures.

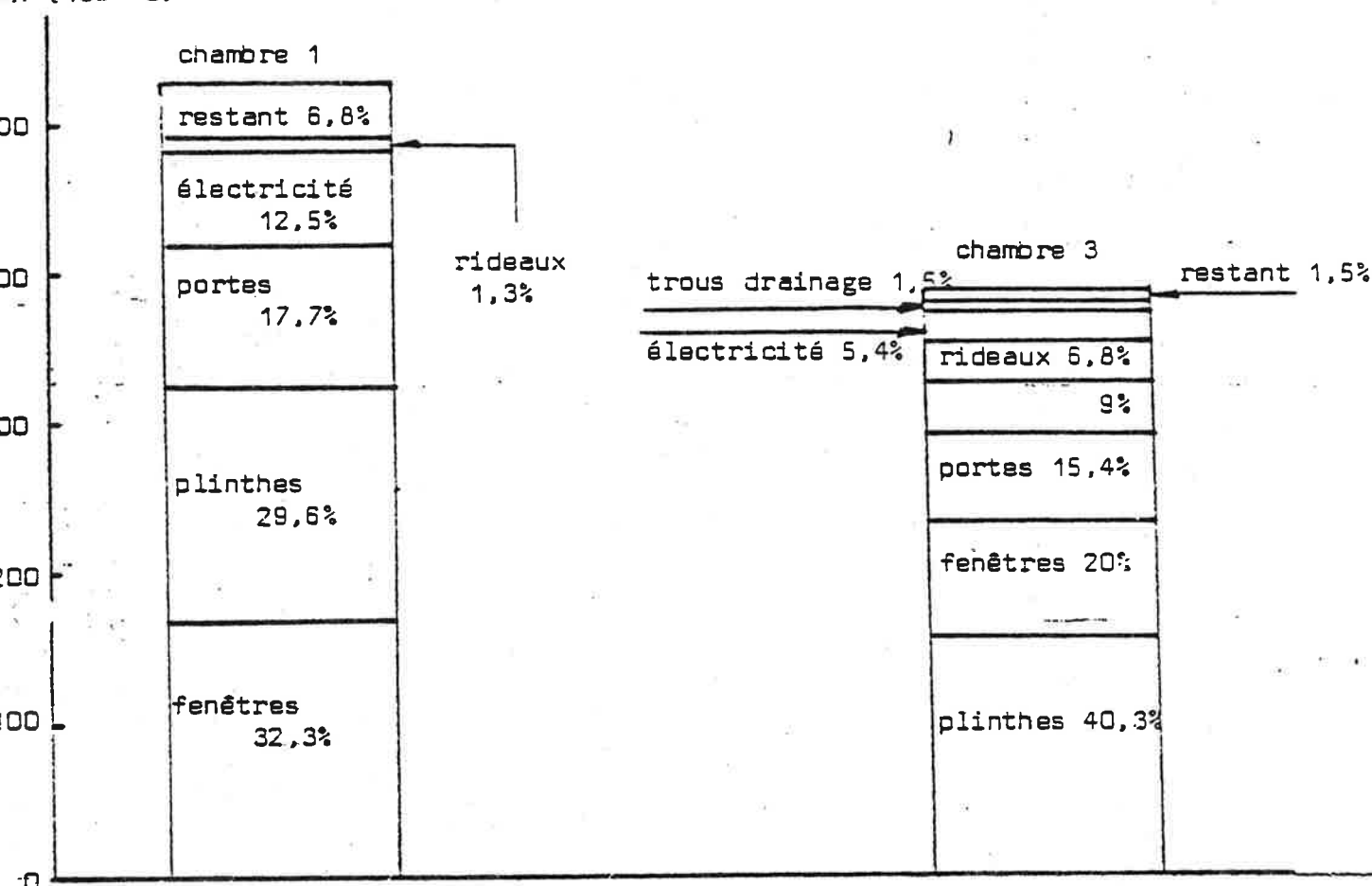
3.2.3 Résultats obtenus

Afin d'illustrer cette méthode, nous reprendrons les résultats obtenus dans le cas d'un logement unifamilial dont le plan intérieur est repris à la figure ci-dessous.



Le schéma suivant illustre les différents cas d'infiltration rencontrés ainsi que l'importance de celles-ci.

/h (100 Pa)



Nous y constatons que les menuiseries extérieures n'interviennent que pour un pourcentage d'environ 40 %, les 60 % restants étant dus principalement aux plinthes et au tubage électrique.

3.2.4 Étanchéité à l'eau

Cette méthode est utilisée conjointement à celle de l'étanchéité à l'air.

En effet, l'essai à l'air étant terminé, les bandes additionnelles d'étanchéité que nous avons apposées sur les éléments extérieurs, sont retirées; pendant une période de 5 à 10 minutes, ces éléments seront aspergés d'eau alors que l'intérieur du local est maintenu à une dépression de 50 Pa. A la suite de ces essais, les infiltrations d'eau seront observées uniquement.

Ensuite, la pression intérieure sera élevée jusqu'à 100 - 150, ou éventuellement 200 Pa pendant 5 minutes tout en poursuivant l'aspersion des façades.

3.3 Méthode par gaz traceur

3.3.1 Principe de la méthode

L'air est composé grossièrement de 21% (en volume) d'oxygène O_2 et de 79% (en volume) d'azote N_2 .

Si on insuffle maintenant dans un local ou dans tout un bâtiment un gaz traceur, on modifie artificiellement la composition de l'air contenu dans ce local ou dans ce bâtiment. C'est ainsi que l'on peut injecter de l'azote avec l'oxygène comme gaz traceur ou bien injecter du CO_2 , du N_2O , etc ...

A cause de l'infiltration de l'air extérieur dans le local la concentration initiale et artificielle du gaz traceur va diminuer plus ou moins vite et après un certain temps toute trace de gaz traceur sera disparue.

La méthode consiste dès lors à mesurer à des intervalles de temps réguliers la concentration du gaz traceur.

Dans un diagramme semi-logarithmique, la décroissance de gaz traceur en fonction du temps est donnée par une droite, dont la pente permet de calculer directement le taux de renouvellement d'air.

3.3.2 Résultats

La figure suivante montre pour deux maisons identiques et de même orientation la variation du taux de renouvellement d'air en fonction de la vitesse du vent.

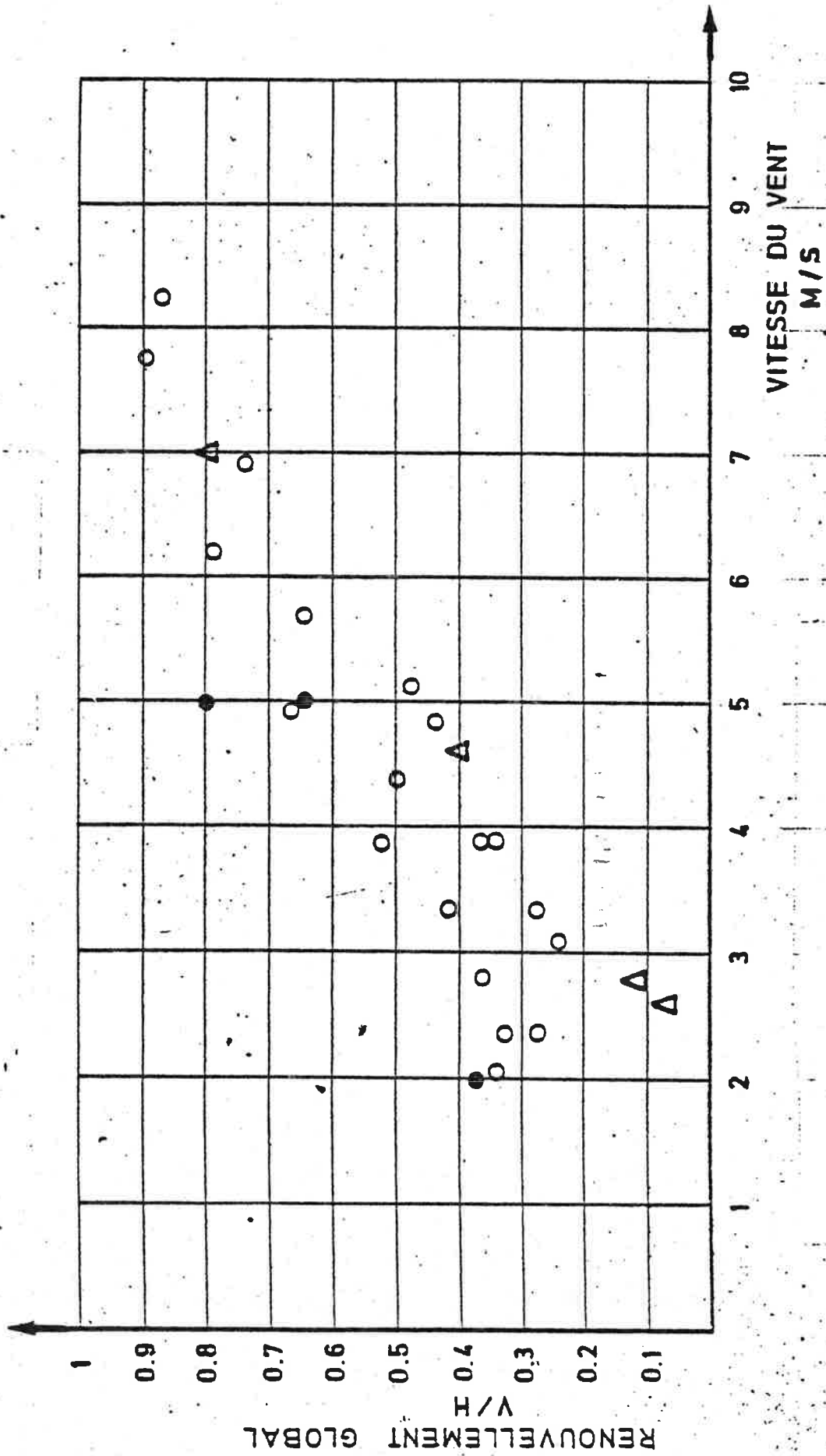
L'ensemble des points donnent l'allure de la courbe, et nous voyons que pour un vent de 5 m/s, soit approximativement 18 km/h, ce qui est le vent le plus fréquent en hiver, le taux de renouvellement d'air est de l'ordre de 0,5 vol/h pour la totalité du logement. Pour un vent de 2 m/s, le taux de ventilation sera approximativement de 0,2 vol/h.

3.4 Etanchéité IN SITU

3.4.1 Principe de la méthode

Afin de déterminer la part prise par l'inétanchéité des menuiseries extérieures dans ce taux de ventilation, nous avons procédé aux essais de menuiseries placées, par une méthode semblable à celle décrite ci-dessus.

RENOUVELLEMENT D'AIR GLOBAL



Un caisson est placé hermétiquement sur l'élément à tester. La caractéristique liant le débit de fuite à la pression ou à la dépression dans le caisson est mesurée.

3.4.2 Résultats obtenus

La pression due au vent sur la façade étant également mesurée au droit de chaque élément, les résultats portés au tableau ci-dessous montrent

VENT m/s	Renouvellement global mesuré Vol/H	Renouvellement dû à la menui- serie Vol/H	Pourcentage dû à la menuiserie %
2	0,36	0,07	19
5	0,64	0,24	27

que pour une vitesse de 5 m/s, seulement 27 % des infiltrations sont dues aux menuiseries; les 73 % restants sont dus aux multiples autres inétanchéités du bâtiment.

Afin de réaliser l'importance de ce résultat, nous donnerons ci-dessous un tableau reprenant, en moyenne sur 2 de ces maisons, les fuites produites par les menuiseries à une pression de 100 Pa, et nous les comparerons aux valeurs permises par la norme NBN 62-001.

Infiltrations des portes et fenêtres en m ³ /h pour une pression de 100 Pa							
n° de l'élément	1	2	3	4	5	6	7
tolérances de la Norme	20	60	40	36	20	10	40
moyenne des mesures	24	121	168	292	24	57	71

Nous concluons en disant que même avec des éléments de menuiserie donnant des fuites élevées par rapport à la norme NBN 62-001, les fuites pour un vent de 5 m/s ne représentent que 27 % des fuites totales.

4. CONCLUSIONS

- 4.1 Il faut pouvoir caractériser l'étanchéité des châssis ou des éléments de façade par des méthodes généralement admises et comparables.

Cette caractérisation est nécessaire pour pouvoir choisir correctement la qualité voulue des éléments de façade en fonction de leur utilisation (zone protégée ou exposée, bâtiment élevé ou pas, avec ou sans conditionnement d'air).

Des exigences minimales restent donc indispensables surtout pour éviter des ennuis dus à une pénétration d'eau, à des effets de courants d'air et pour éviter un gaspillage d'énergie.

- 4.2 Caractériser uniquement les châssis de fenêtres ou les éléments de façade ne suffit pas. Les essais ont clairement démontré que l'infiltration d'air dans un local ou dans un bâtiment est influencé par la qualité de beaucoup d'autres éléments de construction et par les soins apportés par à peu près tous les corps de métier.

Il nous semble donc dangereux et illogique de pousser davantage les performances des châssis de fenêtres (par l'imposition d'exigences de plus en plus sévères) si on ne fait pas attention aux autres infiltrations.

Il faut donc dans l'avenir essayer d'arriver assez vite à des exigences minimales globales et à des méthodes de contrôle des infiltrations d'air par tous les ouvertures ou orifices possibles.

- 4.3 Il n'est peut-être pas exclu qu'en ce qui concerne le renouvellement d'air des bâtiments et la limitation des pertes d'énergie dues à ce renouvellement d'air on arriverait à des exigences globales telles qu'une attitude moins sévère (que par exemple les S.T.S. 52) vis-à-vis des châssis de fenêtres soit possible.

Le 8 août 1978

1006/1218/1267