AIC 973
1570

MULTI-CHAMBER AIR RENEWAL SURVEY USING "CONSTANT CONCENTRATION TRACER-GAS TECHNIQUE"

J.-L. Scartezzini, C. Roecker et D. Quévit

Groupe de Recherche en Energie Solaire
Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
CH - 1015 LAUSANNE

AIC

Abstract

Purpose of the work

The study of solar units in the LESO needs an accurate determination of air renewal rate and convective exchanges between units for the calculation of energy balance. The measurements by the decay method are not possible in occupied houses.

The so called constant concentration method is developed to measure the convective transfers and the influence of the occupants on the air renewal rate.

Method of approach

A compact equipment of air renewal survey (CESAR) is used to perform a simultaneous and periodical gas analysis in 10 locations. Three tracer gas methods are implemented : decay, constant concentration and continuous flow.

The continuous measurements are controlled by a microcomputer and a regulation program computes the quantity of tracer gas to be injected in the constant concentration experiment. An analysis of the results is worked out to determine the convective exchanges.

Significant results

The device and the regulation program work well with low rates of concentration (100 ppm of N_2O) (see graphic on next page). The measurements by decay and constant concentration are similar and with the simultaneous survey of the 10 rooms, a comparison between the outside and the inside infiltrations is done. The effect of the occupants is also evaluated.

MESURES DU TAUX DE RENOUVELLEMENT D'AIR A L'AIDE D'UN DISPOSITIF COMPACT A "CONCENTRATION CONSTANTE"

J.-L. Scartezzini, C. Roecker et D. Quévit

Groupe de Recherche en Energie Solaire
Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne
CH - 1015 LAUSANNE

Résumé

L'étude détaillée des "unités solaires" du LESO nécessite une connaissance précise des taux de renouvellement d'air, en présence et en absence d'occupants.

Un dispositif compact et mobile de mesures à gaz traceur (N_2O) a donc été développé. Grâce à un mini-ordinateur, cette installation (unique en Suisse) permet une analyse simultanée de 10 locaux selon 3 modes possibles par cette filière : les méthodes du "decay", du "flux continu" ou de la "concentration constante". Cette dernière s'avère indispensable, si l'on désire effectuer des mesures fiables et continues dans des locaux occupés.

Durant l'hiver 83/84, plusieurs campagnes de mesure ont été effectuées au LESO. Une comparaison des méthodes "decay" et "concentration constante" a ainsi pu être réalisée. La quantification des diverses composantes du renouvellement (infiltrations de l'extérieur ou de l'intérieur du bâtiment) a été effectuée pour 8 "unités solaires". Une première détermination de l'influence des occupants sur l'échange d'air entre les locaux expérimentés et leur environnement a aussi été menée à bien.

La présente communication rapporte ces premiers résultats, ainsi qu'une description du dispositif développé.

Sommario

Un apparecchiatura di misura del rinnovo di aria (dispositivo GESAR) è statta sviluppata al Politecnico Federale di Losanna, dal Gruppo di Ricerca in Energia Solare.

Il sistema utilizza il mettodo della "concentrazione constante", per misurare il flusso di aria scambiata da un locale con l'esterno o con altri locali. Il vantagio di un tale mettodo e, prima di tutto, di pottere funzionare mentre i locali sono occupati da persone.

Misure di quel tipo sono statte condotte al LESO (Laboratorio sperimentale

solare), di confronte con misure classice di "decay". Il nuovo dispositivo, il primo in Svizzera, e presentato in questa communicazione, di confronte con i primi risultati sperimentali.

Zusammenfassung

Das von der Sonnenenergieforschungsgruppe der Eidgenössischen Technischen Hochschule entwickelte Luftwechselmessystem ist auf dem Prinzip der "konstanten Gaskonzentration" aufgebaut. Der Luftwechsel kann deshalb auch unter normalen Betriebsbedingungen gemessen werden, was mit den herkömmlichen Messmethoden nicht möglich ist.

Die erste in der Schweiz existierende Messeinrichtung (CESAR) wird beschrieben und erste im Laboratorium für Sonnenenergie (LESO) gemessene Werte, werden diskutiert.

1. INTRODUCTION

L'un des buts principaux poursuivi sur le bâtiment expérimental LESO, est l'obtention du bilan thermique détaillé de chacune des "unités solaires", situées dans la partie sud de la construction {1, 2}. Compte tenu de la forte isolation thermique des murs du laboratoire, les pertes par renouvellement d'air interviennent de façon importante dans le calcul du flux de chaleur perdu par le bâtiment.

La technique la plus couramment utilisée pour quantifier l'échange d'air entre une habitation et son environnement est celle du "gaz traceur" {3-4}. Cette méthode peut être mise en oeuvre selon 3 variantes différentes : la mesure par "decay", par injection à "flux continu" ou par "concentration constante". Peu coûteux, les deux premiers procédés ont pourtant de sérieux désavantages : ils supposent en particulier des conditions d'échange d'air constantes, donc sont inutilisables en présence d'occupants. L'utilisation de la méthode à "concentration constante", compatible avec la présence d'occupants durant la mesure (gaz inerte et inoffensif), est donc indispensable.

Un dispositif compact et mobile (dispositif CESAR) à gaz traceur (N_2O) a donc été développé {5, 6}. Celui-ci est à même de fonctionner selon les 3 modes mentionnés, et permet une analyse simultanée de 10 locaux distincts pendant plusieurs jours consécutifs. Il constitue la première réalisation de ce type en Suisse {8-11}.

Mis en service durant l'hiver 83/84 (janvier 1984), cet appareil a permis plusieurs campagnes de mesure au LESO. Deux des procédés décrits auparavant ("decay" et "concentration constante") ont été utilisés. La comparaison des résultats obtenus selon les 2 méthodes pour 8 "unités solaires" différentes a été effectuée. Une première mesure expérimentale de l'effet des occupants sur les divers termes d'échanges convectifs a aussi pu être réalisée.

2. DESCRIPTION DU DISPOSITIF

Le dispositif de mesure CESAR (Centralised Equipment for Survey of Air Renewal) est un appareil compact et mobile (cf. fig. 1.). Il permet d'effectuer des mesures de renouvellement "in-situ" sur diverses habitations autre que le LESO {5}.

Fig. 1 : Vue de l'ensemble du dispositif de mesure de renouvellement d'air *CESAR*.

Il se compose principalement de 4 éléments (cf. fig. 2.) :

- Un mini-ordinateur de contrôle (HP86)

  Celui-ci assure l'acquisition des données sur disque "floppy". Il permet un dépouillement automatique des résultats obtenus aussi bien en mode "decay" qu'en mode "concentration constante". La figure 3 représente le traitement délivré par l'ordinateur pour un des 10 points de mesure, investigués en mode "decay".

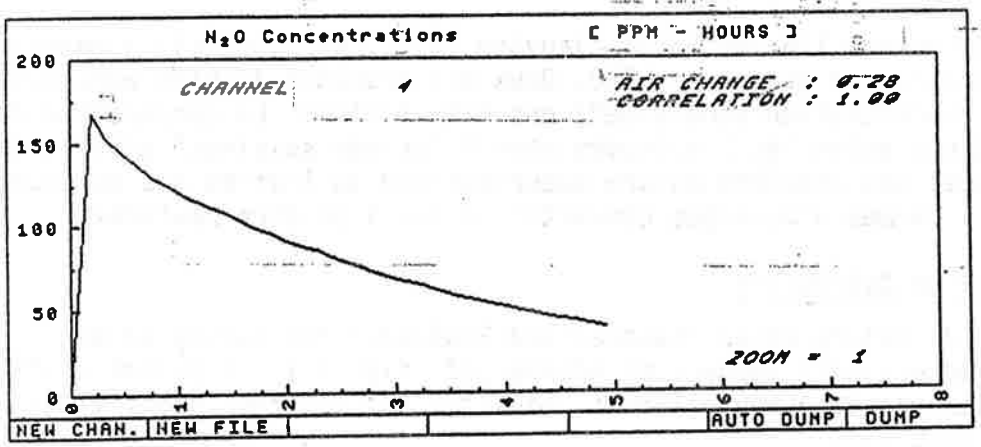

Fig. 3 : Analyse d'une "unité solaire" du LESO, effectuée en mode "decay".

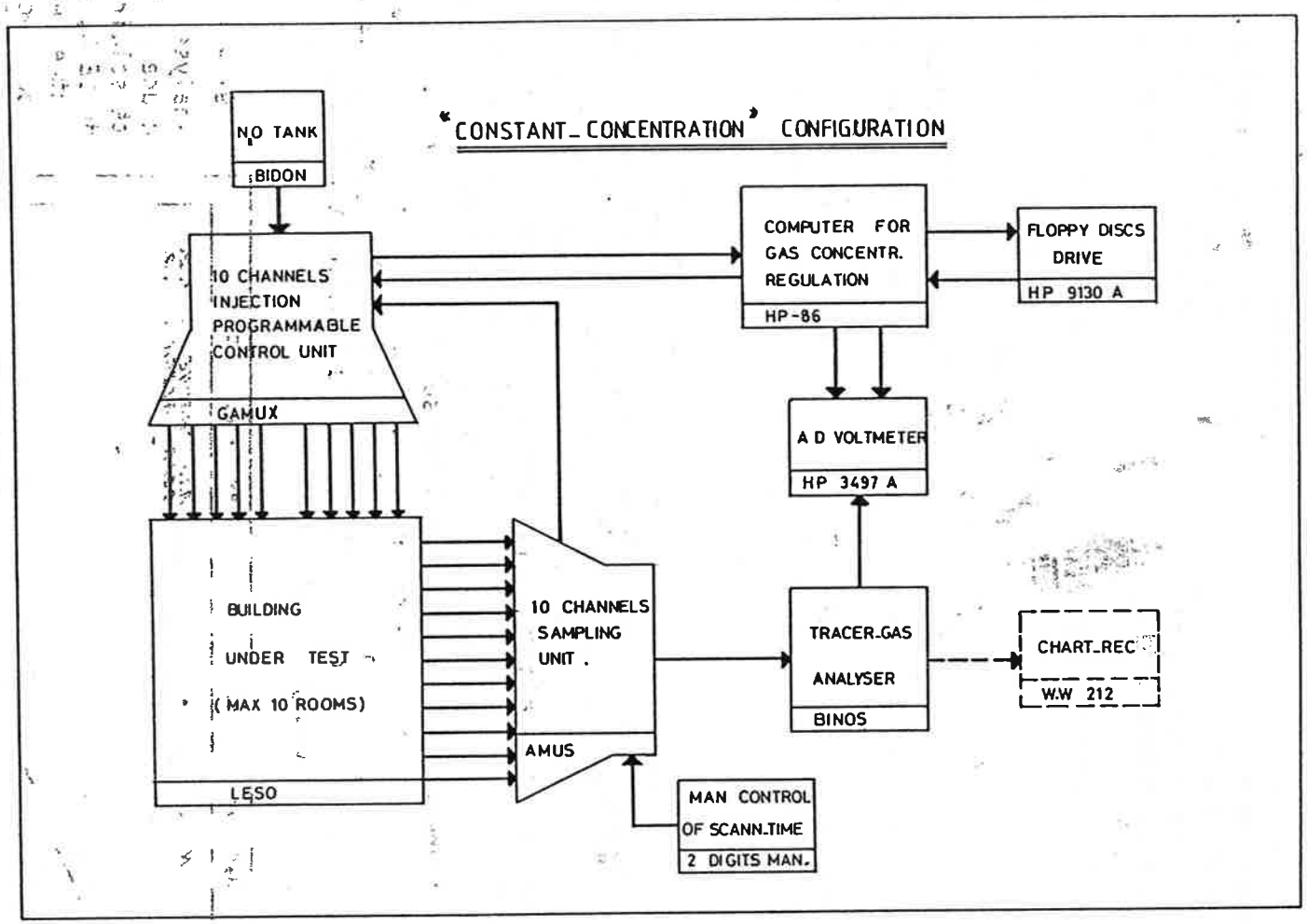

Fig. 2 : Schéma représentatif de l'installation de mesure de renouvellement à "concentration constante" *CESAR*.

Le micro-processeur assure aussi le fonctionnement en mode "concentration constante", grâce à une régulation du type PID. Celle-ci est préréglée en début d'expérience, par l'introduction de quelques paramètres: l'estimation grossière du taux de renouvellement des locaux expérimentés suffit. Des chambres de volume physique, compris entre 0 et 200 m^3, ont ainsi été régulées.

- Un spectromètre infrarouge BINOS à 2 voies (N_2O et H_2O)

Cet élément permet une mesure de la concentration de N_2O, corrigée de la perturbation due à la vapeur d'eau. Il est périodiquement recalibré (env. toutes les semaines) à l'aide d'un circuit "ad-hoc" à volume calibré, ou à l'aide d'un mélange N_2O/N_2 de qualité élevée (calibration en campagne).

- Un dispositif d'échantillonnage du gaz AMUS à 10 canaux

Celui-ci permet un pas d'échantillonnage compris entre 50 et 500 secondes, en fonction du nombre de pièces expérimentées.

- Un dispositif d'injection du gaz GAMUX, avec son réservoir-tampon

Il permet une injection dans chacune des pièces sujettes à une mesure. L'injection du gaz est optimisée et stabilisée dans le temps, par l'utilisation d'un réservoir-tampon maintenu à 200 kPa (2Bar). L'emploi de ventilateurs de mélange, à chaque point de mesure, assure un bon mixage. Le dispositif d'injection a lui aussi été calibré, à l'aide d'un débitmètre volumétrique de précision à gaz (précision sup. à 2 %).

3. FONCTIONNEMENT DU DISPOSITIF EN MODE "CONCENTRATION CONSTANTE"

Afin de permettre le fonctionnement de l'appareil, en présence d'occupants, la valeur de consigne est généralement fixée à 100 ppm. Elle peut pourtant être librement choisie dans la fourchette de 0 à 200 ppm. Elle garantit l'absence de nuisances envers les personnes susceptibles d'être exposées au N_2O pendant plusieurs jours consécutifs {7}. Les figures 4a et 4b représentent 2 périodes de mesures consécutives (intervalles de 8 heures chacun), effectuées en mode "concentration constante".

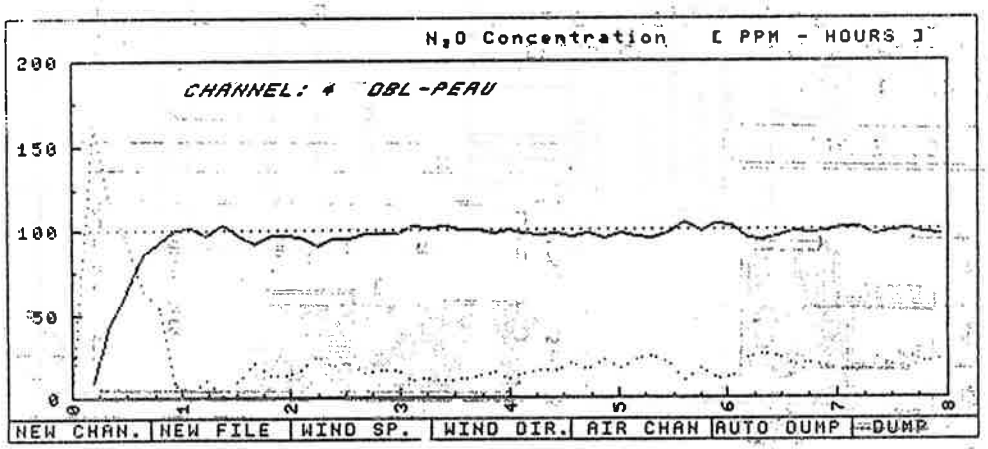

Fig. 4a : Analyse de l'"unité solaire" précedente en mode "concentration constante", en présence d'occupants.

Courbes et droites pointillées : flux de N_2O et consigne, resp.

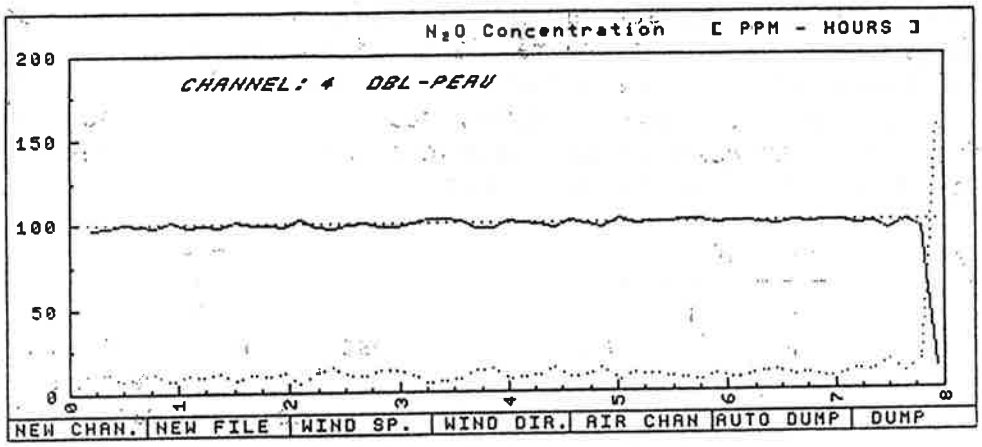

Fig. 4b : Analyse de l'"unité solaire" précédente en mode "concentration constante", en absence d'occupants
Courbes et droites pointillées : flux de N_2O et consigne, resp.

La première analyse (fig. 4a) a été réalisée en présence d'occupants, alors que la seconde (fig 4b) est caractéristique d'un local inoccupé. La concentration mesurée pendant ces deux expériences est figurée par la courbe en trait continu. La quantité de gaz injecté toutes les 8 minutes (10 locaux expérimentés) et la valeur de consigne sont aussi représentés sur ces figures (courbe et droite pointillées).

La régulation obtenue est caractérisée par une précision de 4 à 8 %, selon l'absence ou la présence d'occupants. La différence relative des flux de gaz injectés (courbes pointillées) est significative de l'influence des occupants.

4. CAMPAGNES DE MESURES EXPERIMENTALES

Le LESO constitue le premier objet sur lequel l'efficacité du dispositif a été testé (hiver 83/84).

Le renouvellement des locaux situés en partie sud ("unités solaires") a ainsi été mesuré par ce biais. Les figures 5a et 5b représentent (en clair) les 8 "unités solaires", réparties sur 3 étages, ayant fait l'objet des diverses campagnes.

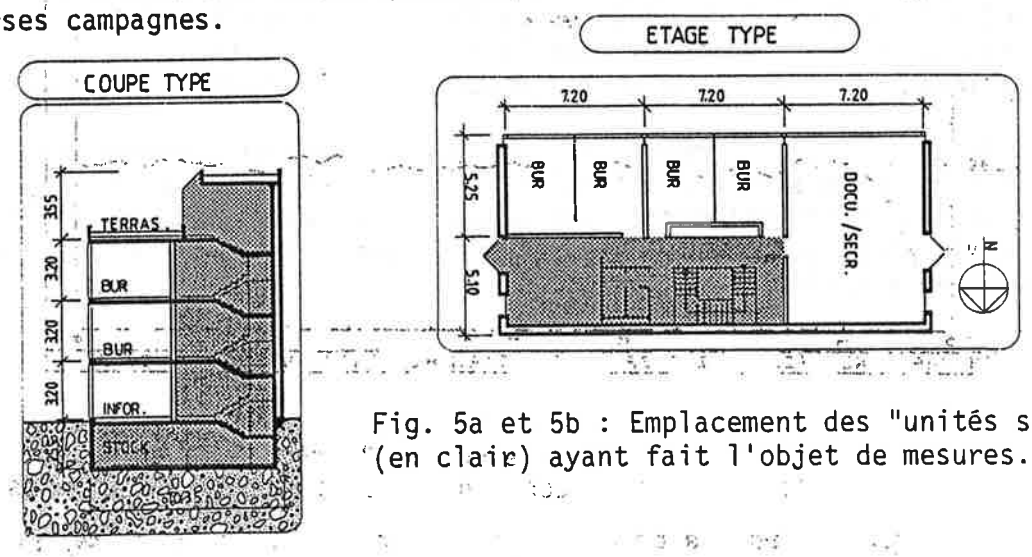

Fig. 5a et 5b : Emplacement des "unités solaires" (en clair) ayant fait l'objet de mesures.

Dans une première étape, une campagne de mesures en mode "decay" a été effectuée (période du 1 au 29 février 1984). Les taux de renouvellement, en absence d'occupants, ont été déterminé pour les 8 locaux simultanément. La table I représente les valeurs moyennes (et les écart-types) obtenues selon cette méthode. Ces mêmes valeurs sont rapportées sur la figure 6, ainsi que les valeurs minimales et maximales mesurées durant la période.

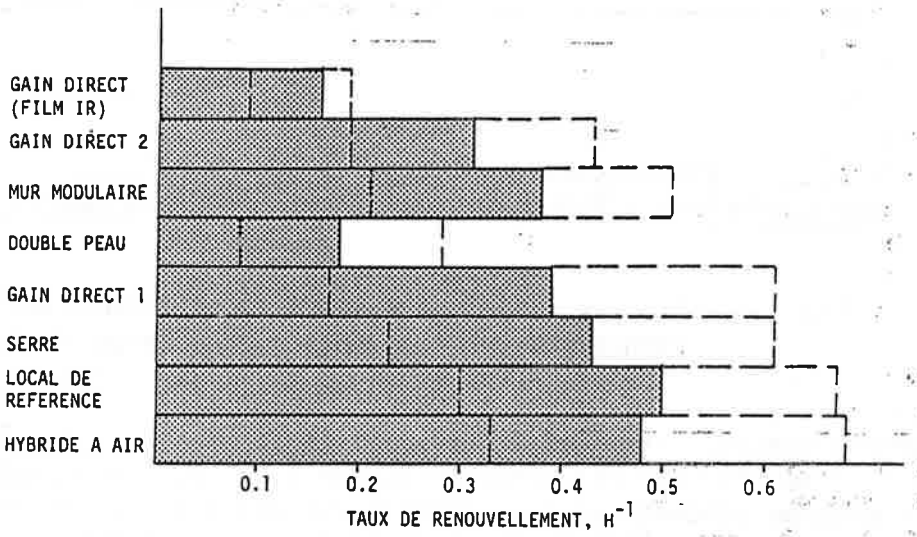

Fig. 6 : Valeurs moyennes, (plage tramée) minimales et maximales des taux de renouvellement obtenus par "decay".
Période du 1 au 29 février 1984.

Dans une seconde étape, une campagne de mesures en mode "concentration constante" a été réalisée (période du mois de mars à fin mai 1984). L'effort a été principalement porté sur la mesure du flux d'air frais provenant de l'extérieur. L'ensemble des locaux, comprenant les "unités solaires" et les volumes intérieurs jouxtants celles-ci (cf. fig. 5a et 5b) ont donc été placé sous "concentration constante". Le même type de mesure, destiné cette fois à la mesure du flux global (extérieur et intérieur) a été effectué. Le flux d'air provenant des locaux jouxtants (principalement corridor) a donc pu être évalué par soustraction. La figure 7 représente les valeurs obtenues. Le flux d'infiltration d'air extérieur est représenté en plage tramée. Le terme équivalent provenant de l'intérieur (plage claire) se déduit du terme global. Les valeurs des flux d'infiltration d'air extérieur se situent entre 1 et 40 m^3/h en moyenne. Le flux d'infiltration intérieur, mesuré sans occupants et représenté sur la figure 7, atteint environ 5 m^3/h pour les locaux pourvus d'une porte de communication avec le corridor.

Dans un dernier stade, la répétition de la procédure en présence d'occupants, a permis une première détermination de l'influence de ceux-ci (flux d'air intérieur principalement). Ces nouvelles valeurs sont rapportées dans la table II, ainsi que les valeurs obtenues sans occupants (flux globaux, intérieurs et extérieurs).

Table I : CAMPAGNE DE MESURE PAR "DECAY" : RESULTATS OBTENUS
Bâtiment LESO - Unité solaires - Mois de février 1984.
Volumes physiques, taux de renouvellement moyens et écarts-type

Système	Volume physique m^3	Taux de renouvellement moyens h^{-1}
Gain direct (film IR)	86 m^3	0.16 ± 0.04
Gain direct 2	86 m^3	0.31 ± 0.12
Mur modulaire	189 m^3	0.38 ± 0.13
Double peau	86 m^3	0.18 ± 0.10
Gain direct 1	86 m^3	0.39 ± 0.22
Serre	158 m^3	0.43 ± 0.18
Local de référence	86 m^3	0.50 ± 0.15
Hybride à air	132 m^3	0.48 ± 0.13

Température extérieure moyenne : + 0.2°C
Vitesse de vent moyenne : 3.6 m/s
Direction de vent moyenne : -23.2°
Pression différentielle moyenne : +1.6 Pa (Pe > Pi => Δp > o)

Table II : CAMPAGNE DE MESURE A "CONCENTRATION CONSTANTE" : RESULTATS OBTENUS
Unités solaires du LESO - Mois de mars à mai 1984
Flux d'air moyens et écarts-type - Unités en m^3/h

Systèmes	Infiltration globale sans occupants	Infiltration de l'extérieur	Infiltration de l'intérieur sans occupants	Infiltration de l'intérieur avec occupants
Gain direct (film IR)	5 ± 2	non mesurable	5 ± 3	5 ± 3
Gain direct 2	14 ± 2	6 ± 0.2	7 ± 2	9 ± 3
Mur modulaire	(*)64 ± 21	42 ± 4	(*)23 ± 27	-
Double-peau	10 ± 4	4 ± 0	5 ± 4	13 ± 1
Gain direct 1	14 ± 4	8 ± 1	5 ± 4	-
Serre	38 ± 13	32 ± 10	(*) 6 ± 22	-
Local de référence	25 ± 2	15 ± 1	10 ± 4	-
Hybride à air	(*)59	30 ± 5	(*)29 ± 5	32 ± 5

Températures extérieures moyennes : 5 - 18°C *périodes de mesures multiples*
Vitesses de vent moyennes : 1.1 - 4.3 m/s " " " "
Pression différentielle moyenne : -13 à +1 Pa (Pe > Pi => Δp > o)

N.B. : Les valeurs indicées (*) sont caractéristiques d'un nombre faible de périodes de mesure disponibles

Table II : CAMPAGNE DE MESURE A "CONCENTRATION CONSTANTE" : RESULTATS OBTENUS

Unités solaires du LESO - Mois de mars à mai 1984

Flux d'air moyens et écarts-type - Unités en m^3/h

Systèmes	Infiltration globale sans occupants	Infiltration de l'extérieur	Infiltration de l'intérieur sans occupants	Infiltration de l'intérieur avec occupants
Gain direct (film IR)	5 ± 2	non mesurable	5 ± 3	5 ± 3
Gain direct 2	14 ± 2	6 ± 0.2	7 ± 2	9 ± 3
Mur modulaire	(*)64 ± 21	42 ± 4	(*)23 ± 27	-
Double-peau	10 ± 4	4 ± 0	5 ± 4	13 ± 1
Gain direct 1	14 ± 4	8 ± 1	5 ± 4	-
Serre	38 ± 13	32 ± 10	(*) 6 ± 22	-
Local de référence	25 ± 2	15 ± 1	10 ± 4	-
Hybride à air	(*)59	30 ± 5	(*)29 ± 5	32 ± 5

Températures extérieures moyennes : 5 - 18°C *périodes de mesures multiples*

Vitesses de vent moyennes : 1.1 - 4.3 m/s " " " "

Pression différentielle moyenne : -13 à +1 Pa (Pe > Pi => Δp > o)

N.B. : Les valeurs indicées (*) sont caractéristiques d'un nombre faible de périodes de mesure disponibles

Table I : CAMPAGNE DE MESURE PAR "DECAY" : RESULTATS OBTENUS

Bâtiment LESO - Unité solaires - Mois de février 1984.

Volumes physiques, taux de renouvellement moyens et écarts-type

Système	Volume physique m^3	Taux de renouvellement moyens h^{-1}
Gain direct (film IR)	86 m^3	0.16 ± 0.04
Gain direct 2	86 m^3	0.31 ± 0.12
Mur modulaire	189 m^3	0.38 ± 0.13
Double peau	86 m^3	0.18 ± 0.10
Gain direct 1	86 m^3	0.39 ± 0.22
Serre	158 m^3	0.43 ± 0.18
Local de référence	86 m^3	0.50 ± 0.15
Hybride à air	132 m^3	0.48 ± 0.13

Température extérieure moyenne : + 0.2°C

Vitesse de vent moyenne : 3.6 m/s

Direction de vent moyenne : -23.2°

Pression différentielle moyenne : +1.6 Pa (Pe > Pi => Δp > o)

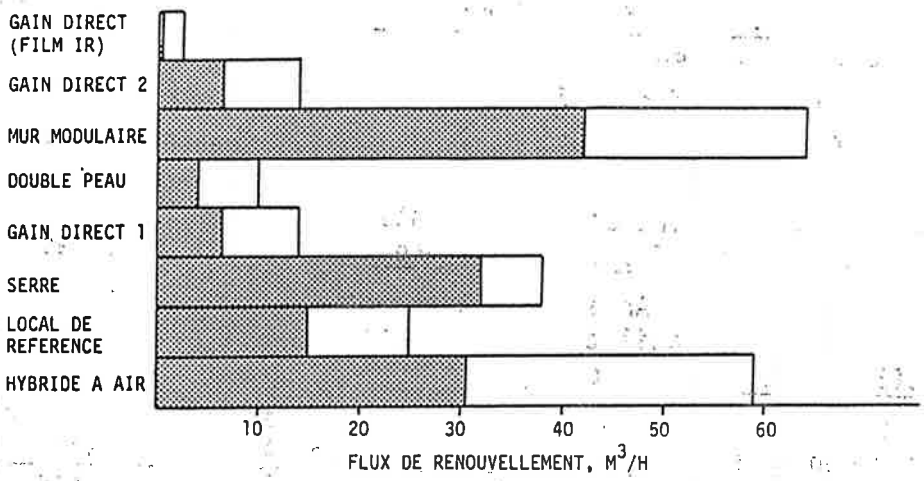

Fig. 7 : Valeurs moyennes des flux d'air globaux mesurés en mode "concentration constante".
Les flux d'air frais extérieur sont représentés en plage tramée.

5. CONCLUSIONS

Le dispositif développé présente principalement l'avantage d'être à même de fonctionner selon la méthode de la "concentration constante". Il offre l'opportunité de permettre la mesure des flux d'air échangés entre divers locaux et leur environnement, en présence des occupants. De part le nombre de points de mesure disponible, l'analyse des flux particuliers (air frais extérieur, échange entre pièce, ...) peut être réalisée grâce à la régulation à "concentration constante" des pièces intérieures. Les autres inconvénients propres aux 2 autres modes de mesure (principalement perturbation dû au volume de mixage) sont bien évidemment évités.

La continuation des mesures en présence d'occupants, limitées par la mise en route tardive de la version finale de l'appareil, est d'ores et déjà envisagée pour les campagnes de mesure à venir.

6. REFERENCES

{1} A. Faist and al, "The passive solar energy building LESO, a new tool for passive and hybrid systems investigations", Proc. of the 2nd International Congress on Building Energy Management - Ames, Iowa (USA) 30th May-3rd June 1983.

{2} J.-L. Scartezzini et coll., "Laboratoire d'énergie solaire LESO", Projet NEFF 110, Rapport intermédiaire 83-03-01, GRES-EPFL, Lausanne (1983).

{3} M. Liddament and C. Thompson, "Techniques and instrumentation for the measurement of air infiltration in buildings - a brief review and annotated bibliography", AIC Technical note 10, Bracknell (UK), (1983).

{4} -, "Air infiltration instrumentation and measuring techniques", Proc. of 1st AIC conference, Windsor (UK), 6-8 October 1980.

{5} -, "CESAR : Compact Equipment for Survey of Air Renewal",communication à la réunion du groupe "On-site measurements" de l'ISO, Washington DC, (USA), 4-6 April 1984.

{6} -, "CESAR : Descriptif de l'installation", rapport interne du GRES-EPFL, Lausanne (1984).

{7} Sharer and al, "Effects of chronic exposure to nitrous oxyde on Methionine synthase activity", British Journal of Anaesthesia, 55, 693-701 (1983).

{8} P.F. Collet, "Continuous measurements of air infiltration in occupied dwellings", Proc. of 2nd AIC Conference, Sweden, 21-23 September 1981.

{9} L. Lundin and al, "An automated air infiltration measurement system - its design and capabilities : preliminary experimental results", Proc. of CIB Congress, Stockholm (Sweden), 1983.

{10} P.E. Condon and al, " An automated controlled - flow air infiltration measurement system", Proc. of Symposium on Air infiltration and Air change rate measurements, ASTM, Washington DC (USA), March 1978.

{11} D.T. Harrje, "Automated instrumentation for air infiltration measurements in buildings", Center of Environmental Studies - Report No 13, Princeton University (USA), April 1975.

Remerciements

Ce travail a pu être réalisé grâce au financement du Fonds National Suisse pour l'Energie (NEFF).

L'auteur principal exprime sa reconnaissance au Prof. J. Freeman du Service d'Anesthésiologie du CHUV et au Dr. A. Dirlewanger du Service d'ORL pour leurs conseils cliniques.