

CENTRE D'ETUDES TECHNIQUES  
DE L'EQUIPEMENT DE LYON

Département Etudes Urbaines  
Habitat Economie et Batiment

46, rue St Théobald - B. P. 128  
38 081 - L'ISLE D'ABEAU cédex  
tél. 74 27 28 50  
télex CETIDA ISLAB 900 427



**HEB**

254  
02  
5732

# MAITRISE DES TRANSFERTS D'AIR DANS L'HABITAT

---

DIRECTION DE LA CONSTRUCTION

---

AGENCE FRANCAISE POUR LA MAITRISE DE L'ENERGIE

---

S E P T E M B R E 1 9 9 0

9.04.0037



Logo and text at the top center, possibly a company or organization name.

Text at the top right, possibly a header or address.

# MATRISE DE RELEVEMENTS D'AIR DANS L'HABITAT

DIRECTION DE LA CONSTRUCTION  
AGENCE REGIONALE DE L'AMENAGEMENT ET DE L'URBANISME  
11 - Avenue de la République - 92000 NANTERRE  
Téléphone : 01 1 47 38 11 11

PROJET DE MATRISE DE RELEVEMENTS D'AIR  
NANTERRE - 11 - AVENUE DE LA REPUBLIQUE

11 - Avenue de la République  
92000 NANTERRE  
Téléphone : 01 1 47 38 11 11

# S O M M A I R E

	Pages
<b>I - EXPOSE DU SUJET</b>	1
<b>II - CADRE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE</b>	1
<b>III - LA DEMARCHE</b>	2
<b>IV - CARACTERISTIQUES DES ECOULEMENTS D'AIR AUX PORTES DE DISTRIBUTION</b>	3
IV.1 - Caractéristiques des espaces sous portes	
IV.2 - Caractéristiques des trous	
<b>V - CARACTERISTIQUES DU LOGEMENT SUPPORT D'ESSAIS</b>	7
V.1 - Caractéristiques générales	
V.2 - Perméabilité à l'air de l'enveloppe et des parois intérieures	
<b>VI - MESURES DE LA REPARTITION DE L'AIR ENTRE LES PIECES</b>	23
VI.1 - Acquisition des données	
VI.2 - Précision des sondes de vitesse	
VI.3 - Etude du profil de vitesse	
VI.4 - Mesure des débits aux bouches	
<b>VII - TRANSFERTS D'AIR A L'INTERIEUR DU LOGEMENT, RESULTATS D'ESSAIS</b>	40
VII.1 - Série A	
VII.2 - Série B	
VII.3 - Série C	
VII.4 - Série D	
VII.5 - Série E	
<b>VIII - CONCLUSION</b>	51

1. The purpose of this document is to provide information regarding the activities of the organization in the field of international relations.

[REDACTED]

II. THE ORGANIZATION OF THE ORGANIZATION

The organization is organized into several departments, each of which is responsible for a specific area of activity. The departments are: 1. Administration, 2. Finance, 3. Personnel, 4. Propaganda, 5. Security, 6. Technical, 7. Training, 8. Welfare.

1. ADMINISTRATION: This department is responsible for the general management of the organization, including the coordination of all activities and the maintenance of records.

[REDACTED]

III. THE ACTIVITIES OF THE ORGANIZATION

The organization is engaged in a wide range of activities, including the promotion of international relations, the organization of conferences and seminars, and the publication of journals and books.

[REDACTED]

## I - EXPOSE DU SUJET

Encouragé par des préoccupations énergétiques, le renouvellement d'air des logements a fortement diminué ces dernières années. Cette réduction a été obtenue par l'aération successive de plusieurs pièces (balayage) et l'asservissement automatique du débit extrait à la pollution de certaines pièces.

L'intérêt énergétique des petits débits ne doit cependant pas masquer les fonctions principales de l'aération (hygiène, sécurité, confort).

Les petits débits sont acceptables sous réserve qu'ils transitent par les pièces où est produite la pollution. A titre d'exemple, l'occupation d'une seule chambre dans un logement de type 4 conduit en hiver à un débit hygrorégulé de 20 m<sup>3</sup>/h pour l'ensemble du logement. Ce débit doit principalement transiter par cette pièce.

Toutefois, compte tenu des caractéristiques des constructions actuelles et futures (étanchéité de l'enveloppe, dimensionnement des entrées d'air, etc...) et des situations liées à l'occupation (position des portes intérieures, etc...) les transferts d'air sont-ils maîtrisables ?

## II - CADRE ET OBJECTIFS DE L'ETUDE

Les Maîtres d'Ouvrages de cette étude sont la DIRECTION de la CONSTRUCTION et l'AGENCE FRANCAISE POUR LA MAÎTRISE de l'ENERGIE.

Par des essais dans un logement inoccupé, cette recherche vise à déterminer quelles sont les conditions à réunir pour maîtriser les transferts d'air. Les principaux facteurs analysés sont :

- l'incidence des débits extraits en fonction des volumes concernés ;
- l'incidence de la typologie des cheminements intérieurs (caractéristiques des portes et position, etc...) ;

- l'incidence de la perméabilité de l'enveloppe ;
- l'incidence des caractéristiques des entrées d'air (dimensionnement, courbe de régulation, etc...).

Les incidences des conditions météorologiques sur les transferts d'air à l'intérieur du logement sont déterminées à l'aide du modèle E.S.P. (Environnement, Système, Performance, module AIR). Cette dernière partie a été confiée au Laboratoire des Sciences de l'Habitat de l'E.N.T.P.E..

### III - LA DEMARCHE

Ce travail repose sur de nombreux essais réalisés sur site et sur cellule :

- mesures des caractéristiques des écoulements autour des portes intérieures (essais sur cellule) ;
- mesure de la perméabilité à l'air du logement support (mesures globales et par pièces) ;
- Mesures des vitesses d'air aux portes de distribution du logement pour différentes situations (débits d'air évacué, étanchéité à l'air de parois, etc ...).

#### IV - CARACTERISTIQUES DES ECOULEMENTS D'AIR AUX PORTES DE DISTRIBUTION

L'objectif des essais est de déterminer les caractéristiques des écoulements d'air sous les portes de distribution pour les remplacer par un trou de diamètre calibré pratiqué dans une porte parfaitement étanche en pourtour. Le débit transitant par la porte peut alors se déterminer par une mesure de vitesse au centre du trou moyennant un écoulement turbulent. Le schéma du dispositif de mesures figure ci-après :

*Schéma du dispositif de mesures.* (transferts d'air entre pièces)

<i>Principaux composants</i>	- un caisson étanche
	- un ventilateur avec variateur de tension
	- deux manomètres
	- des diaphragmes

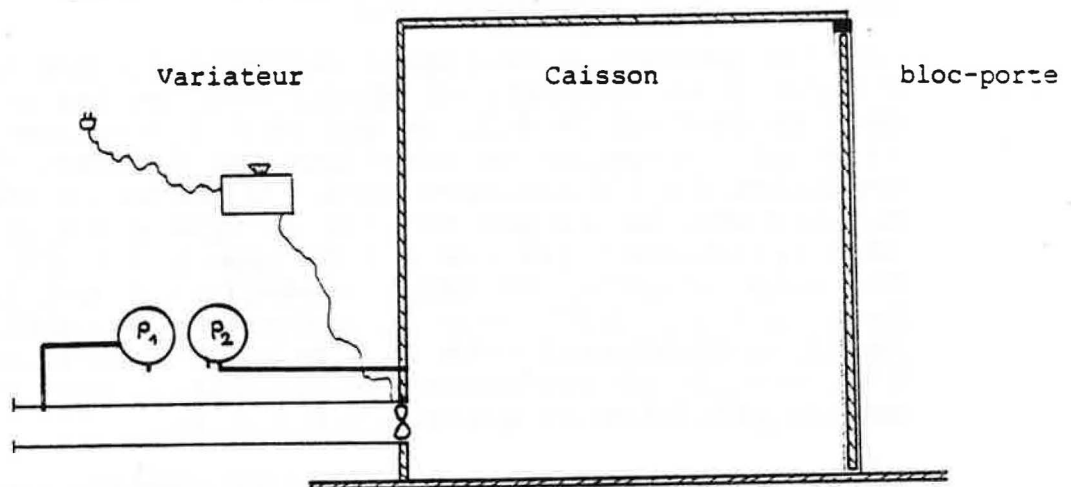


Fig 1

#### IV.1 - Caractéristiques des espaces sous-portes

Les dimensions retenues des espaces sous portes sont de 83 x 1 cm pour toutes les portes sauf pour la cuisine 83 x 2 cm. Les résultats des essais figurent dans le tableau ci-après :

Conditions d'essais	Nb de Pts	K	n	R2
Caisson (tout scotché)	25	1.98 (1.908-2.060)	0.605 (0.596-0.614)	0.998
(1) Pourtour 0, fente F	28	23.14 (22.33-23.96)	0.509 (0.499-0.519)	0.998
(2) Fente 1 cm 0, pourtour F	11	28.81 (27.78-29.80)	0.501 (0.494-0.508)	0.998
Fente 1 cm 0, pourtour 0	9	40.06 (37.55-42.75)	0.542 (0.519-0.564)	0.995
Fente 2 cm 0, pourtour F	17	72.47 (70.28-74.72)	0.457 (0.447-0.466)	0.992
Fente 2 cm 0, pourtour 0	18	88.81 (83.42-94.55)	0.502 (0.485-0.520)	0.996

0 = ouvert F = fermé

(1) liaison du battant avec les montants et la traverse

(2) hauteur de l'espace sous-porte

Une des premières remarques concerne la précision des mesures ; on obtient, en effet, dans un cas une valeur de n en dessous de 0.5, ce qui va à l'encontre des connaissances acquises en mécanique des fluides. La représentation de l'écoulement dans une fente en régime laminaire est donnée par une loi de type  $Q = K \Delta P$ , et en régime turbulent par une loi de type  $Q = K \sqrt{\Delta P}$ . Entre ces deux régimes, on admet généralement une loi puissance  $Q = K \Delta P^n$  comme représentation suffisante de la loi d'écoulement dans les fentes et les fissures. L'intervalle de confiance associé aux valeurs de K donne une précision au moins égale à 6 %.

La deuxième remarque concerne l'étanchéité du caisson lui-même, de l'ordre de 2 m<sup>3</sup>/h sous 1 Pa, ce qui, compte tenu des débits observés dans les autres configurations constitue une erreur inférieure à 10 %.

Les essais effectués nous permettent de conclure que l'on se situe toujours en régime turbulent (n = 0.5). Par conséquent on pourra représenter la perméabilité de la porte en site réel par un trou de diamètre à déterminer, de telle sorte que le débit engendré par les deux ouvertures, pour un P donné, soit identique.

**Remarque** : cette approche suffit ici car les détalonnements des portes dans le logement sont suffisamment grands et il en résulte des écoulements turbulents.



## IV.2 - Caractéristiques des trous

Des trous de diamètre intérieur 76, 96, 106, 118 et 154 mm ont été testés sur le même banc de mesure que précédemment. Le régime turbulent est confirmé par une valeur de l'exposant  $n$  proche de 0.5. Les coefficients obtenus sont donnés ci-dessous.

Résultats des essais de trous

Essai	Pts	K (m <sup>3</sup> /h)	n	R2
Trou de diamètre 76 mm	18	19.55 (18.61-20.49)	0.482 (0.470-0.494)	0.997
Trou de diamètre 96 mm	20	28.80 (27.89-29.70)	0.484 (0.471-0.489)	0.997
Trou de diamètre 106 mm	22	31.25 (29.55-32.93)	0.492 (0.477-0.508)	0.996
Trou de diamètre 118 mm	14	38.86 (36.63-41.22)	0.499 (0.481-0.517)	0.996
Trou de diamètre 154 mm	13	62.60 (58.74-66.72)	0.494 (0.471-0.518)	0.995

La variation de  $K$  avec la section du trou (figure 2) page ..., montre une relation linéaire, de pente 0.306 (m<sup>3</sup>/h cm<sup>2</sup>) soit, avec le changement d'unité, 0.847 m/s ; l'intersection avec l'axe des ordonnées peut s'interpréter comme un débit parasite, égal à 5.53 m<sup>3</sup>/h, ce qui est une valeur beaucoup plus grande que celle que l'on pourrait attendre comparée au test d'étanchéité du caisson. Cet écart provient du fait que la relation qui lie le débit à la section n'est plus linéaire pour les faibles sections, la nature de l'écoulement n'est plus la même.

Nous nous bornerons ici à calculer la surface des trous correspondant à nos portes à partir de la corrélation ( $K, S$ ) puisque les détalonnements de porte engendrent des écoulements turbulents similaires. Le calcul du diamètre s'en déduit aisément, soit pour une porte avec un détalonnage de 1 cm un trou équivalent de 98 mm de diamètre, et pour un détalonnage de 2 cm, un trou équivalent de 143 mm de diamètre. Pour des questions de disponibilité de matériel, nous avons dû utiliser des diamètres 106 et 154 intérieur, ce qui donne les lois d'écoulement représentées par les figures 3 et 4.

VARIATION DE K AVEC S

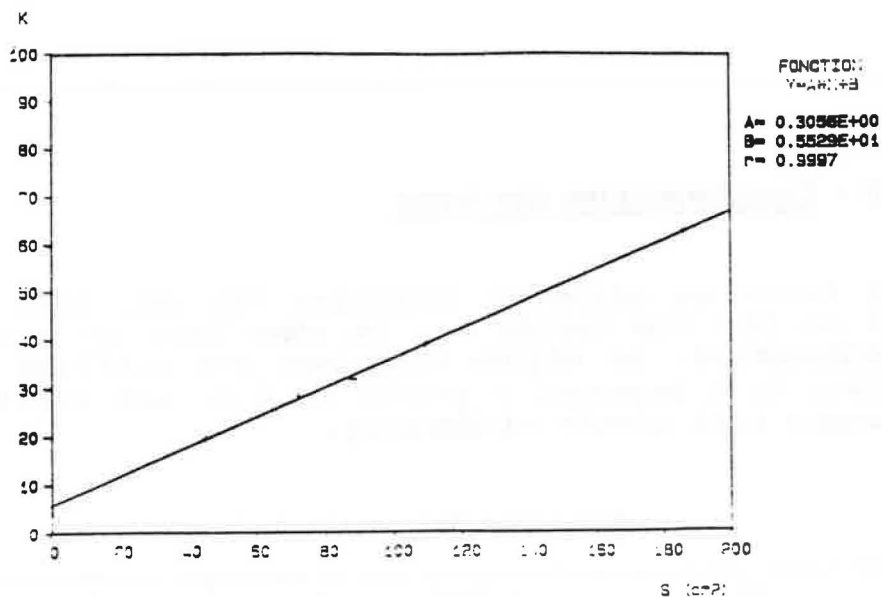


Figure 2

Fente de 1 cm et trou de 10,6 cm de Ø

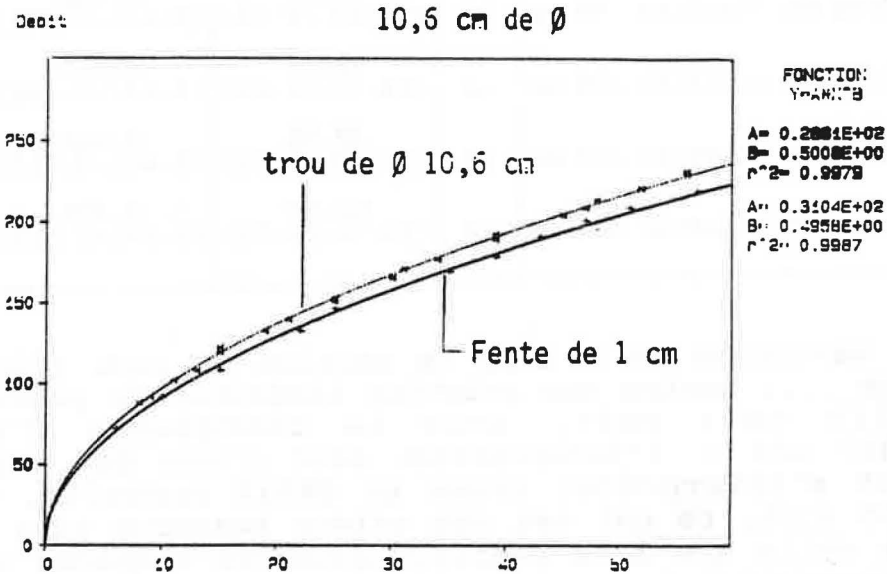


Figure 3

Fente de 2 cm et trou de 15,4 cm de Ø

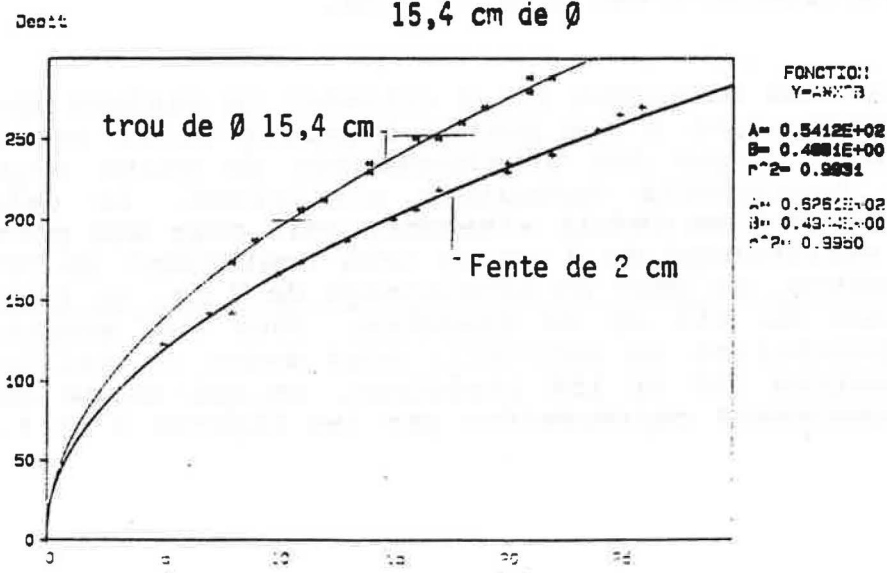
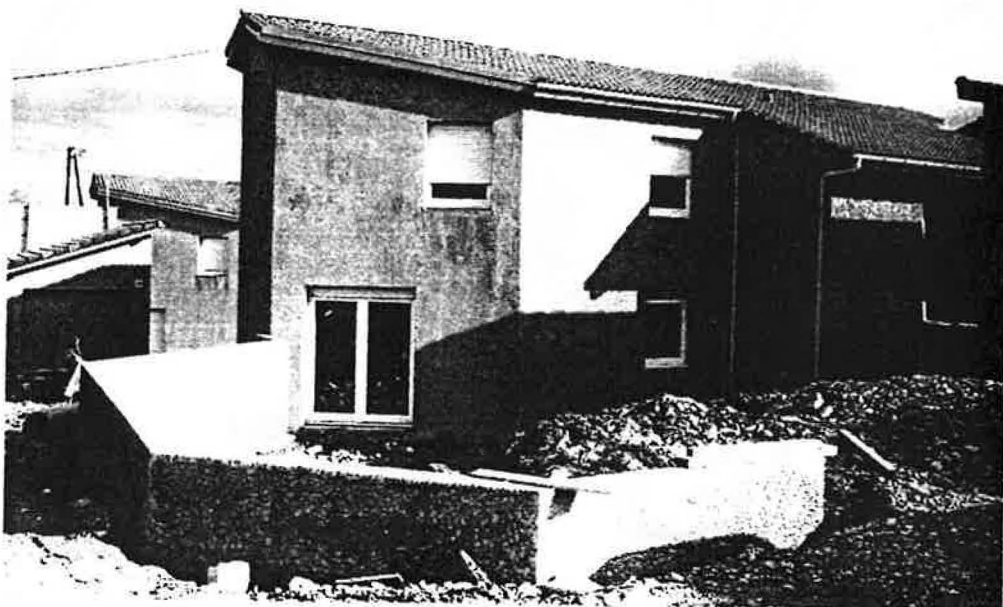


Figure 4

## V - CARACTERISTIQUES DU LOGEMENT SUPPORT D'ESSAIS

### V.1 - Caractéristiques générales

Les essais ont été effectués sur un logement individuel situé sur la commune de l'Isle d'Abeau (38). Ce logement a été mis à notre disposition pendant environ un mois pour les essais. Quelques photos présentent cette opération.



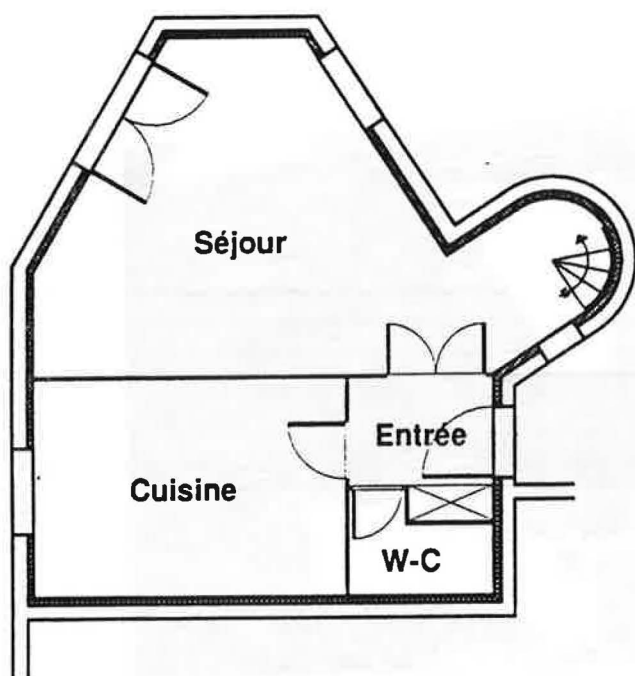
Certaines finitions intérieures (peinture, tapisserie, équipements sanitaires, etc ...) n'étaient pas terminées lors des tests.

Le logement comporte quatre pièces principales réparties sur deux étages reliés par un escalier hélicoïdal partant du séjour pour aboutir dans le dégagement.

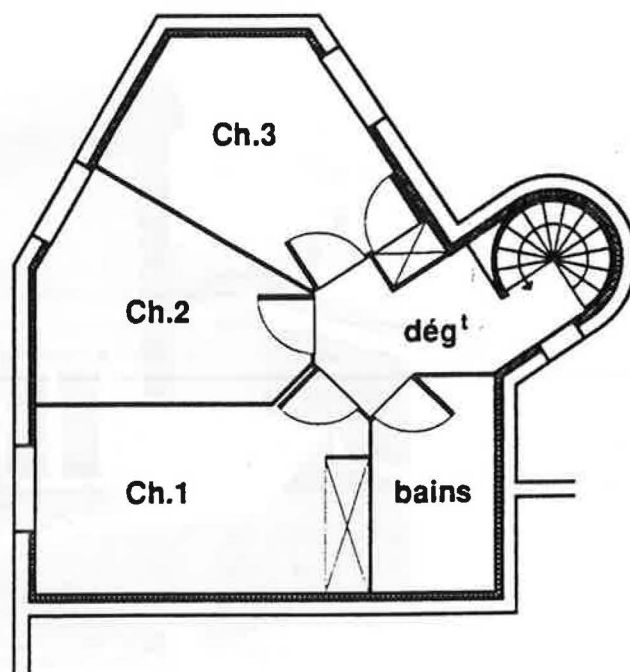
La ventilation est assurée par un système de Ventilation Mécanique Contrôlée : l'air est extrait dans les pièces de service - 3/5 dans la cuisine et 1/5 dans la salle de bains et les toilettes. Quatre cinquième de l'air est donc extrait au rez-de-chaussée où se trouvent la cuisine et les toilettes. Ainsi, une partie de l'air vicié des chambres transite par le séjour avant d'être extrait dans les pièces de service. Les effets liés au tirage thermique sont opposés aux effets induits par la V.M.C. et par la répartition des pièces de service sur les deux niveaux. Les pièces de vie sont équipées de bouches d'entrée d'air situées en partie hautes des fenêtres. Les fermetures sont des volets roulants. Le chauffage est électrique. Cette maison peut être considérée comme représentative des constructions actuelles en individuel si l'on excepte toutefois qu'une partie de l'air provenant des chambres doit transiter par le séjour avant d'être évacué en cuisine et/ou wc.

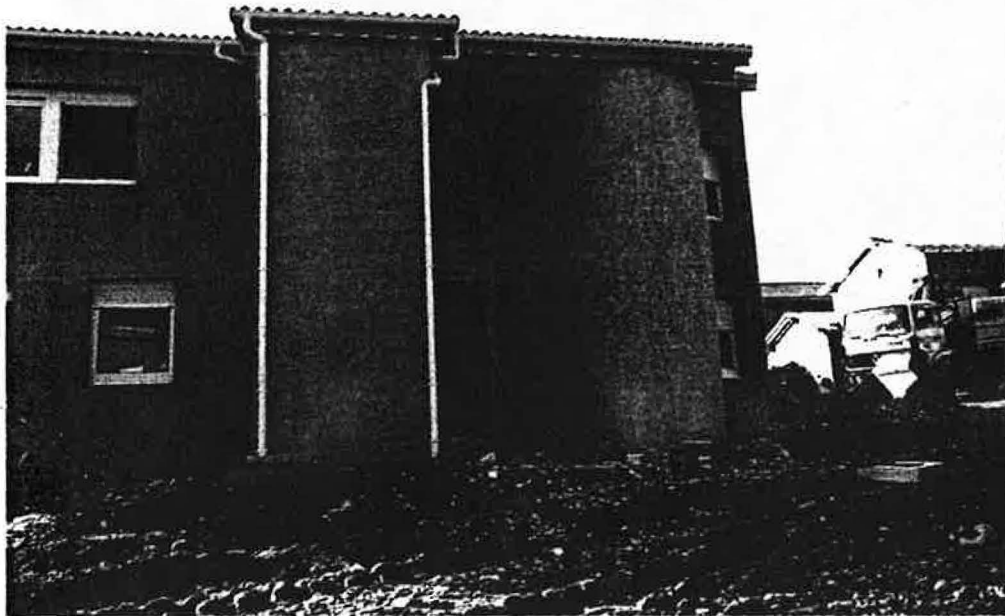
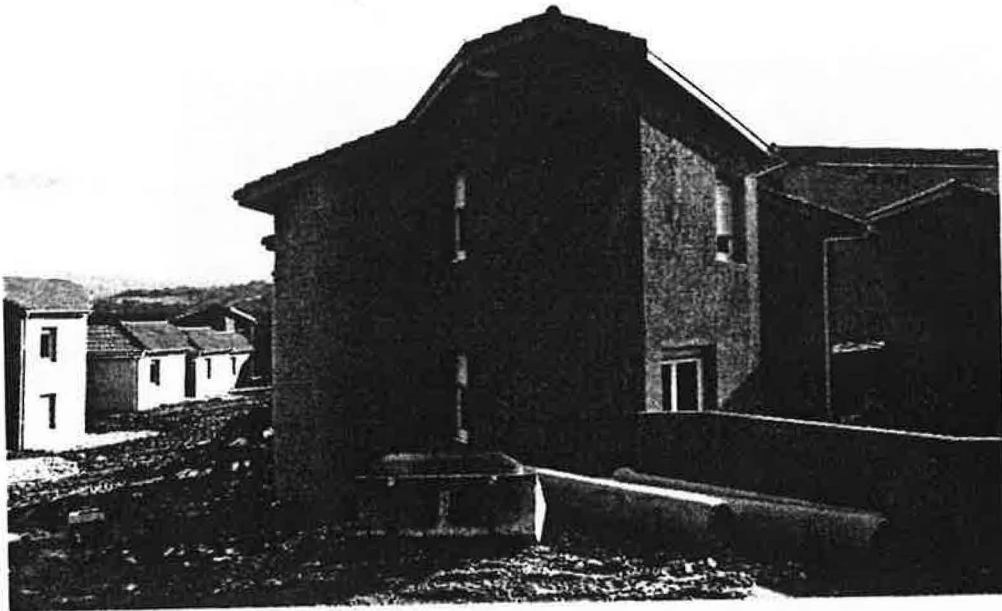
Le plan du pavillon testé figure ci-après.

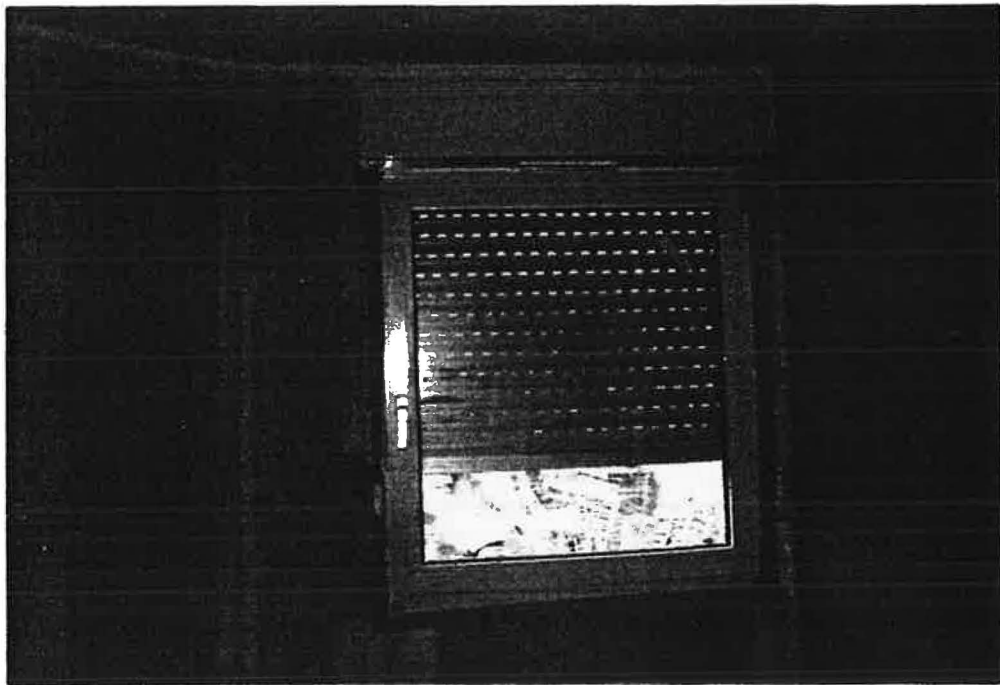
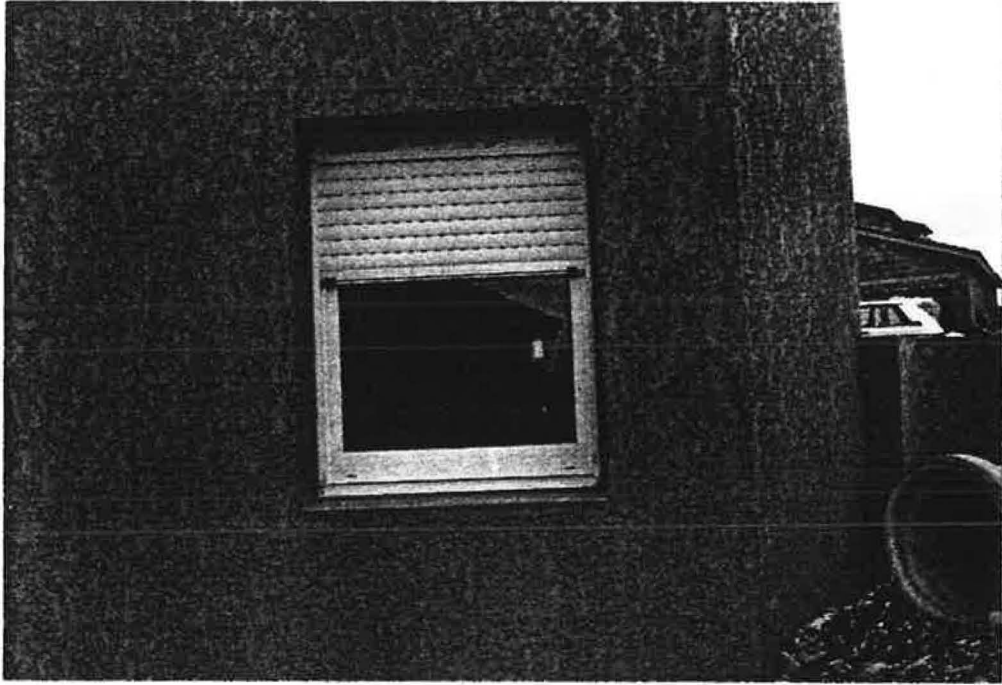
REZ DE CHAUSSEE



ETAGE







## V.2 - Perméabilité de l'enveloppe et des parois intérieures

Il était particulièrement important de localiser et caractériser les débits d'air parasites du logement étudié afin de connaître les chemins privilégiés de passage de l'air neuf.

### V.2.1 - Procédure d'évaluation des débits d'air parasites

Nous avons procédé à un ensemble de tests de mise en dépression du logement, ou d'une pièce du logement. La démarche est celle classique adoptée par le CETE de LYON et le CSTB. La porte du logement ou d'une pièce est remplacée par une porte étanche placée en feuillure, équipée d'un système d'extraction (ventilateur) et d'un appareillage de mesure pour les débits extraits et la différence de pression intérieur, extérieur. Une loi de type puissance  $Q = K \Delta P^n$  est établie statistiquement à partir de ces mesures.

Les précautions d'usage de cette méthode de mesure ont le plus possible été respectées :

- on s'assure que le champ de pression extérieur est homogène en réalisant les mesures pour une vitesse de vent < 2 m/s environ. Le vent a un rôle perturbateur à la fois au niveau du dispositif de mesure, et, au niveau du débit transitant par le logement ;
- on s'assure que le champ de pression intérieur est homogène en veillant à ouvrir toutes les portes intérieures du logement, le système de ventilation mécanique étant à l'arrêt. De plus, les effets liés au tirage thermique sont limités en réalisant les tests en l'absence de chauffage. Les écarts de température haut - bas mesurés ponctuellement peuvent atteindre néanmoins 2°C.

Malgré tout, les contraintes de temps et d'espace liés à la période de test, à la géographie du lieu, nous empêchent de garantir totalement ces conditions d'essai, plus contraignantes qu'elles n'y paraissent.

Lors des essais, les bouches d'extraction sont bien sûr obturées, et on procède par colmatage puis décolmatage de certains défauts d'étanchéité localisés. Lorsque tous les défauts localisés sont colmatés, on mesure la perméabilité résiduelle du logement. En général, les essais réalisés visent à caractériser la perméabilité du logement ou de la pièce :

- en l'état,
- bouches de ventilation colmatés,
- coffres de volets roulants et bouches de ventilation colmatés,
- coffres de volets roulants et liaisons ouvrant-dormant des fenêtres et portes colmatés,
- tous défauts colmatés (liaisons murs - plancher, prises électriques, etc...).

### V.2.2 - Perméabilité globale du logement étudié

Le tableau ci-dessous donne la perméabilité parasite (bouches colmatées) du logement et de chaque pièce établie à partir des mesures :

Zone	Log.	Séjour	Ch.1	Ch.2	Ch.3	Cuis.	Hall	WC	SdB
Volume m3	217.90	91.60	26.00	23.00	23.00	30.00	6.00	6.00	12.30
K m3/h	60.29	23.29	6.80	8.04	7.44	5.18	13.85	5.73	10.25
K/V Vol/h	0.28	0.25	0.26	0.35	0.32	0.17	2.31	0.96	0.83

K/Vh : perméabilité sous 1 Pa rapportée au volume habitable

Ces valeurs appellent plusieurs remarques :

- Le taux de fuite du logement, 0,28 vol/h est proche de la moyenne obtenue sur un échantillon de 54 logements individuels neufs, expérimentés par le CETE de LYON.



Le tableau ci-dessous rappelle ces valeurs :

Type de construction	Structure lourde isol. extérieure		Structure lourde isol. intérieure		Structure légère	Ossature bois (2)
Type de logement	individuel	collectif	individuel	collectif	individuel	individuel
Valeur moyenne (1)	0,25	0,11	0,36	0,17	0,39	0,74
écart-type	0,08	0,10	0,12	0,15	0,18	0,38
taille de l'échantillon	6	20	54	21	15	19

- (1) Taux de fuite en  $\text{Volume.h}^{-1}$ , soit la perméabilité à l'air sous 1 Pa rapportée au volume habitable du local testé
- (2) Résultats intégrant quelques opérations particulièrement médiocres.

- On observe une forte disparité des valeurs de perméabilité par pièce. Si les chambres, la cuisine et le séjour ont un taux de fuite similaire à celui du logement global, des pièces de petit volume comme l'entrée, la salle de bains ou les toilettes s'avèrent beaucoup plus perméables.

Comme nous l'avons déjà signalé, le logement était partiellement équipé au moment de nos essais, et nos efforts pour repérer et obturer les passages ouverts de canalisation se sont révélés insuffisants. Cette forte perméabilité est susceptible d'introduire des cheminements non habituels de l'air dans un logement, et pourra conduire à un court-circuitage ou une sous-ventilation de certaines pièces.

### V.2.3 - Caractérisation des infiltrations

Les figures 5 à 12 ci-après regroupent les résultats des essais pour le logement et les différentes pièces.

L'évaluation quantitative des débits d'air transitant par chaque défaut localisé des parois extérieures et intérieures est très délicate à effectuer. La méthode la plus raisonnable consiste à tester chaque élément de façon isolée, en appliquant un "caisson" ou l'équivalent sur la fuite à évaluer. A notre connaissance, il n'existait pas de méthodologie précise pour ce faire au moment des essais, d'autant que certaines fuites linéaires comme la jonction des cloisons intérieures et du pancher sont difficiles à isoler.

Nous avons dû procéder autrement par évaluation successive des débits engendrés avec ou sans la fuite considérée.

Nos essais permettent d'évaluer la loi puissance du local sans le défaut à caractériser, puis avec celui-ci on a donc deux lois :

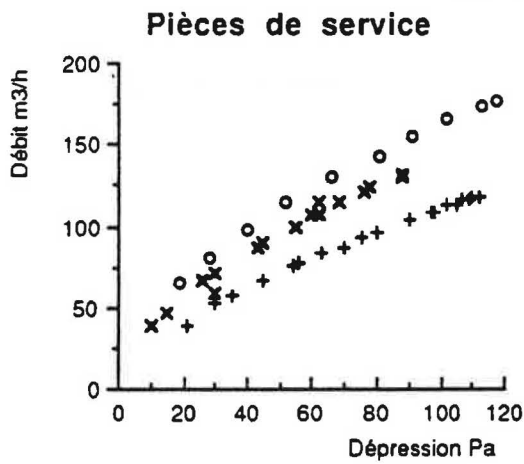
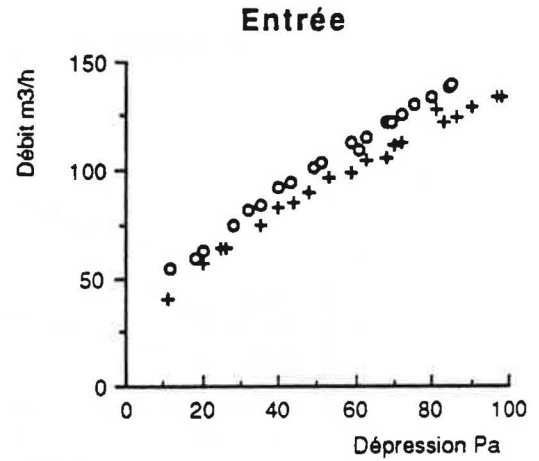
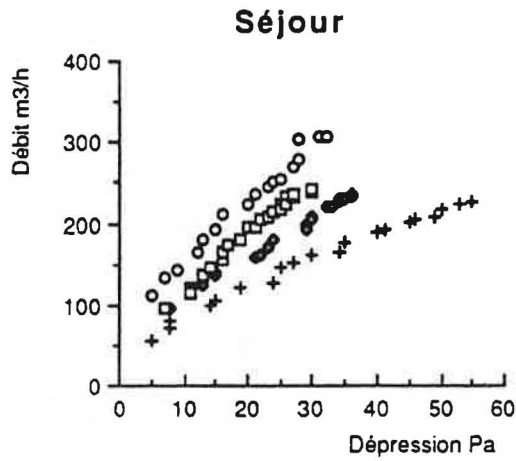
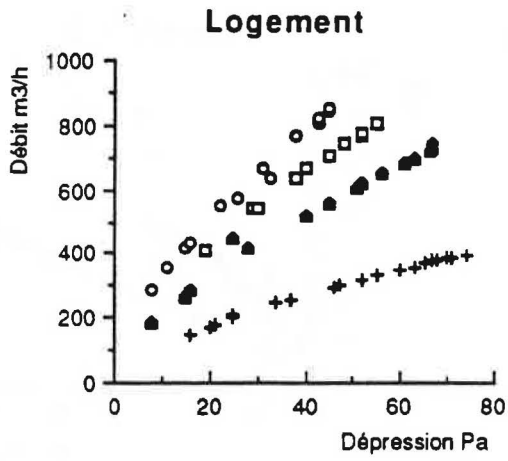
- avec  $Q = K_1 \Delta P^{n1}$
- sans  $Q = K_2 \Delta P^{n2}$

Une première méthode consiste, à soustraire les débits  $Q_1$  et  $Q_2$  pour un même  $\Delta P$  et déterminer la loi puissance associée au défaut étudié sous l'hypothèse que la loi de comportement aéraulique est de type loi puissance.

Malheureusement, les mesures permettent rarement d'opérer pour des  $\Delta P$  établis à l'avance comme il le faudrait sauf à allonger considérablement le temps de l'expérimentation ; le variateur du ventilateur est trop peu sensible.

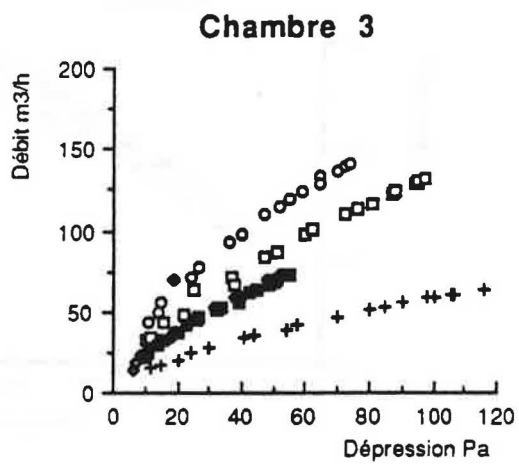
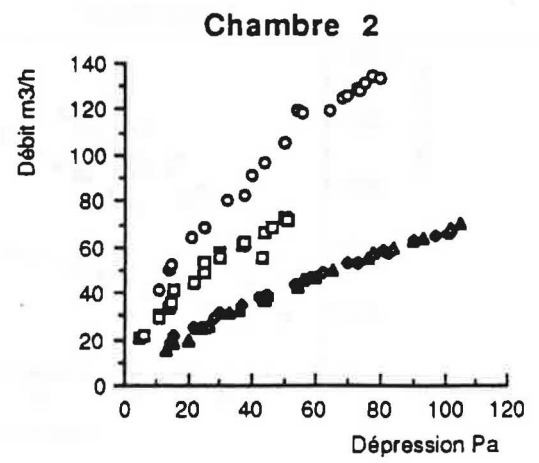
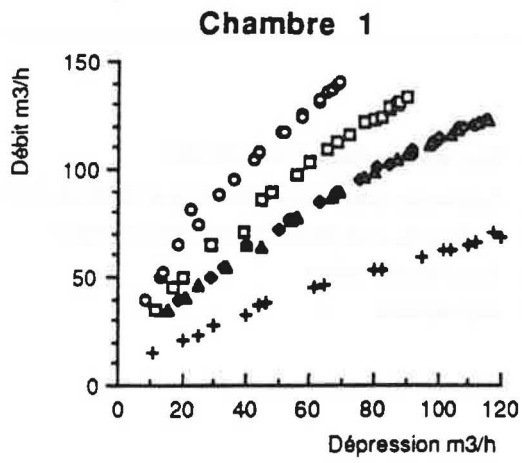
On peut supposer connues les deux lois puissance et calculer un ensemble de points  $(Q, \Delta P)$ , pour des  $\Delta P$  données, par :

$$Q = K_1 \Delta P^{n1} - K_2 \Delta P^{n2}$$



Perméabilité globale et par pièce du logement testé

Figures 5 à 8



Perméabilité globale et par pièce du logement testé

figures 9 à 12

La caractérisation du composant est alors donnée par le résultat  $(K, n)$  de la régression logarithmique. Mise en oeuvre sur les mesures réalisées pièce par pièce, cette méthode conduit parfois à des valeurs incohérentes. Nous donnons ci-après les résultats du LASH

Elément		Séjour	Ch.1	Ch.2	Ch.3	Cuis.	Entrée	WC	SdB
Paroi	k n	22.30 0.58	2.93 0.66	2.49 0.66	3.32 0.62	2.71 0.62	11.10 0.54	5.73 0.66	9.70 0.58
Bouche	k n		3.37 0.50		2.08 0.64				
Coffre	k n		0.98 0.74			2.62 0.62			
Fenêtre	k n	4.92 0.66							
Prise	k n		0.18 0.58		0.51 0.58				

Tableau 3 : Lois de comportement selon la méthode 2

Compte tenu de la précision des mesures, nous nous sommes contentés d'une évaluation approximative du débit transitant par le composant sous un  $P$  de référence. La valeur de 1 Pa est peu probable dans un logement équipé d'une VMC, on lui a donc préféré la valeur de 10 Pa :  $Q^{10}$ .

Finalement, l'élément étudié est caractérisé par son débit de fuite sous 10 Pa :

$$Q^{10} = Q^1 - Q_2^{10} = k_1 10^{n1} - K_2 10^{n2}$$

Un des gros inconvénient de cette méthode réside dans la possibilité de croisement des deux courbes comme l'explique la figure 5 ci-après, ce qui conduit à des aberrations.

La loi puissance est, en effet, une loi moyenne caractérisant l'écoulement, l'exposant  $n$  varie en toute rigueur en fonction du type d'écoulement, se rapprochant de 1 (écoulement laminaire) lorsque les débits sont faibles, et de 0,5 à forts débits (écoulement turbulent). On pourra se référer à ce sujet à une étude expérimentale [1] et théorique [2].

### SEJOUR - ESSAIS 4 ET 5

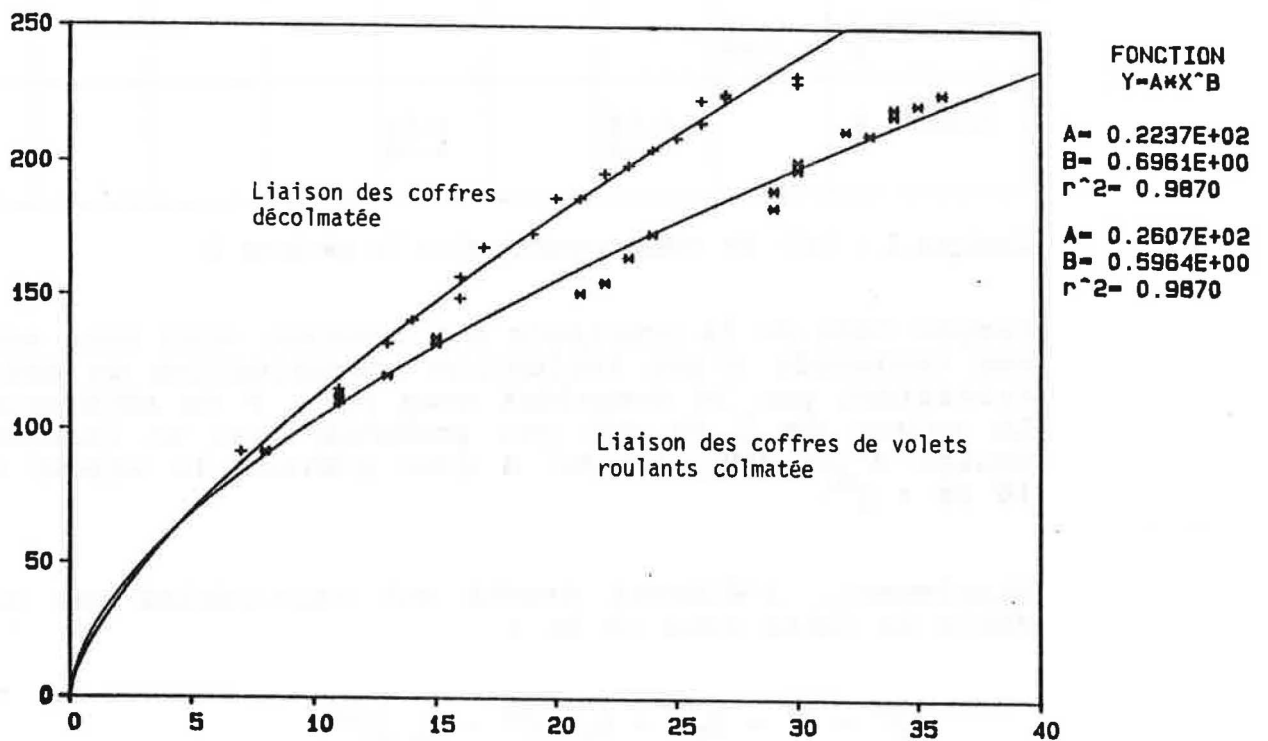


FIGURE 13

- (1) J.P. GIBERT/V. RICHELET  
Etude de l'écoulement à travers les défauts d'étanchéité du bâtiment.  
Extrapolation des mesures aux petits débits.
- (2) A. GADILHE  
Comportement aéraulique des enveloppes de bâtiment.

L'objet de la recherche effectuée ici étant d'évaluer "qualitativement" les chemins privilégiés de l'air, cette dernière méthode suffit, en déterminant les principales fuites situées en façades.

	Séjour esca- lier	Ch.1	Ch.2	Ch.3	Entrée	Cuis.	SdB	WC	logt
Tout colmaté	81.00	13.40	7.50	13.90	38.60	11.40	38.60	25.00	112.60
Ouvrants	21.90	0	2.20	0	(2.20) (porte)	0	-	-	53.50
Volets roulants	8.20	5.40	14.50	8.30	-	10.50	-	-	52.10
Liaison pl doublage extérieur	-	1.10	0.70	5.90	-	-	-	-	49.60
Prises électri- ques	-	0.30	3,20	2.00	-	-	-	-	-
Entrées d'air	25.40	12.10	11,20	10.00	-	-	-	-	60.00

Tableau 4 : Perméabilité sous 10 Pa des principaux défauts localisés.

**Remarque :**

Les valeurs du tableau 3 appliquées à 1  $\Delta P = 10$  Pa donnent sensiblement les mêmes valeurs que celles proposées au tableau 4.

On constate une forte influence des coffres de volets roulants, en particulier dans la chambre 2. Ceci correspond effectivement à la qualité de fabrication et de mise en oeuvre de ces coffres qui nous est apparu très médiocre, alors que les ouvrants sont très étanches. Le test réalisé pour les ouvrants du logement global est vraisemblablement à rejeter, la valeur étant beaucoup plus forte que ce que laisse présager les tests pièce par pièce et l'observation in-situ.

Il apparaît, également, suite à cette analyse que la totalité de la perméabilité parasite n'est pas expliquée, en attestent les forts débits obtenus dans certaines pièces quand toutes les fuites décelées sont colmatées notamment en wc, salle de bains et entrée. Une indétermination demeure à ce niveau sur l'origine de cet air parasite : extérieur ou intérieur ?

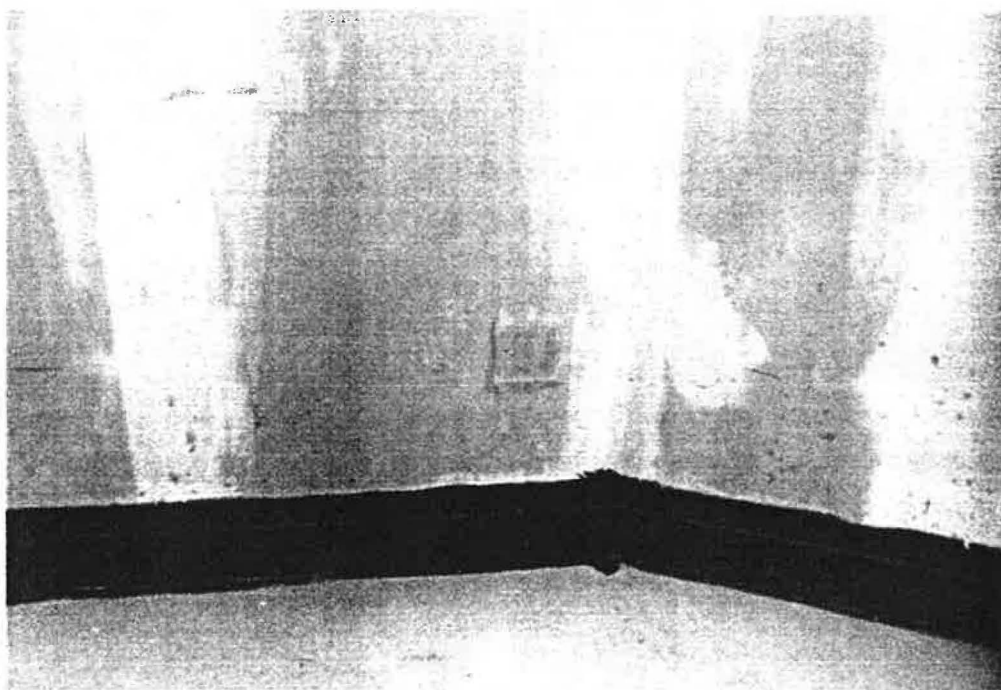
Une dernière méthode, basée sur l'identification des paramètres d'un système d'équations non linéaires par une méthode globale est appliquée dans [ 3 ]:

Paroi	n	k
<b><u>Parois verticales extérieures</u></b>		
Séjour - extérieur	0.62	13.75
Cuisine - extérieur	0.50	0.50
Toilettes - extérieur	0.70	1.96
Entrée - extérieur	0.52	4.77
Chambre 1 - extérieur	0.69	0.68
Chambre 2 - extérieur	0.50	2.50
Chambre 3 - extérieur	0.57	0.64
Salle de bain - extérieur	0.60	5.36
<b><u>Parois verticales intérieures</u></b>		
Séjour - Cuisine	0.57	0.64
Séjour - Entrée	0.68	1.01
Cuisine - Entrée	0.51	0.88
Cuisine - Toilettes	0.53	3.03
Entrée - Toilettes	0.56	0.14
Chambre 1 - Chambre 2	0.64	0.29
Chambre 2 - Chambre 3	0.70	0.66
Chambre 2 - Séjour	0.60	0.38
Chambre 3 - Séjour	0.57	0.11
Salle de bain - Séjour	0.66	0.58
<b><u>Parois horizontales</u></b>		
Chambre 1 - Cuisine	0.62	0.10
Chambre 2 - Cuisine	0.69	2.28
Chambre 2 - Séjour	0.50	0.26
Chambre 3 - Séjour	0.58	1.06
Salle de bain - Toilettes	0.53	0.96
Salle de bain - Entrée	0.50	7.47

**Tableau 5** : Loi de comportement des parois opaques -  
Méthode de Lau (référence LASH : ...)



**EXEMPLE DE COLMATAGE**



Prises de courant



**Liaison dormant/doublage**

Elle nous aide à lever cette indétermination : en particulier, on constate que le débit de fuite entre la salle de bains et le bas du logement (hall, wc) est très important de même qu'entre la salle de bains et l'extérieur. L'air extrait dans la salle de bains a donc de fortes chances de court-circuiter les trois chambres situées à l'étage, ce qui crée une situation particulière pour ce logement.

### Conclusion :

Les mesures mises en oeuvre mettent en évidence des défauts d'étanchéité importants :

- au niveau des coffres de volets-roulants dans toutes les pièces,
- entre certaines pièces comme la salle de bains et le hall ou la cuisine et le wc (on a signalé en particulier le passage des canalisations).

Mais malheureusement la totalité des fuites n'a pu être localisée et il subsiste une forte perméabilité résiduelle au niveau des parois opaques extérieures notamment du séjour (la cause en est partiellement déterminée au niveau de l'ancrage de l'escalier).

Sans rappeler les contraintes auxquelles nous étions soumis et qui ont dicté le choix de ce logement, nous devons admettre qu'il eut été préférable d'opérer sur un logement rez de jardin et achevé (sauf revêtements).

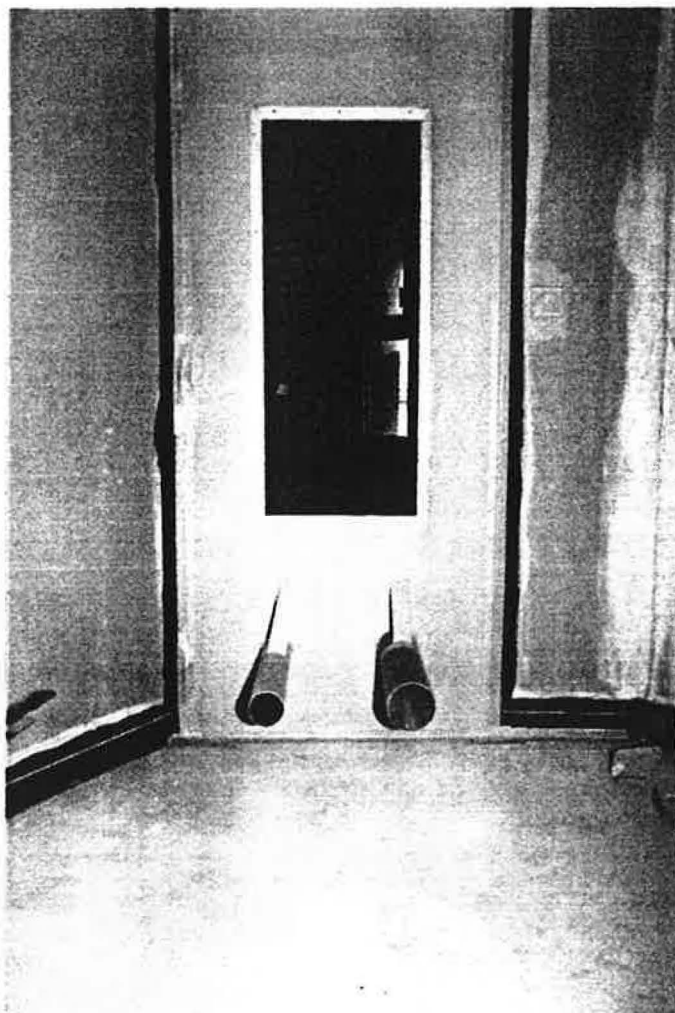
## VI - MESURES DE LA REPARTITION DE L'AIR ENTRE LES PIÈCES

Les mesures de perméabilité à l'air permettent d'obtenir les valeurs des couples débits/dépressions pour le logement et par pièce pour différentes situations.

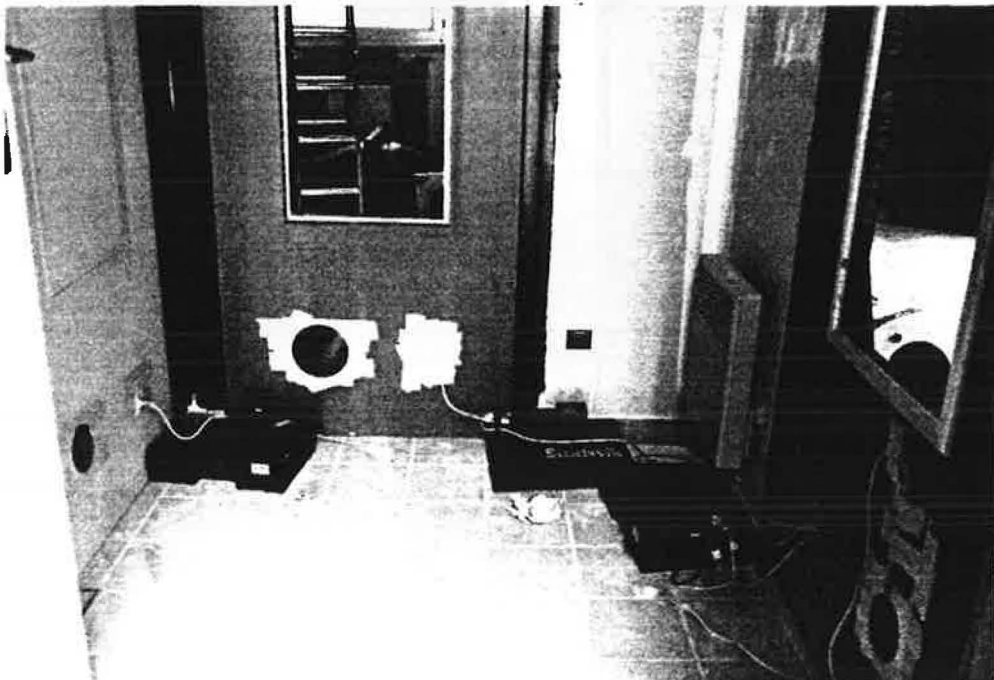
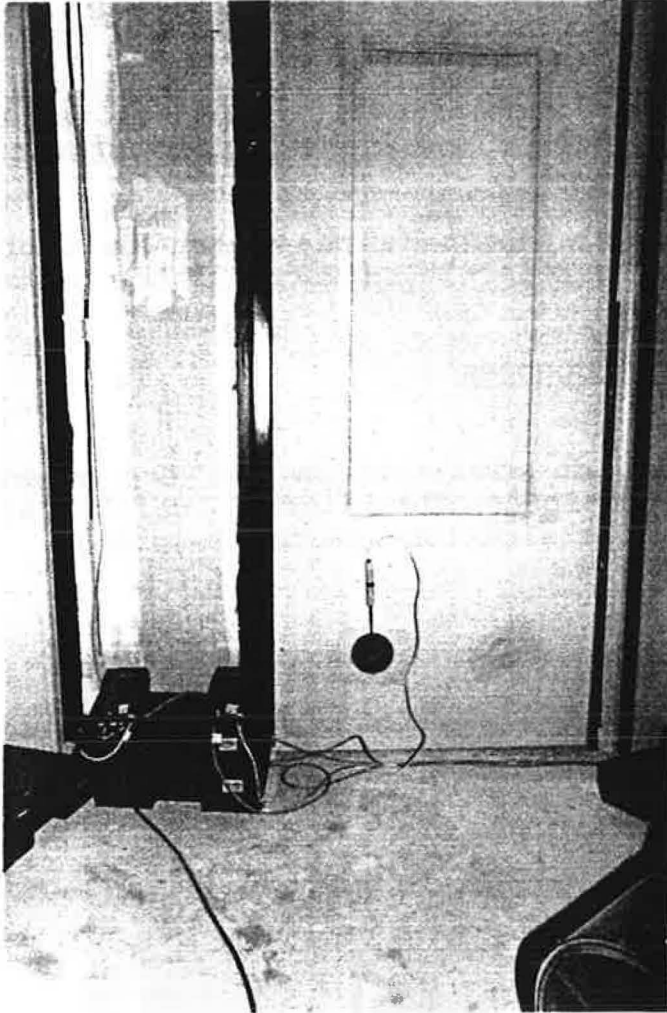
Nous souhaitons maintenant faire varier le débit extrait et mesurer sa répartition entre chaque pièce.

### VI.1 - Acquisition des données

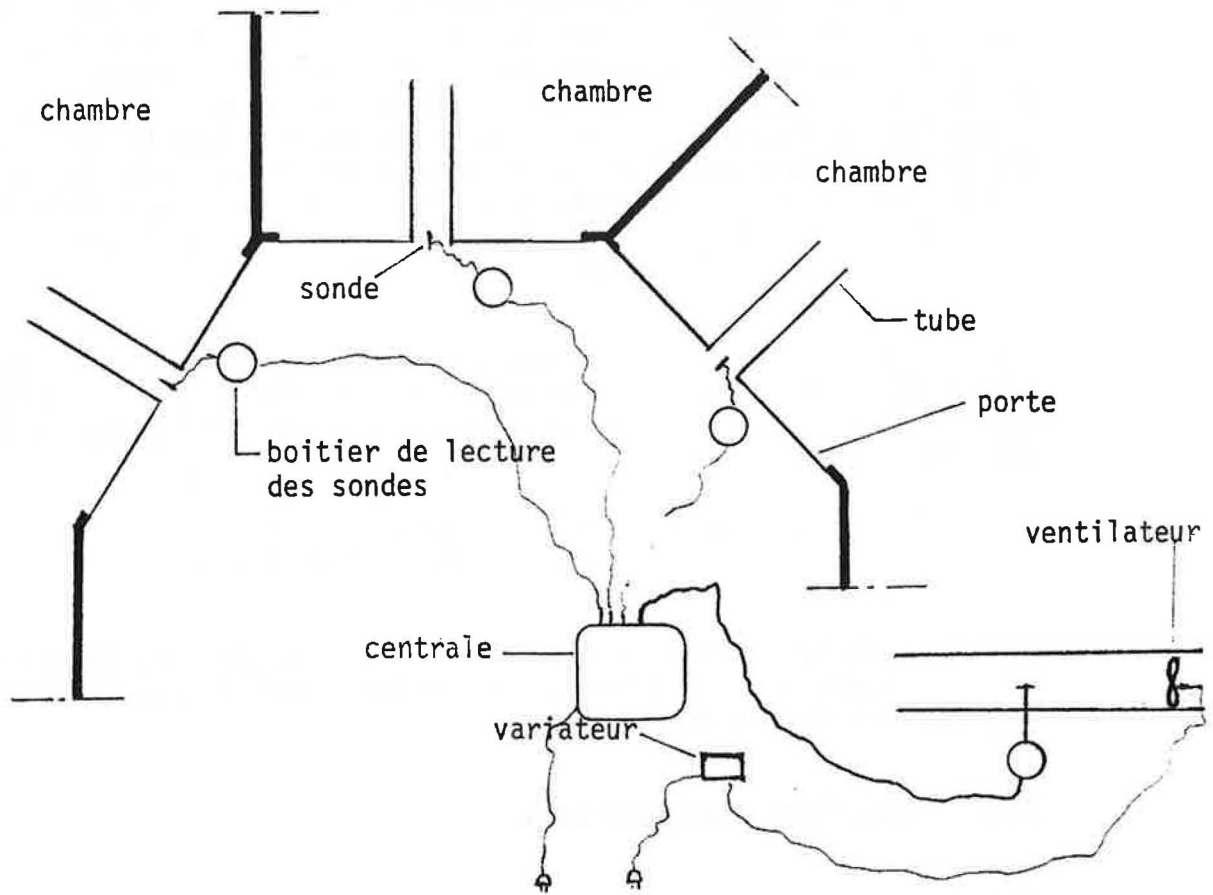
Toutes les portes de distribution ont été remplacées par des portes équipées d'orifice(s) calibré(s) et d'une trappe de communication (photo ci-après).



Sur chacun des orifices, une sonde de vitesse d'air a été montée (photos ci-après).



Chaque sonde est reliée à une centrale d'acquisition de données. Le schéma de principe est illustré ci-après.



## VI.2 - Précision des sondes de vitesse

Notre expérimentation repose sur l'utilisation de sondes anémométriques, placées sur chaque "porte" au centre du trou calibré, et à la sortie de l'extracteur. Compte tenu de la configuration de notre logement, ceci porte le nombre des sondes utilisées à 8. Il nous a donc fallu trouver le meilleur compromis entre le coût de revient des sondes, leur robustesse et leur précision, étant bien entendu que plus les sondes anémométriques sont onéreuses, plus elles sont précises et plus elles sont fragiles.

Notre choix s'est porté sur le thermo-anémomètre à fil chaud de type GGA 26 - Studsvik SA, dont la description est donnée en Annexe. La précision (constructeur) de cet appareil est :

Gamme de vitesse (0- 1 m/s)  $\pm 5$  % P.E.  
(0- 10 m/s)  $\pm 1$  % P.E.

Notre premier souci a été de contrôler la calibration de ce matériel, et plus particulièrement l'homogénéité des sondes entre elles.

### VI.2.1 - Essai en ambiance calme

Les sondes sont placées comme indiqué sur la figure A dans l'ambiance d'un bureau. Le calibre utilisé est 1 m/s, la précision attendue est donc de  $\pm 0.05$  m/s. L'essai réalisé sur 2 minutes est représenté sur la figure 14. On constate qu'après une perturbation initiale (due à une cause extérieure), les valeurs enregistrées sont concordantes, dans la plage de précision des appareils.

Les décalages observés pendant les premières 15 secondes sont dus à la position des sondes les unes par rapport aux autres, ce que l'on retrouve en ambiance perturbée.

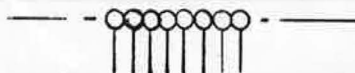
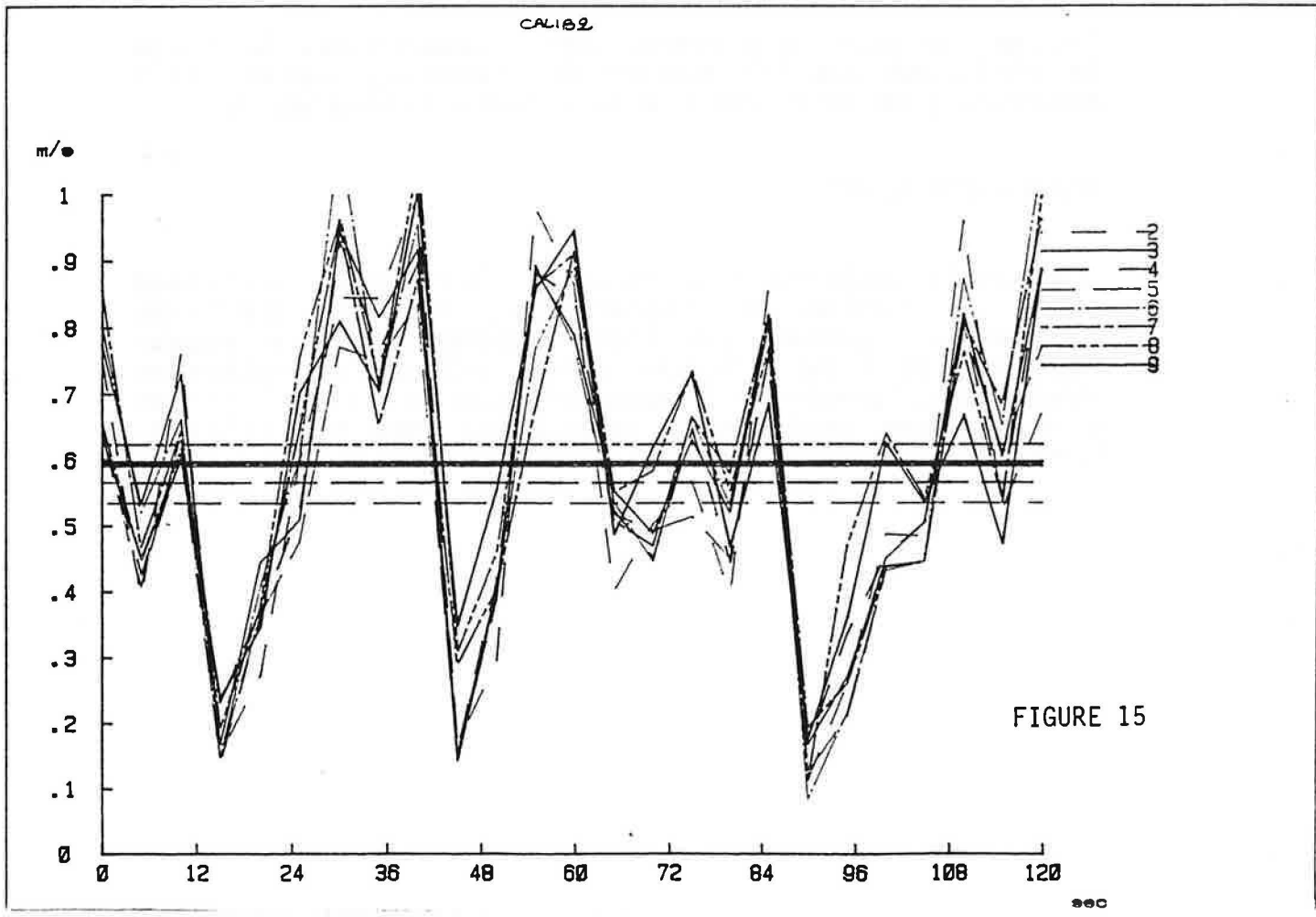
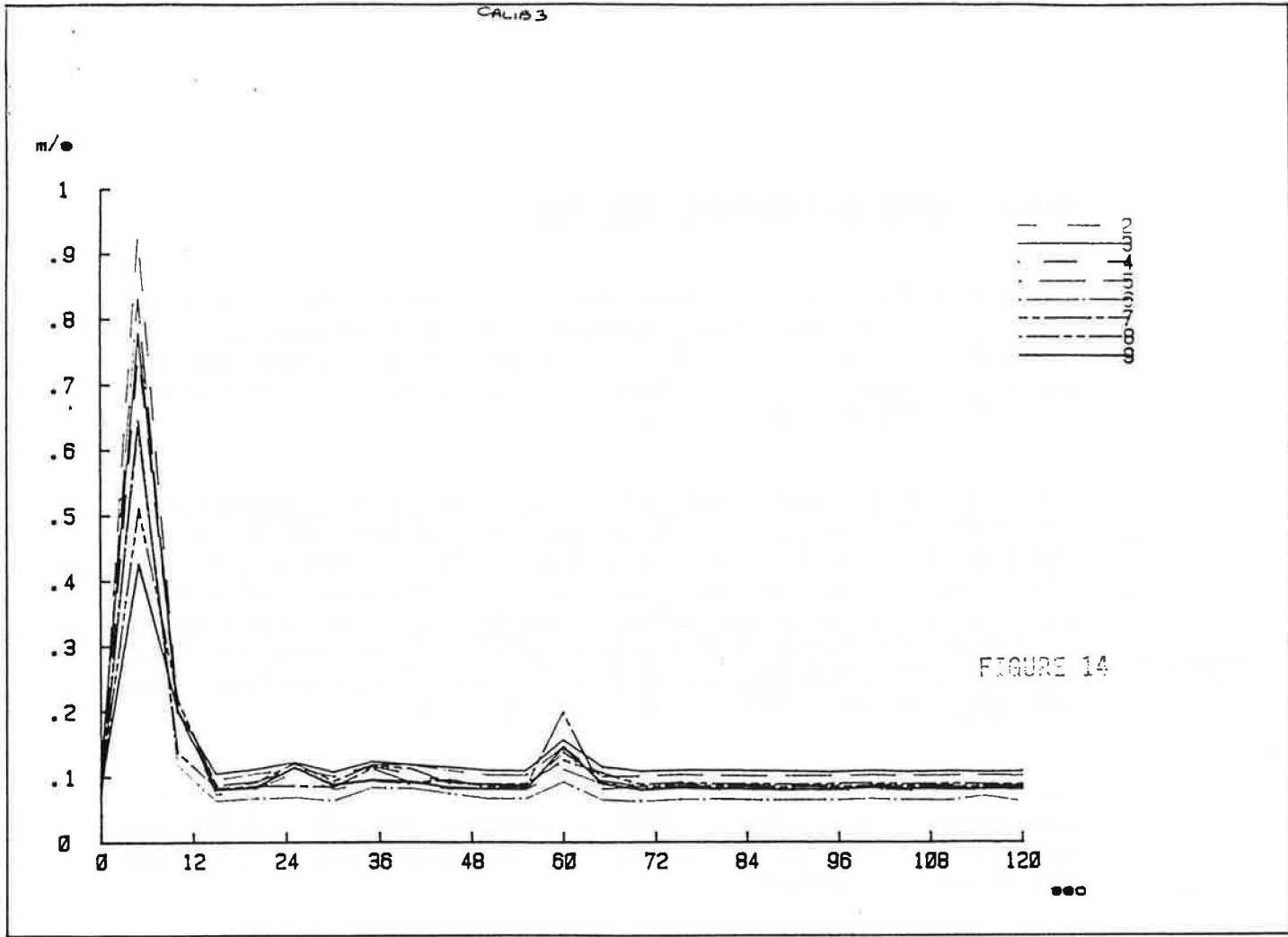


Figure A



### VI.2.2 - Essai en ambiance perturbée

Deux essais ont été réalisés, le premier en disposant les sondes comme précédemment dont les résultats sont donnés sur la figure 15, et le second en disposant les sondes comme sur la figure B et dont les résultats sont donnés sur la figure 16.



Figure B

La figure 15 fait apparaître des écarts relativement importants, parfois supérieures à 0.3 m/s, mais la position des sondes nous appelle à la prudence pour en tirer des conclusions quant à la précision. En effet, la perturbation a été obtenue en plaçant un ventilateur à 3 m de la ligne des sondes, espérant obtenir un flux d'air perpendiculaire à cette ligne. Il est évident que nos espérances n'ont pu être atteintes.

Le deuxième essai présente l'inconvénient d'accroître les pertes de charges pour les sondes situées en fin du canal, ce qui peut provoquer des décalages entre les différentes mesures.

### VI.2.3 - Comparaison avec la sonde anémométrique Bruel et Kjaer

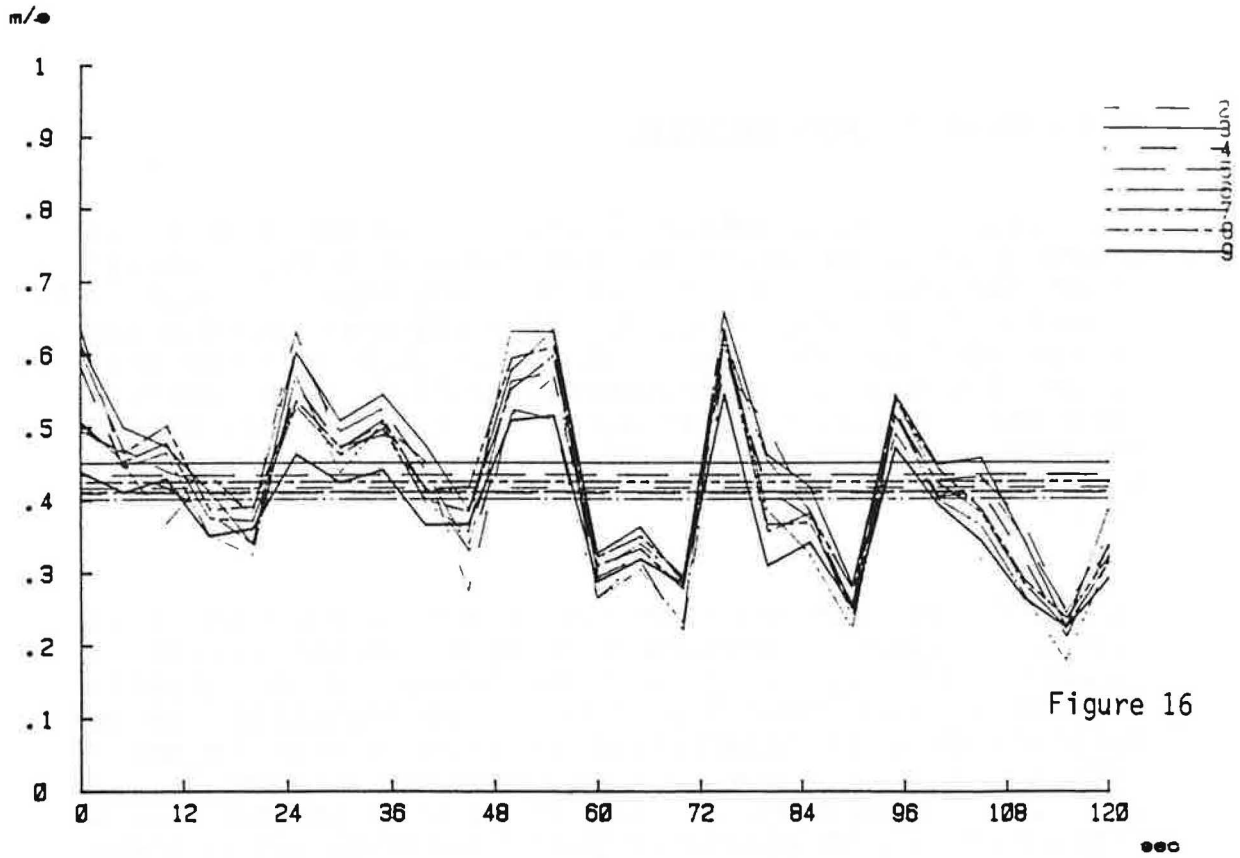
Seules les valeurs moyennes sont comparables, la sonde BK réalisant une intégration des mesures, toutes les 5 secondes ; on constate une très bonne concordance.

### VI.2.4 - Conclusion

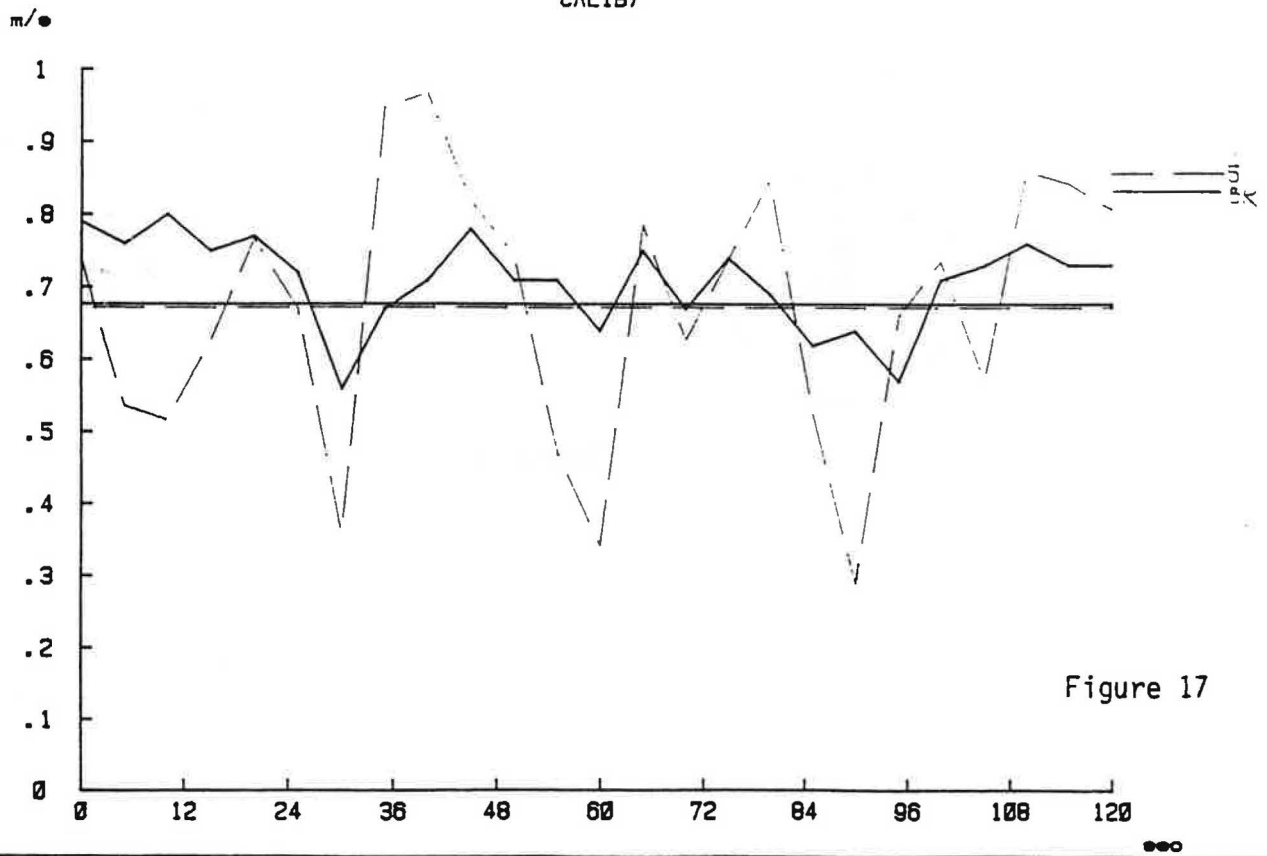
Les essais réalisés démontrent que les sondes utilisées pour les besoins de l'expérience, ont une précision suffisante, pourvu que l'on s'intéresse à la valeur moyenne sur 1 ou 2 minutes. Les valeurs enregistrées avec une fréquence de 5 secondes sont en effet sujettes à de grandes variations, ce qui les rend peu utilisables.



CALIB6



CALIB7



### VI.3 - Etude du profil de vitesse

Nous avons vu au Chapitre III.1.2 que la représentation d'une porte, du point de vue perméabilité, pouvait s'obtenir par un trou de diamètre 106 pour un détalonnement égal à 1 cm, et de diamètre 156 pour un détalonnement de 2 cm. Un tube de diamètre 11,8 cm a par ailleurs été utilisé pour mesurer le débit total extrait dans les combles. Nous étudions ici le profil de vitesse dans ces ouvertures afin d'en déduire le débit transitant par les portes intérieures au cours de nos expériences.

La procédure expérimentale suivie est la suivante : la plaque équipée (ouverture + tube de stabilisation de longueur 80 cm) est placée en fermeture du caisson étanche utilisé pour les tests de perméabilité. De ce caisson, on a la possibilité de faire varier le débit extrait. Pour une position du variateur de ventilateur fixée, on enregistre la vitesse mesurée par une sonde anémométrique, en plusieurs points du trou, comme indiqué sur la figure 18. On obtient ainsi un profil de vitesses moyennes, pour différentes vitesses au centre et pour chacun des diamètres utilisés. Les figures 19 à 21 nous donnent une représentation schématique de ces profils (les valeurs moyennes et leurs écarts-types sont reportés dans le tableau page ...)

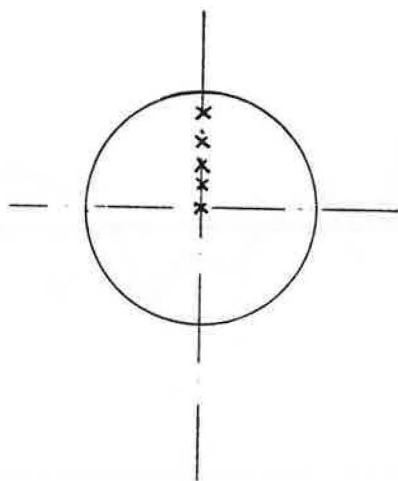
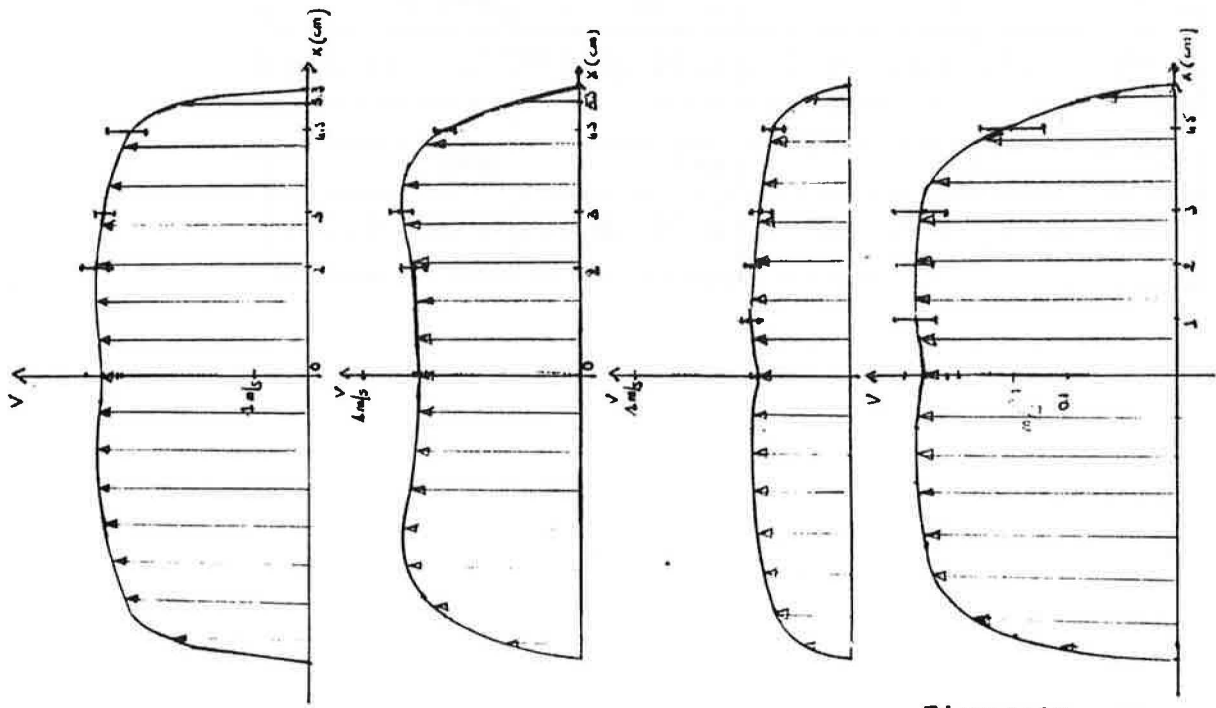
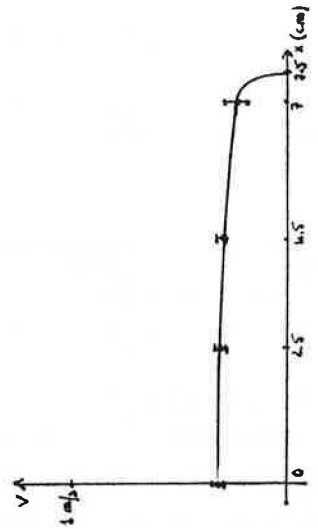
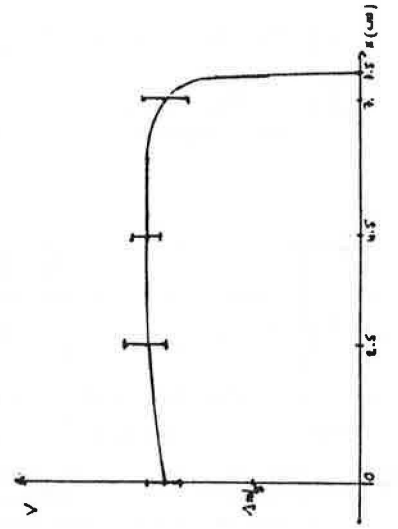
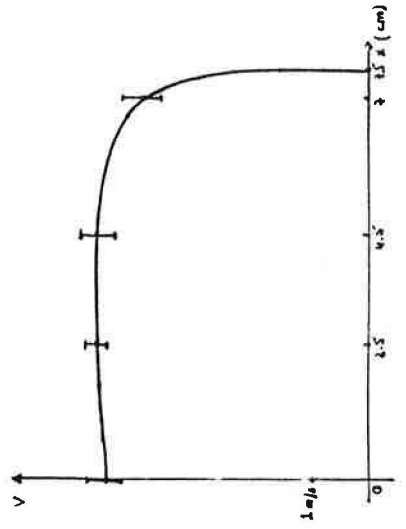
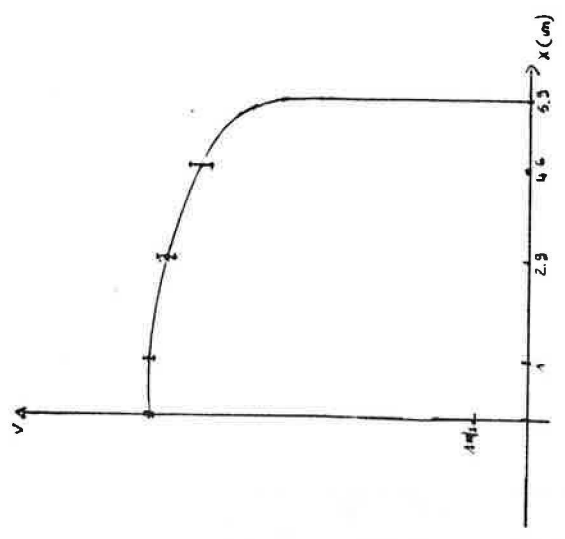


Figure 18

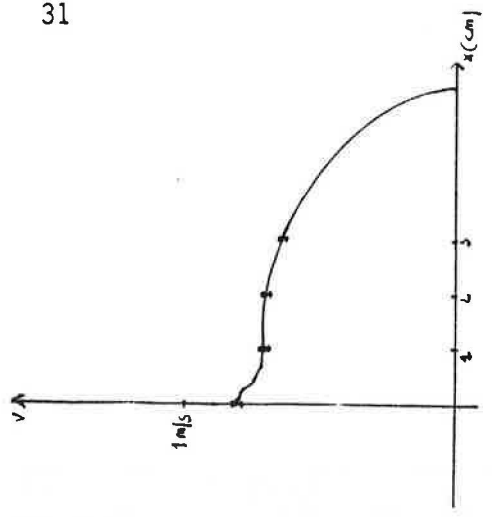
Φ106



Φ118



31



Figures 19 a 21

∅ 150

x=0	x=2.5	x=4.5	x=7 cm
4.87 (0.25)	5.01 (0.20)	4.98 (0.25)	4.15 (0.35)
1.82 (0.16)	2.02 (0.18)	1.98 (0.14)	1.82 (0.20)
0.32 (0.02)	0.31 (0.03)	0.31 (0.03)	0.23 (0.04)

∅ 100

x=0	x=2	x=3	x=4.5
3.81 (0.31)	3.93 (0.24)	3.73 (0.21)	3.34 (0.36)
0.74 (0.03)	0.78 (0.06)	0.83 (0.06)	0.62 (0.06)

x=0	x=1	x=2	x=3	x=4.5
0.23 (0.02)	0.24 (0.02)	0.24 (0.02)	0.23 (0.02)	0.15 (0.03)
0.43 (0.03)	0.47 (0.03)	0.45 (0.03)	0.41 (0.04)	0.37 (0.05)

∅ 118

x=0	x=1	x=2.9	x=4.6
7.03 (0.12)	7.02 (0.09)	6.72 (0.17)	6.14 (0.22)

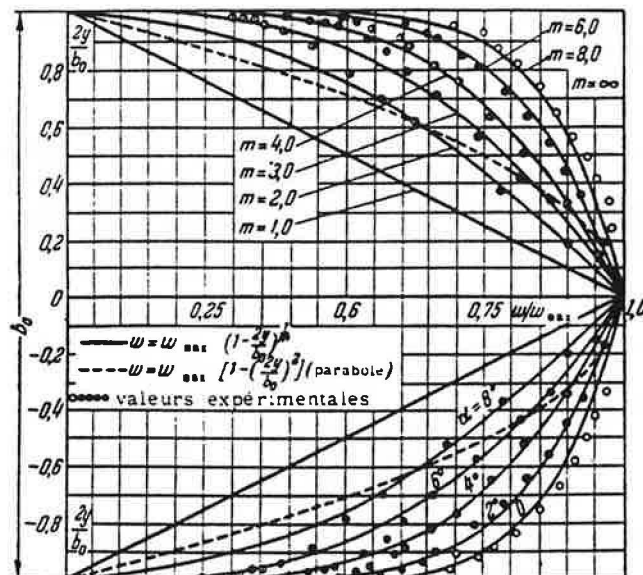
x=0	x=1	x=2	x=3
0.81 (0.03)	0.71 (0.03)	0.70 (0.03)	0.64 (0.04)

Les expériences menées en mécanique des fluides ont montré que dans le cas d'écoulement turbulents, le profil de vitesse dans une conduite cylindrique pouvait se calculer par une équation de type :

$$V/V_{\max} = (1 - x/r_0)^{1/m}$$

où  $v$  est la vitesse mesurée à une distance  $x$  de l'axe,  $r_0$  est le rayon du tube, et  $m$  peut varier de 1 à l'infini.

Selon les valeurs de  $m$ , le profil de vitesse prend la forme suivante :



Lorsque l'écoulement est laminaire (en général au delà de 10 fois le diamètre), le profil devient parabolique :

$$V/V_{\max} = 1 - (x/r_0)^2$$

Ainsi, lorsque l'on observe nos profils expérimentaux, on est amené à faire les remarques suivantes :

- La répartition des vitesses est quasiment uniforme, ce qui nous donne des profils rectangulaires ( $m$  très grand) pour le diamètre 150 quelle que soit la vitesse au centre, et pour le diamètre 106 lorsque la vitesse est suffisamment importante. Le diamètre 106 à vitesse faible (environ 0.2 m/s au centre) et le diamètre 118 (équipé d'une longueur de stabilisation plus grande) présentent un profil plus arrondi ( $m$  plus faible de l'ordre de 8-10). En conséquence, lors de nos essais, il est fort probable que l'on ait toujours un écoulement turbulent dans les tubes avec  $m$  très grand, ce qui signifie que l'on pourra quasiment calculer les débits transitant par la simple relation :

$$Q : V \times S$$

- Pour le diamètre 118 à vitesse faible, nous avons calculé le profil de vitesse dans le trou. La valeur de  $m$  obtenue est de 1.8. L'influence sur le débit est alors importante :

En effet,

$$Q = \int_{-r}^{+r} v \pi x \, dx = 2 \pi V_{\max} \int_0^r (1 - x/r)^{1/m} x \, dx$$

En intégrant par partie, on obtient :

$$Q = \frac{2 \pi m^2 r^2}{(m+1)(1+2m)} V_{\max}$$

quand  $m$  est infini, on retrouve bien  $Q = \pi r^2 V_{\max}$

pour  $m > 1$ , on a toujours  $Q < \pi r^2 V_{\max}$

pour  $m = 2.8$   $Q = 0.48 \pi r^2 V_{\max}$ , soit la moitié du débit calculé par  $Q = V S$  !

- A plusieurs reprises, on observe une vitesse au centre significativement inférieure à celle mesurée à 1 cm de l'axe. Ce fait n'a pas trouvé d'explication en mécanique des fluides, dans le cas de longs tronçons lisses rectilignes et circulaires. La précision de la mesure et le montage expérimental peuvent donc seuls être mis en cause ici.

## Conclusions

Les mesures effectuées ici avaient pour seul objectif, d'approcher le profil de vitesse dans nos ouvertures calibrées, pour une plage de débit susceptible d'apparaître dans nos expérimentations. La procédure expérimentale, ainsi que la précision de la mesure, ne réunissent pas des conditions idéales pour ce faire, mais nous pensons néanmoins pouvoir affirmer que la plupart des écoulements rencontrés seront turbulents (même pour des longueurs de stabilisation très grandes comme dans le cas du diamètre 118), avec une répartition des vitesses majoritairement uniforme. Dans la plupart des cas, nous pourrons donc calculer les débits par la relation  $Q = V S$ . Seul le cas de petites vitesses (de l'ordre de 0.8 m/s) en extraction pourra poser quelques problèmes puisqu'on a vu que le débit pouvait être égal à  $1/2 V S$ .

### VI.4 - Mesure des débits aux bouches

Le débit total extrait sera connu au cours de notre expérimentation au moyen de la vitesse mesurée au centre du tube diamètre 118 placé en avant du bloc extracteur.

La répartition du débit total extrait entre la cuisine, la salle de bains et le WC n'est pas accessible au cours de l'expérience. Afin d'avoir une idée de cette répartition, nous avons effectué, au préalable, une série de mesures de débits aux bouches d'extraction au moyen d'un débitmètre SAM, pour différentes positions du variateur. Parallèlement était relevée dans le conduit général la vitesse d'évacuation de l'air.

Le tableau suivant donne le résultat de ces mesures :

Cuisine (m <sup>3</sup> /h)	W.C. (m <sup>3</sup> /h)	S.d.B. (m <sup>3</sup> /h)	Q 1 (m <sup>3</sup> /h)	Vitesse (m/s)	Q 2 (m <sup>3</sup> /h)
174	51	57	282	7.00	278
162	48	55	265	6.81	270.5
152	46.5	49.5	248	6.25	248.4
131	39	43.5	213.5	5.57	221.3
125	43	45	213	5.47	217.4
122	37	35	194	4.97	197.6
108	31	30	169	4.70	186.9
100	32	30	162	4.33	172
89	28	26	143	3.85	153
80	26	26	132	3.62	144
62	19	19.5	100.5	2.91	115.6
49	14	16	79	2.55	101.4
35	8	10	53	1.95	77.4

Tableau 5 : Loi de comportement des parois opaques -  
Méthode de Lau (référence LASH : ...)

#### VI.4.1 - Calcul du débit extrait

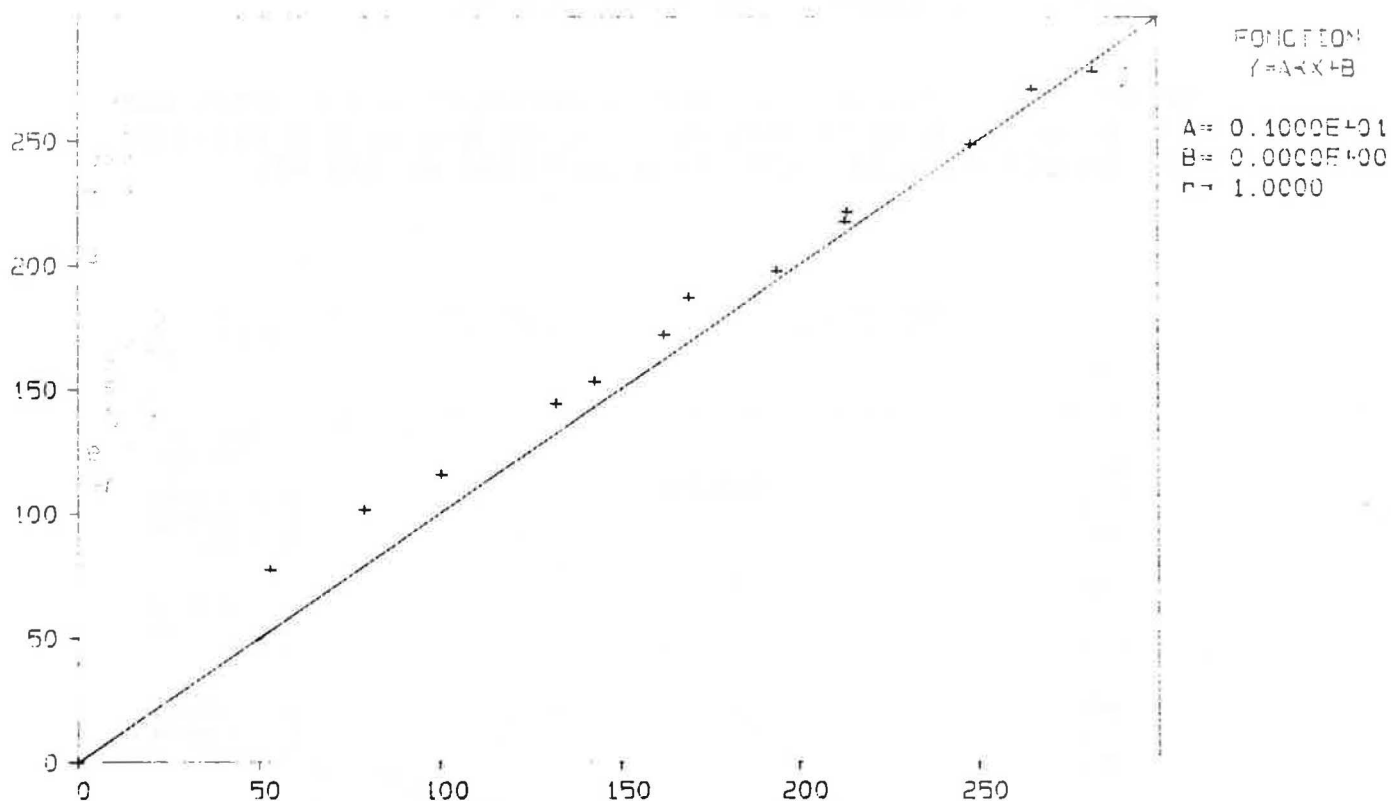
Nous avons reporté sur la figure 22, les valeurs du débit total extrait, mesuré comme la somme des débits aux différentes bouches (Q1), et celui mesuré par Q2 = VxS. La corrélation est presque parfaite pour les forts débits mais les écarts peuvent atteindre 30 % dans les plus faibles valeurs. La précision de l'appareil de mesure, le débitmètre SAM en l'occurrence, ne peut être seule mise en cause ici. On ne peut y voir non plus l'influence de fuites en aval des bouches car ce débit parasite serait plus faible pour des fortes dépressions. L'explication tient donc exclusivement au calcul du débit à partir de la vitesse au centre. Les vitesses mesurées ici sont supérieures à 0.8 m/s, vitesse pour laquelle on avait observé que le débit était de moitié inférieur, mais néanmoins suffisamment faibles pour que Q2 soit majoré.



Nos mesures ne nous permettant pas de connaître la loi de variation de  $V$  avec  $m$  ; nous préférons nous fier aux valeurs mesurées aux bouches, plutôt qu'à la loi  $Q = V S$  pour le calcul du débit extrait. La corrélation entre  $Q_1$  et  $V$  est représentée sur la figure 23 ; elle permet de calculer pour chaque vitesse mesurée en extraction le débit réel extrait. Une corrélation linéaire peut être dégagée à partir de 2 m/s, mais pour les vitesses inférieures, la courbe s'arrondit et devient tangente à 0 théoriquement. A titre indicatif, nous avons tracé le point de coordonnées ( $V = 0.8$  m/s,  $Q = 0.48 \text{ n r}^2 V$ ) issu du calcul de profil de vitesse (cf paragraphe...), et une corrélation de type  $Q_1 = 20.71 V^{1.42}$  tout à fait approchée, et qui, nous en sommes conscients, n'a pas de fondement théorique.

## CORRELATION DES DEBITS 1 ET 2

DEBIT 2



DEBIT 1

Figure 22

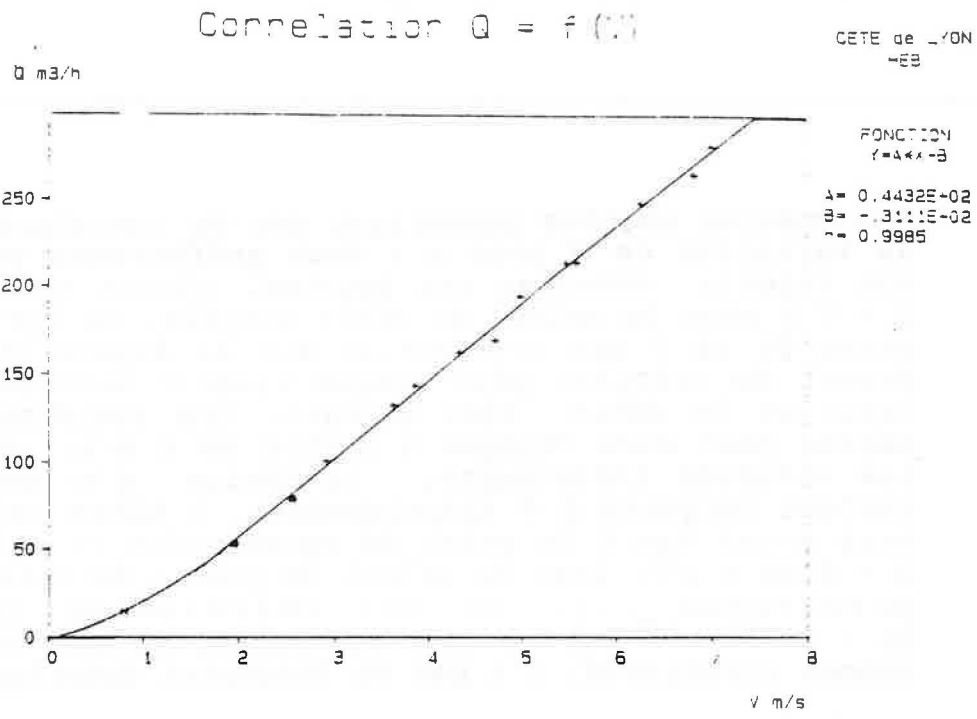


Figure 23

**VI.4.2 - Distribution des débits entre les pièces de service**

De même que précédemment, on peut tracer (figure 24), les débits correspondant aux bouches situées en cuisine (+), en WC (0) et en salle de bains (#). Là encore, les corrélations sont très bonnes, autorisant un calcul des débits correspondant à chaque bouche, à partir de la vitesse d'air mesurée sur l'extraction.

On vérifie ainsi que le dimensionnement des bouches en salle de bains et WC est le même, et que la répartition est de 3/5 cuisine, 1/5 salle de bains et 1/5 WC.

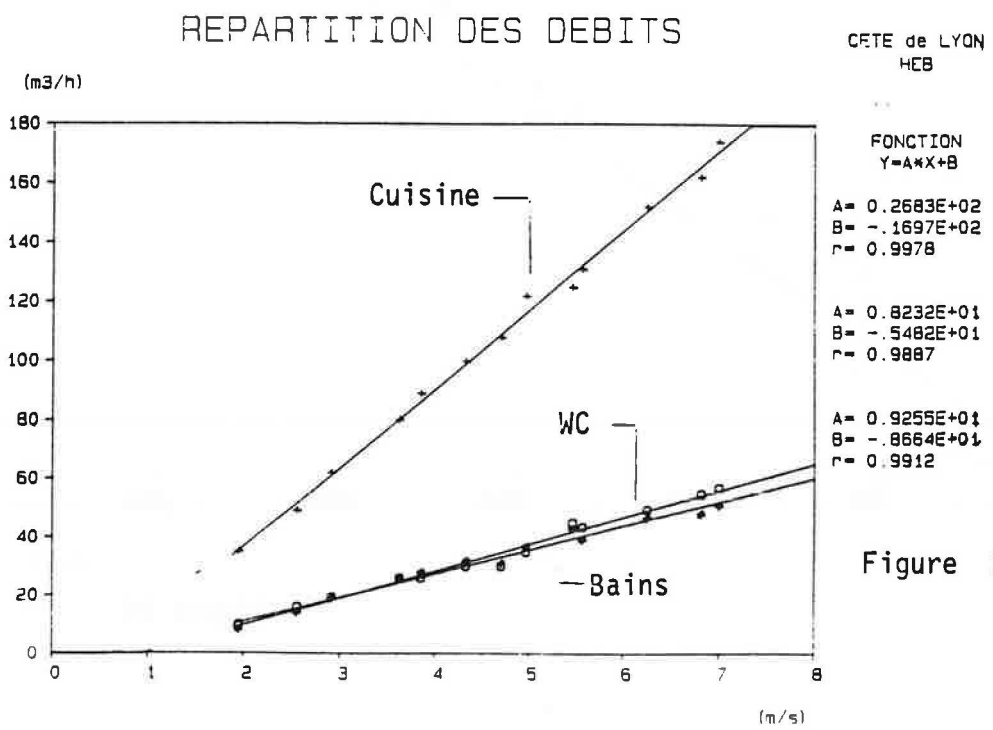


Figure 24

### VI.4.3 - Conclusion

Grâce à ces mesures préalables, nous sommes en mesure d'accéder au débit extrait respectivement en cuisine, salle de bains et WC à partir de la connaissance de la vitesse d'air en sortie de l'extracteur, lorsque celle-ci dépasse 2 m/s. Pour les plus petites vitesses, nous ferons appel à une extrapolation de type  $Q = a V^b$ , tout à fait empirique et liée à notre problème.

## VII - TRANSFERTS D'AIR A L'INTERIEUR DU LOGEMENT, RESULTATS D'ESSAIS

Les étapes précédentes ont permis de déterminer les caractéristiques aérauliques du logement (étanchéité de l'enveloppe, transferts entre pièces).

Le but des essais est maintenant de déterminer comment l'air se répartit entre les pièces et quels sont les paramètres qui influencent sa répartition.

Les essais ont été effectués hors période de chauffage et en absence de vent. Les écarts constatés entre les températures intérieures étaient au maximum de 2°C.

Un ventilateur associé à un variateur à permis de moduler les débits d'air évacués. Environ neuf positions de variateur ont été retenues pour chaque série d'essais.

Pour chaque position du variateur, les vitesses mesurées aux portes ont permis de déterminer les débits sortants ou entrants dans chaque pièce. Les résultats des essais figurent en annexe (document séparé).

Compte tenu des incertitudes de mesures aux faibles vitesses d'air, c'est à partir d'une position "moyenne" du variateur (50) que l'exploitation des résultats est faite.

### VII.1 - Série A

Elle vise à évaluer si l'on maîtrise les transferts lorsque l'étanchéité à l'air est "bonne" en façade et entre pièces.

#### MESURES A1

Toutes les infiltrations connues sont colmatées en façades, et entre pièces. Les portes de distribution sont fermées. L'air circule donc par les entrées d'air placées sur les coffres, puis par les orifices calibrés avant d'être évacué dans les pièces de services. La répartition des débits mesurés aux portes des pièces est présentée graphiquement ci-après pour un débit total sortant de 105 m<sup>3</sup>/h aux bouches (soit 21 m<sup>3</sup>/h par salle de bains et wc, 63 m<sup>3</sup>/h par cuisine).

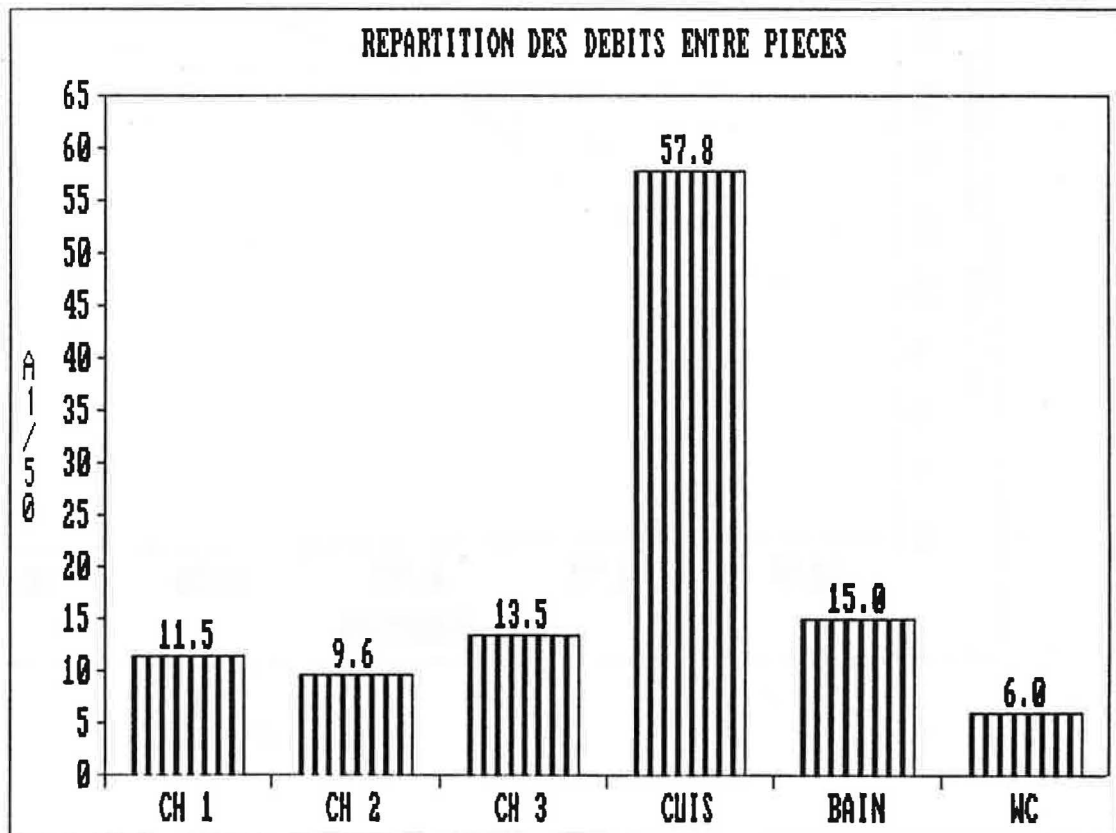


Figure 25

Les écarts constatés entre les chambres résultent de plusieurs facteurs conjugués ou non :

- courbe de régulation des entrées d'air,
- précision de la mesure,
- perméabilité résiduelle des pièces.

En wc (et dans une moindre mesure en salle de bains), le débit transitant par la porte est différent du débit extrait à cause des fuites dont on a parlé précédemment.

Lorsque l'on fait varier le débit d'air évacué, on observe que la répartition de l'air entre les pièces est peu affectée (figure 26).

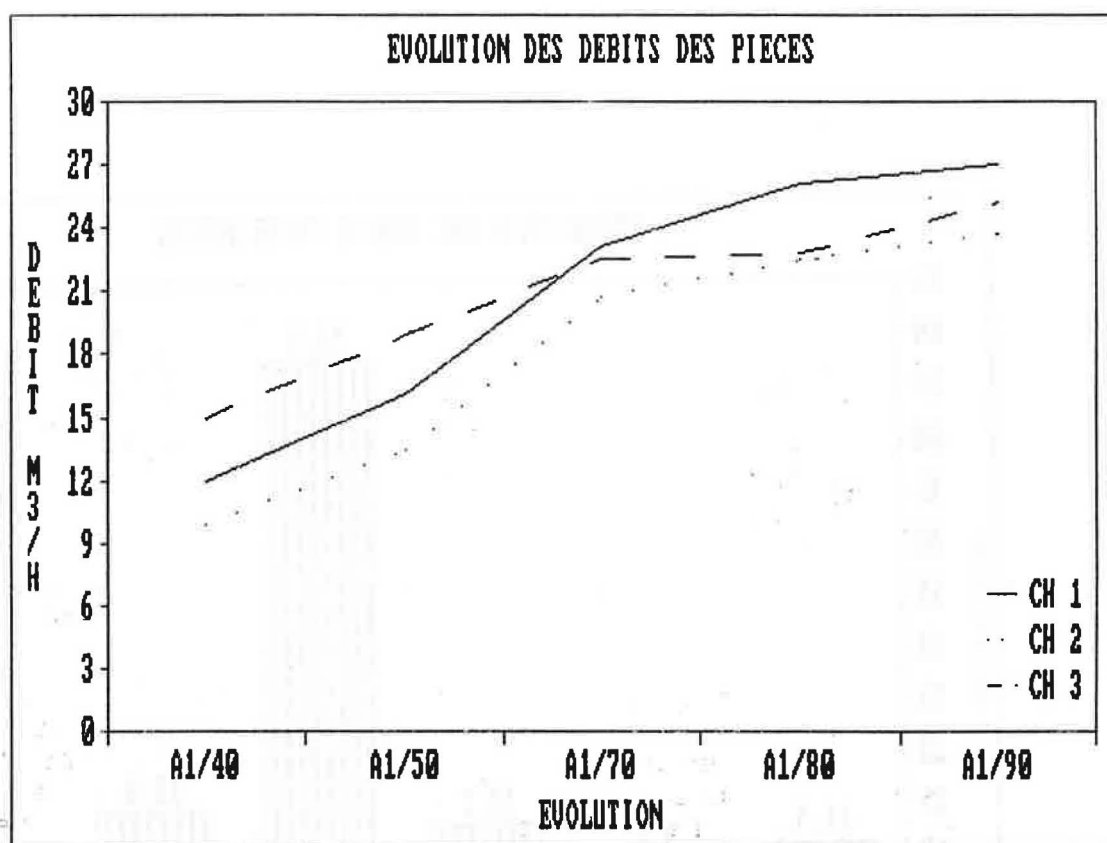


Figure 26

## MESURES A2

La situation du logement est identique à celle définie en A1. Seule, la trappe placée sur la porte d'accès à la chambre 2 a été supprimée pour simuler une ouverture de porte.

La nouvelle répartition des débits entre pièces est présentée figure 27 par un débit sortant de 105 m<sup>3</sup>/h aux bouches.

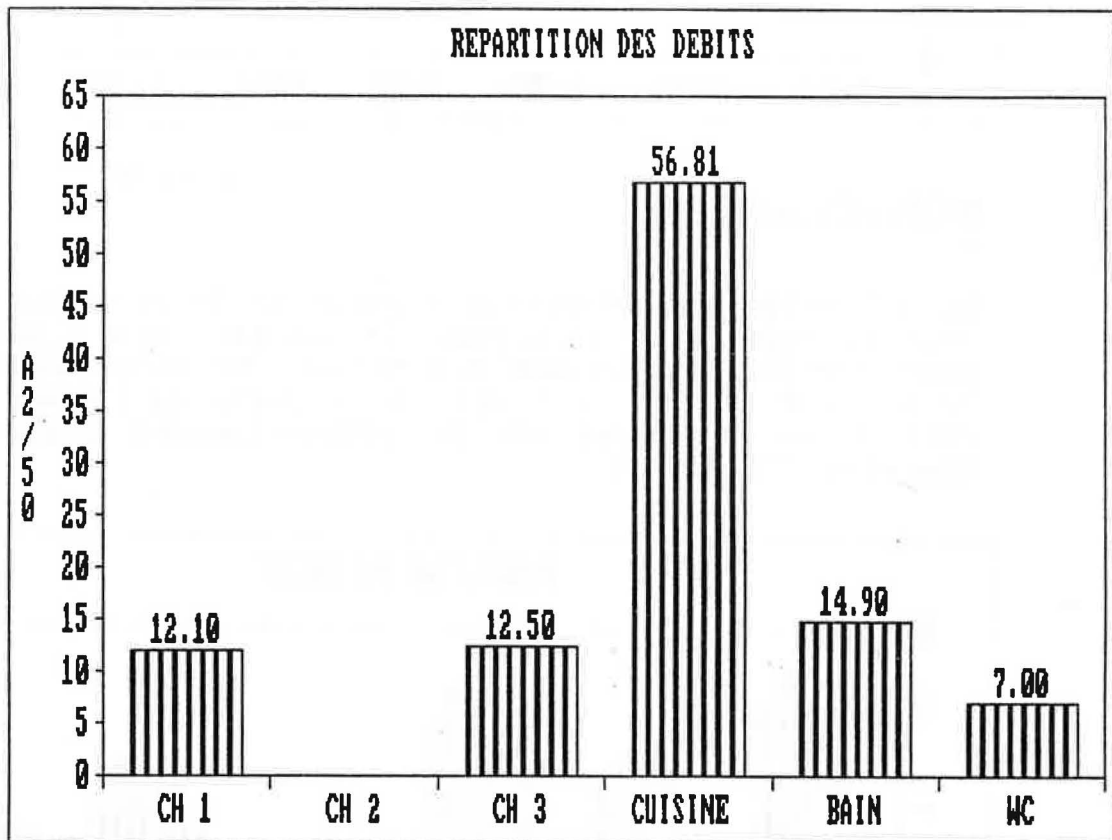


Figure 27

Les débits transitants par les chambres 1 et 3 n'ont quasiment pas été modifiés. En l'absence de vent, lorsque les pertes de charges des entrées d'air en façade sont fortes par rapport à celles des orifices de transferts entre pièces, l'ouverture d'une ou plusieurs portes ne modifie pas le renouvellement d'air des pièces restées fermées.

La figure 28 traduit les évolutions des débits entre les deux chambres lorsque varie le débit extrait.

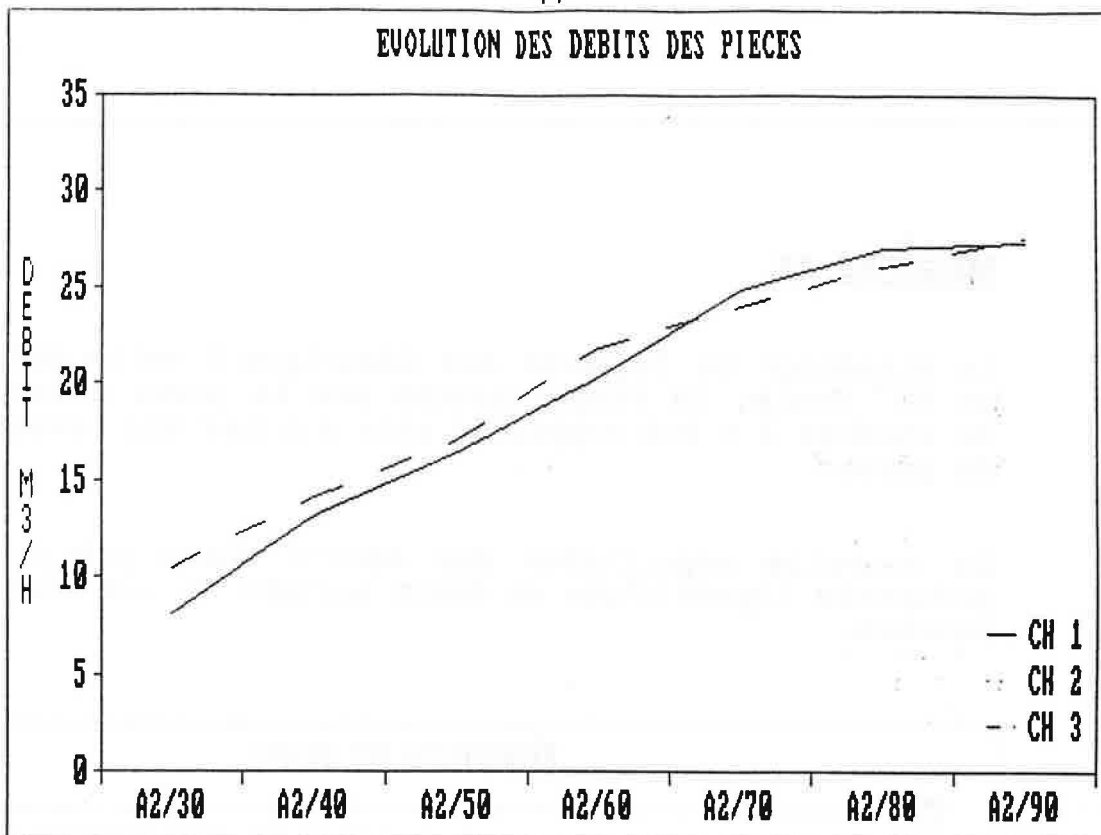


Figure 28

**MESURES A3**

La situation est identique à celle de la série A1 mais pour la cuisine et le séjour, la trappe a été supprimée pour simuler l'ouverture des portes. La suppression de la perte de charge au niveau de la porte du séjour conduit à une augmentation du renouvellement d'air des chambres (figure 29).

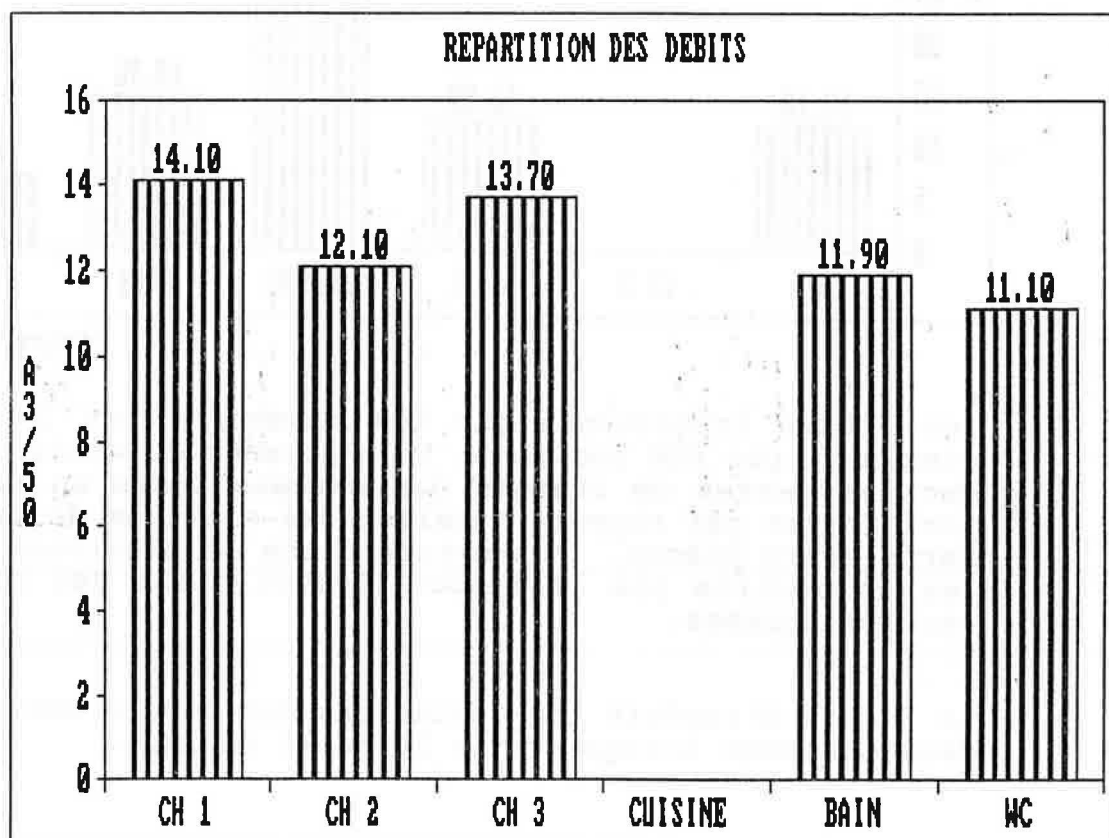


Figure 29



### VII.1 - Série B

On vise à évaluer si l'on maîtrise les transferts d'air dans le logement lorsque l'étanchéité est bonne en façade et médiocre entre les pièces.

#### MESURES B1

Toutes les portes intérieures sont fermées. L'étanchéité médiocre des parois séparatives entre les chambres autorise les transferts entre ces pièces. Il en résulte un équilibrage des débits entre les chambres (figure 30).

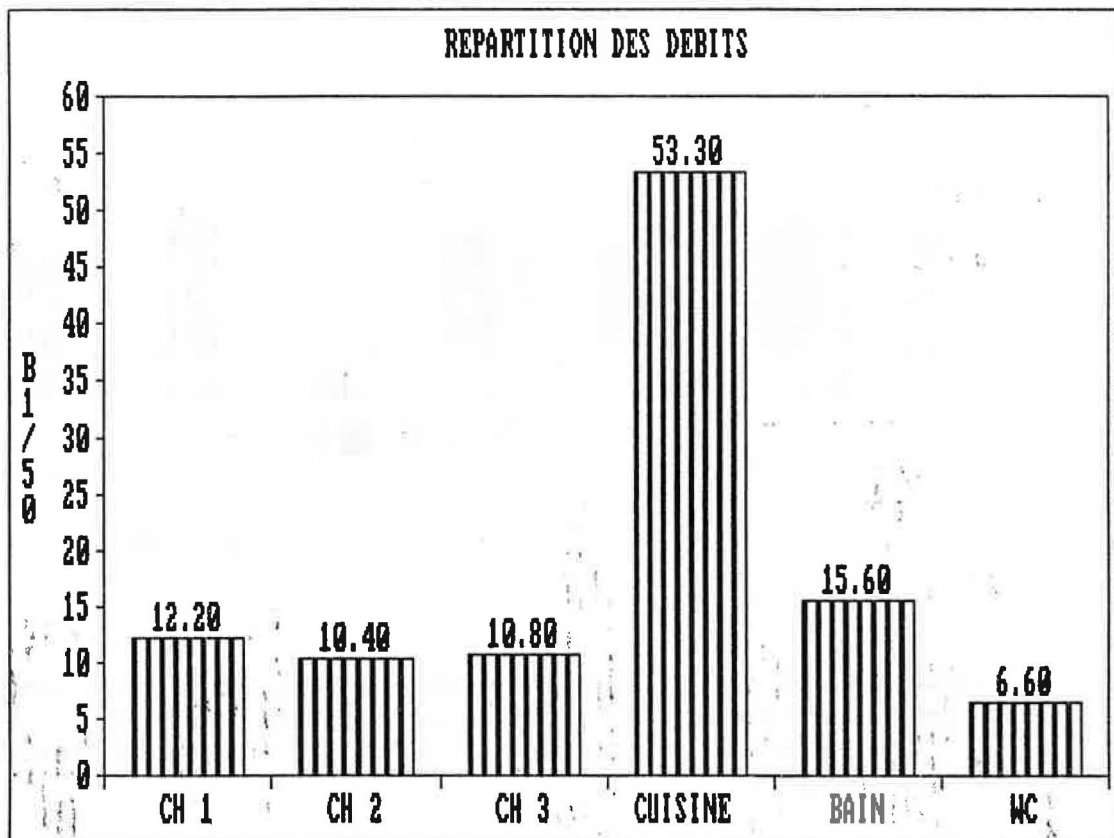


Figure 30

### MESURES B2/B3 ET B4

Pour ces mesures, l'ouverture des trappes a permis de simuler des portes entrouvertes. Les différentes valeurs démontrent que leur incidence sur le débit d'air transitant par les pièces est faible (figure 31).

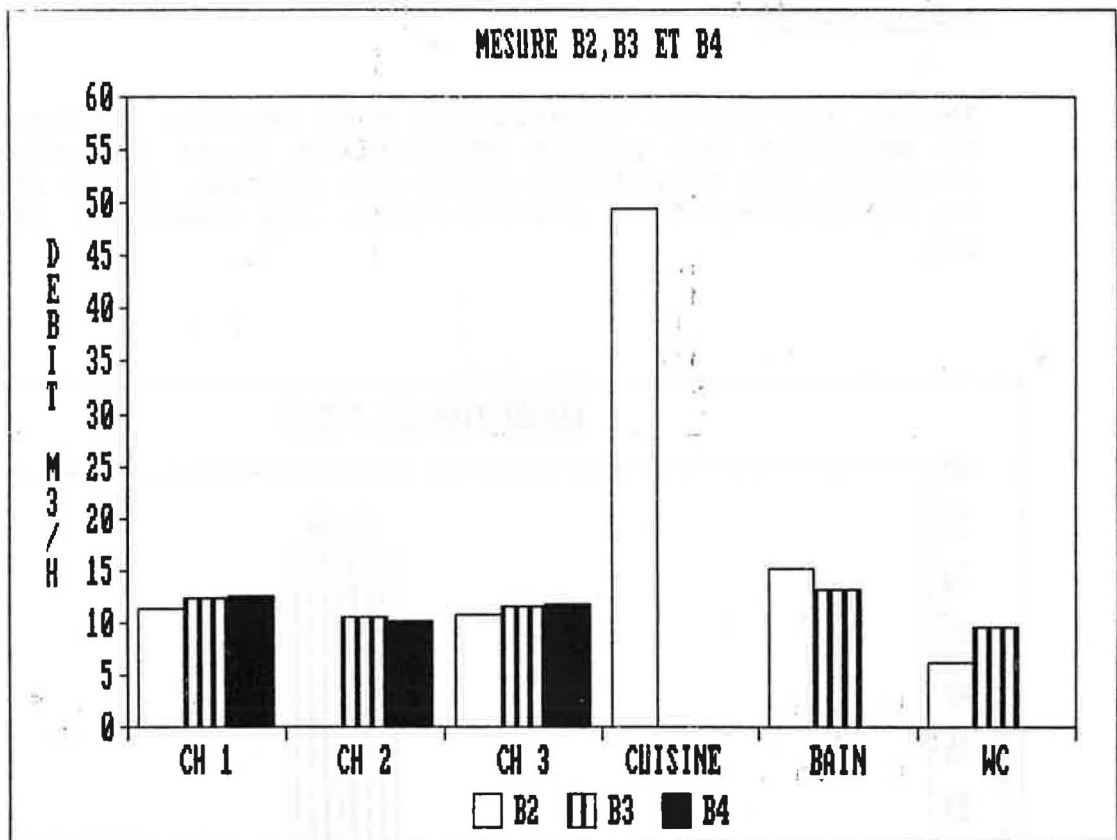


Figure 31

### VII.3 - Série C

L'étanchéité à l'air des façades a été rendue hétérogène par décolmatage des liaisons dans la chambre 2 (coffre de volet roulant + liaison façade/plancher, etc...).

### MESURES C1

La réduction des pertes de charges en façade de la chambre 2 a entraîné une augmentation du débit dans cette pièce (figure 32).

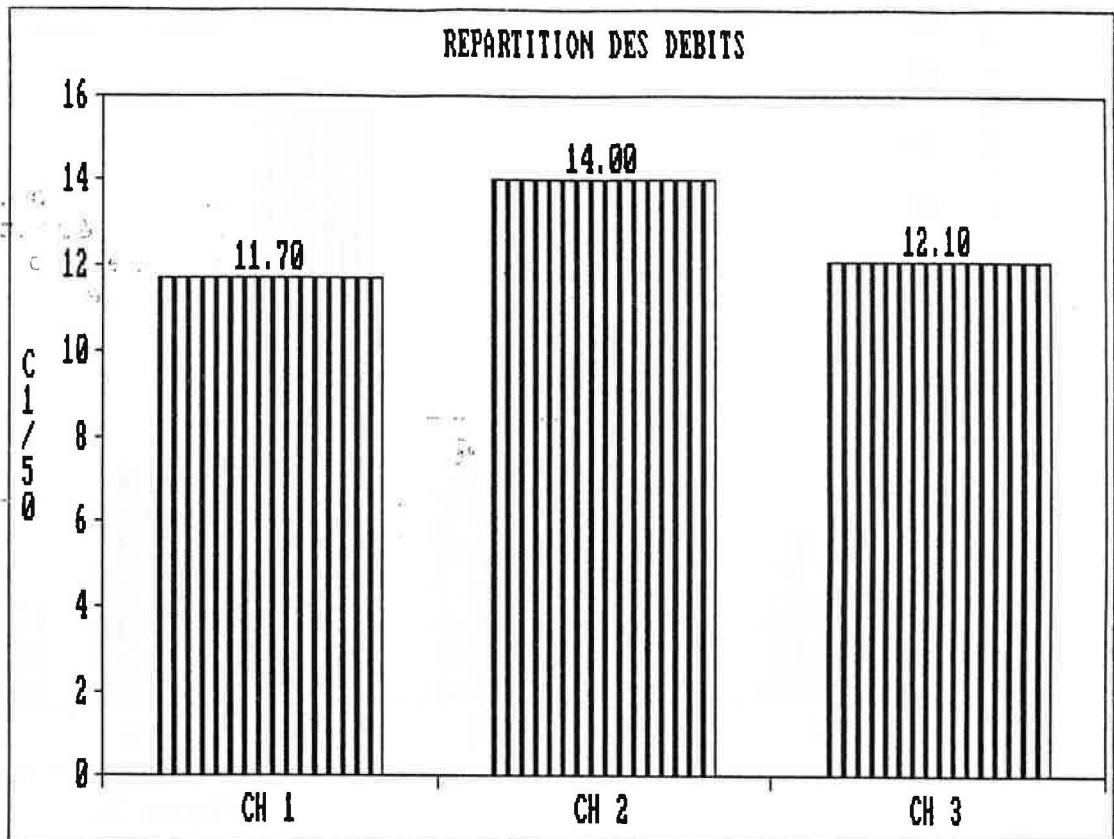


Figure 32

### VII.3 - Série E

Elle vise à évaluer l'incidence d'une mauvaise étanchéité en façade associée à une bonne performance d'étanchéité entre pièces.

#### MESURES E1

La répartition du débit d'air entre les chambres est plus hétérogène, celui de la chambre 3 a augmenté alors que dans les chambres 1 et 2, il a peu varié.

En l'absence de vent, pour cette situation, la répartition du débit entre les pièces est fonction des pertes de charges en façades (figure 33).

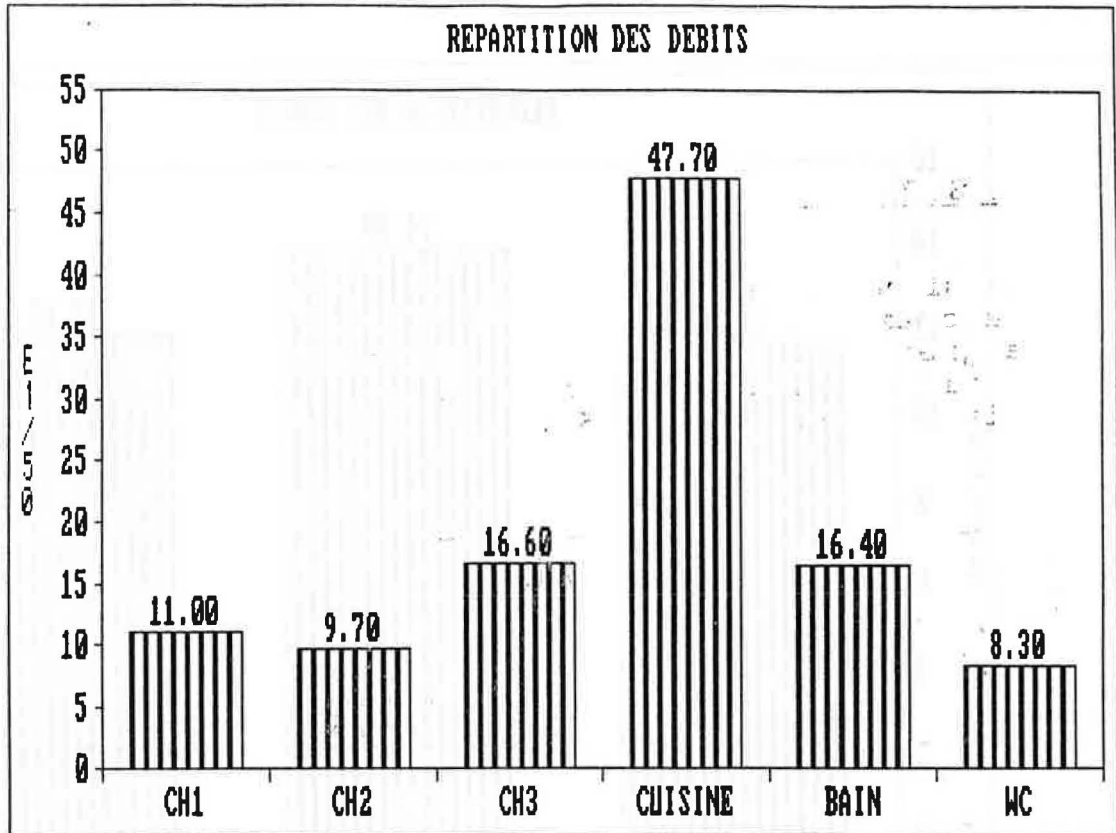


Figure 33

Une évolution du débit ne modifie pas la répartition entre les pièces (figure 34).

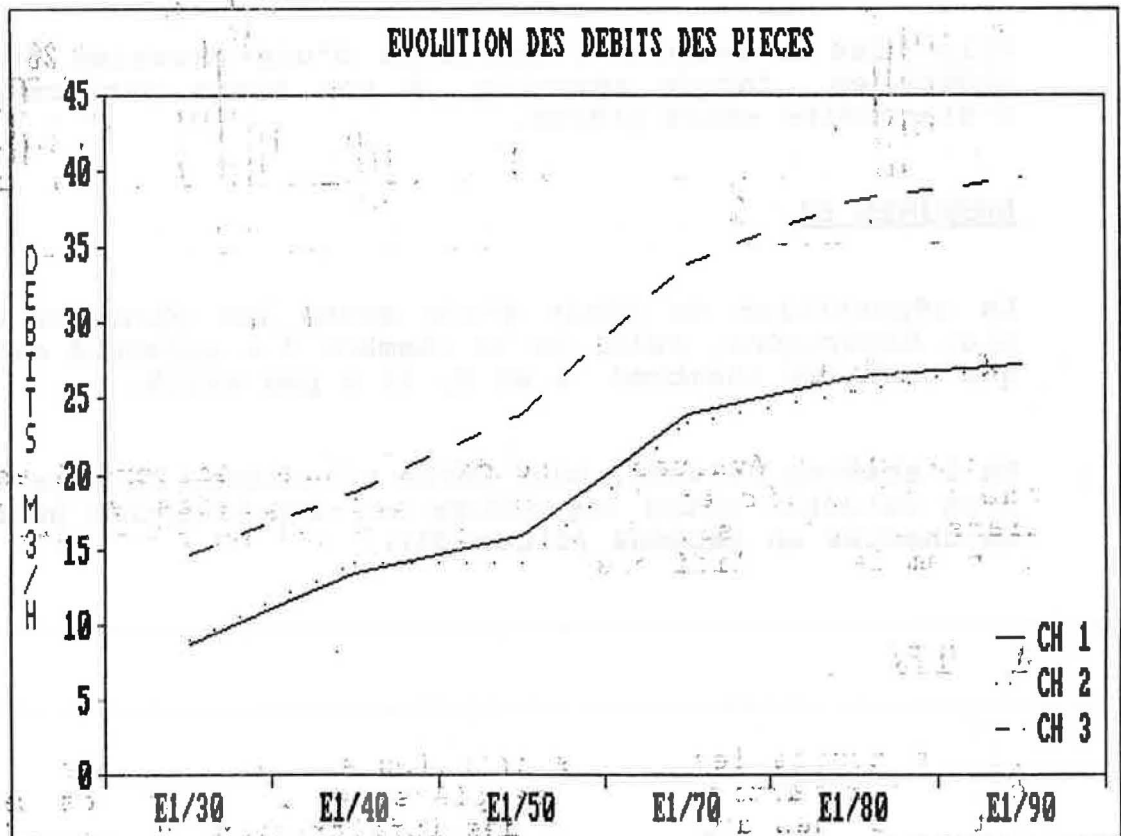


Figure 34

### MESURES E3

La situation est celle décrite en E1 mais l'aération de la chambre 2 a été supprimée. Il en résulte une légère augmentation des débits des chambres 1 et 3 liée à l'augmentation de la dépression dans les espaces de distribution (figure 35).

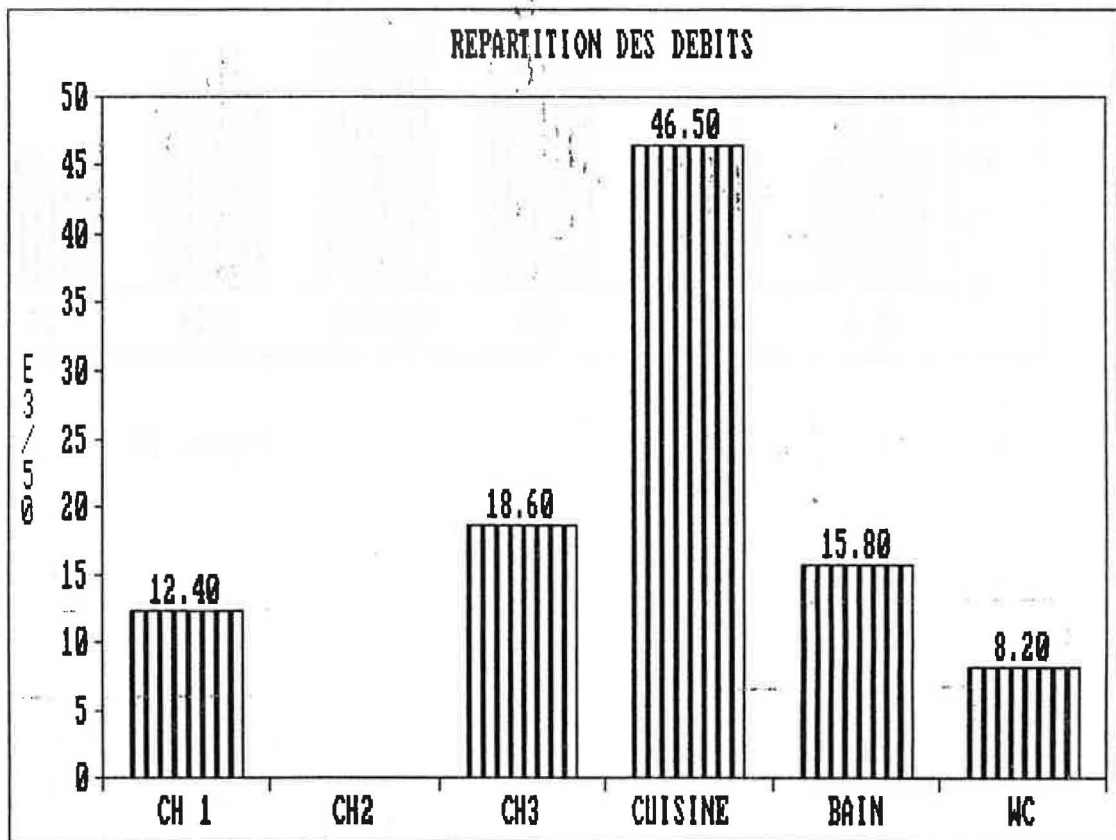


Figure 35

### VII.5 - Série F

On cherche à évaluer l'incidence d'une médiocre étanchéité à l'air en façades et entre pièces sur les transferts. La situation a été obtenue en décolmatant l'ensemble des liaisons.

### MESURES F1

Lorsque toutes les portes intérieures sont fermées, le débit se répartit entre les pièces en fonction des caractéristiques aérauliques des infiltrations d'air (figure 36)

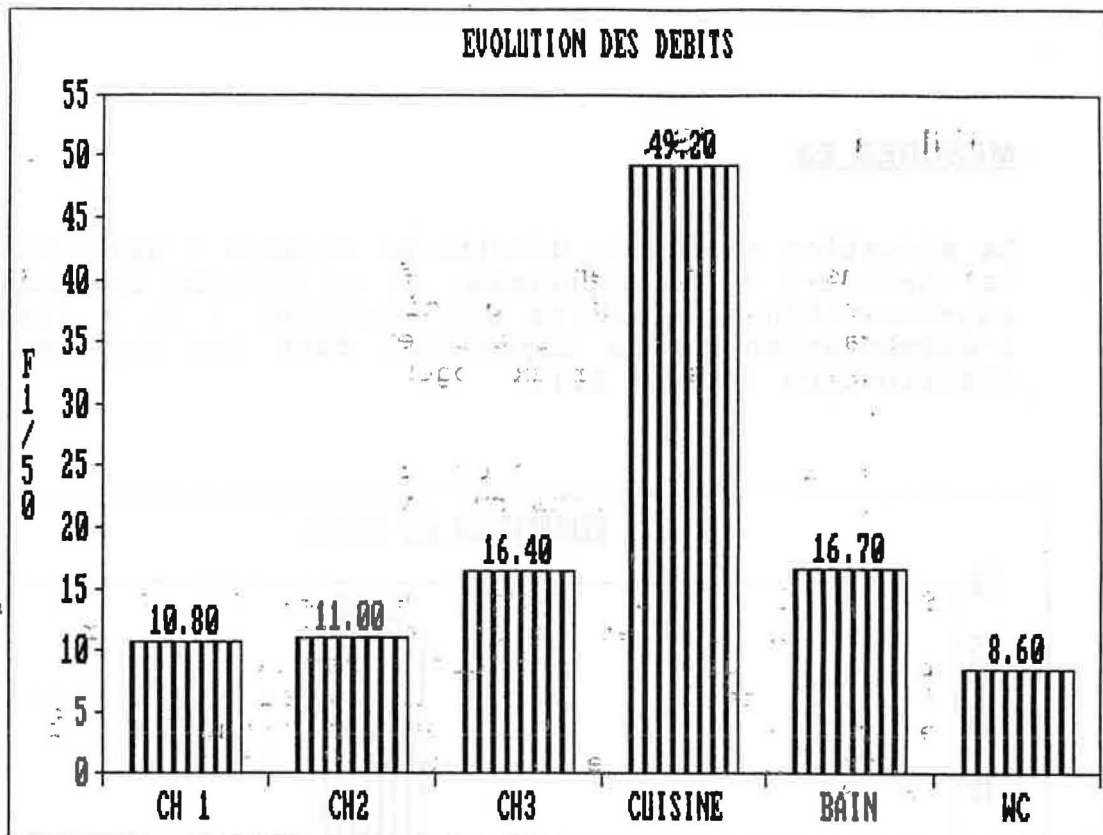


Figure 36

## VIII - CONCLUSIONS

- Les mesures révèlent que l'étanchéité à l'air des façades et des cloisons de distribution est différente suivant les pièces. Cette hétérogénéité que l'on rencontre sur de nombreux logements est liée principalement :

- aux aléas de mise en oeuvre,
- aux techniques constructives utilisées.

Sur le logement support d'essais, ce sont des plinthes bois à l'étage et des plinthes carrelées au rez-de-chaussée. Dans cette dernière configuration, il n'existe pas de circulation d'air sous la plinthe, entre les pièces adjacentes. En revanche le bâtiment testé comporte de nombreux défauts d'étanchéité en façades.

- Lorsque les orifices de transferts entre pièces sont correctement dimensionnés (section équivalente d'environ 80 cm<sup>2</sup> pour les chambres), les résistances aérauliques sont principalement constituées par les orifices en façades (entrée(s) d'air comprise(s)). En l'absence de vent, la répartition de l'air entre les pièces dépend donc essentiellement des caractéristiques aérauliques des façades. Pour une telle situation, l'ouverture d'une porte de chambre ne modifie quasiment pas le renouvellement d'air entre pièces. Par contre, lorsque l'on condamne le renouvellement d'air d'une ou plusieurs pièces principales, on augmente celui d'autres pièces.
- Si les cloisons de distribution ne sont pas étanches, des transferts d'air entre pièces se produisent lorsqu'il existe un écart de pression. Cette situation se rencontre principalement lorsque les résistances aérauliques sont différentes en façade.
- Dans la configuration particulière du logement support, le renouvellement d'air des chambres est lié à la perte de charge de la porte séparant le séjour du hall d'entrée.
- L'étanchéité à l'air des pièces de services doit être excellente pour prétendre maîtriser le renouvellement d'air des pièces principales.

- Si les pertes de charges des portes des pièces de services sont importantes, cela peut conduire à diminuer le renouvellement d'air des pièces principales notamment lorsque les pièces de services ne sont pas étanches.
- En l'absence de vent, il est possible d'obtenir une bonne répartition de l'air entre les pièces si les conditions suivantes sont réunies :
  - l'étanchéité à l'air en façade des pièces de service et celle de toutes les cloisons de distribution doit être bonne ;
  - l'étanchéité à l'air des façades des pièces principales doit être homogène et bonne de préférence ;
  - le dimensionnement des entrées d'air doit être homogène ;
  - les résistances aérauliques aux portes des pièces de services doivent être faibles.

Le vent perturbera le renouvellement d'air des pièces en fonction :

- de son intensité ;
- de la position des pièces par rapport à la direction des vents ;
- des caractéristiques aérauliques des façades et des cloisons de distribution ;
- du volume d'air soufflé ou évacué ;
- de la pression créée dans les pièces du logement par le système de ventilation.