



AIC CH 8

#1078

ASSAINISSEMENTS THERMIQUES SUR L'IMMEUBLE  
" LA CHAUMIERE " ( I.E.A. ANNEXE XI )

FAVRE Pascal  
TRACHSEL Christian

DIRECTION DES TRAVAUX  
GROUPE ECONOMIE ENERGIE BATIMENT  
VILLE DE LAUSANNE

A

RESUME

Le contrôle en continu de l'immeuble " La Chaumière " ( instrumenté depuis la fin 1980 ) a permis la mise en évidence de ses faiblesses thermiques. C'est pourquoi, la ville de Lausanne a décidé d'entreprendre des travaux d'assainissement sans toutefois démonter l'installation de mesures en place ; ainsi il sera possible de mesurer in situ l'efficacité des rétrofits effectués, de même que leur action sur le confort intérieur ou sur le comportement des habitants.

Il est prévu d'effectuer les assainissements thermiques de manière séquentielle ; on pourra ainsi mettre en évidence l'effet soit de chaque rétrofit séparé, soit d'un ensemble de rétrofits, ce qui permettra de quantifier les empiètements éventuels.

Depuis la fin de l'année 1980, l'immeuble " La Chaumière ", propriété de la ville de Lausanne, fait l'objet d'un contrôle continu détaillé (\*). En effet, une chaîne d'acquisition de données à l'intérieur de ce bâtiment permet d'enregistrer chaque quart-d'heure sur bande magnétique les résultats de 600 sondes de mesure distribuées entre la météo, les ouvertures de fenêtres des locaux, l'installation de chauffage, les ouvertures de fenêtres, les flux de chaleur à travers les parois et les dalles (réf. 2).



Photographie de la  
façade OUEST de "la  
Chaumière "

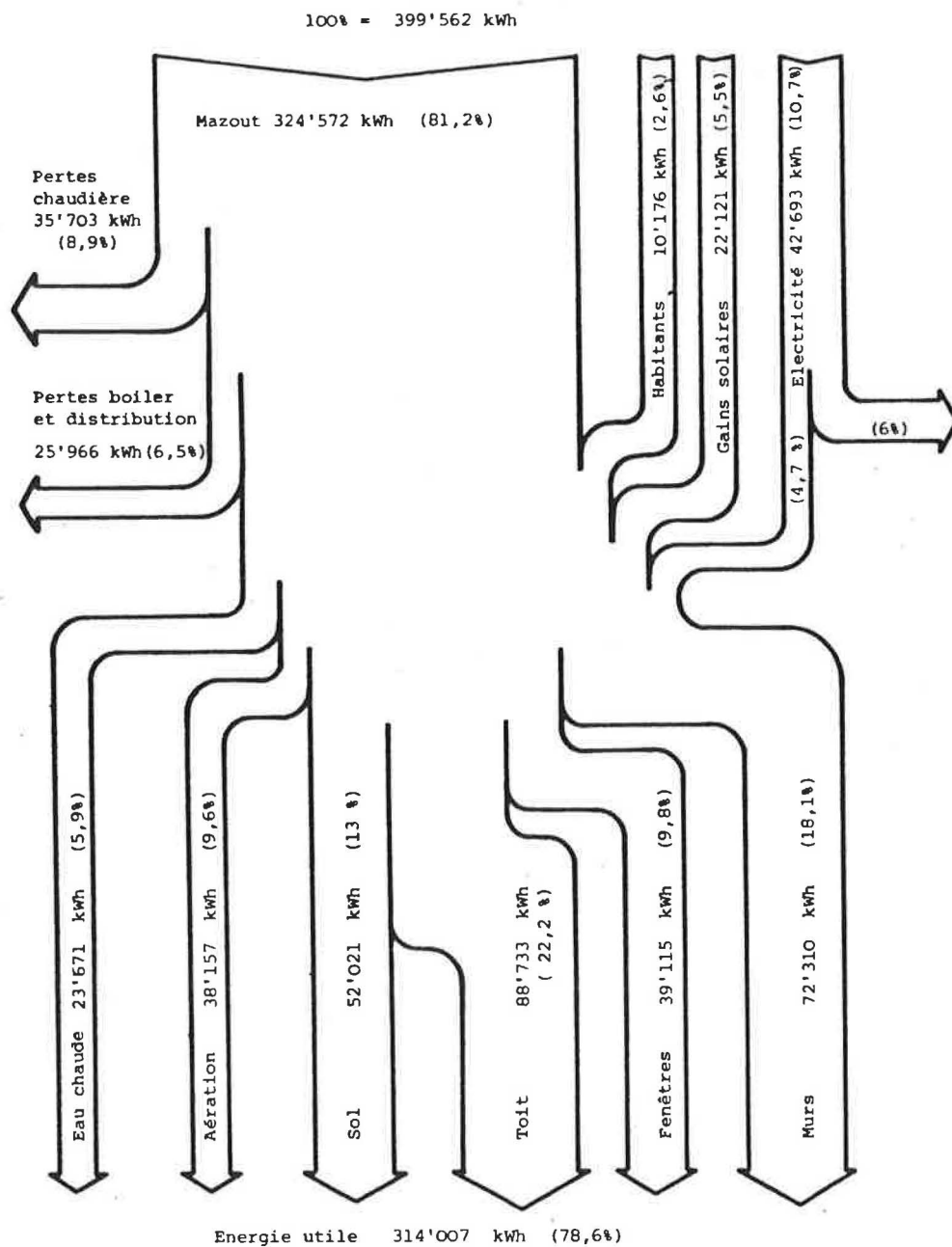
Ce bâtiment construit  
en 1957 comporte 24  
appartements répartis  
sur 4 étages

Le système de chauffa-  
ge comprend une chau-  
dière combinée à mazout  
d'une puissance de  
192 kW.

(\*) Ce programme de recherche a été financé par le NEFF et exécuté par l'EPFL sous mandat de l'Office Fédéral de l'Energie (Réf. 1).

Le traitement par ordinateur des données expérimentales ainsi obtenues a permis de visualiser le comportement thermique dynamique de cet immeuble compte tenu des conditions climatiques (réf. 3) ; en particulier, des études détaillées ont été effectuées en ce qui concerne les renouvellements d'air, l'installation de chauffage, le bilan thermique des locaux et l'influence de l'habitant sur la consommation ( les rapports sur ces travaux peuvent être obtenus auprès de l'EPFL).

Simultanément, une étude de cas basée sur les directives du cours de l'Impuls-Programm a été entreprise, le résultat étant résumé dans le diagramme de flux ci-dessous.



Les prédictions de cette méthode d'évaluation du bilan thermique d'un bâtiment locatif peuvent ainsi être confrontées avec la réalité, ceci étant aussi vrai pour les méthodes de calcul beaucoup plus élaborées comme par exemple le programme américain DOE - 2 que l'EMPA utilise actuellement et que les données de la Chaumière devraient permettre de valider pour la Suisse.

Cette démarche de l'Impuls-Programm a été menée à son terme qui est l'établissement d'un plan d'améliorations thermiques d'une part par le Groupe Economie d'Energie dans le Bâtiment (GEEB) de la ville de Lausanne et d'autre part par le bureau d'ingénieurs O. Barde (Genève) mandaté par l'OFE. Sur la base de ces rapports, la ville de Lausanne a décidé d'entreprendre dès l'été 1982 des travaux d'assainissements thermiques mais sans toutefois démonter l'installation de mesures en place ; ainsi, il sera possible de contrôler in situ l'efficacité des rétrofits effectués, de même que leur effet sur le confort intérieur ou sur le comportement des habitants.

De plus, il est prévu de faire exécuter les améliorations thermiques choisis de manière séquentielle ; en procédant de cette manière, il sera donc possible de mettre en évidence l'effet soit de chaque rétrofit pris séparément, soit d'évaluer les effets secondaires ou les empiètements engendrés par le cumul de plusieurs assainissements thermiques.

Jusqu'à la fin de l'année 1982, les rétrofits qui ont été sélectionnés pour l'immeuble " La Chaumière " sont, dans l'ordre chronologique de leur exécution :

- amélioration de l'efficacité de l'installation de chauffage pour la production de l'eau chaude en période estivale ;
- isolation des caissons de stores ;
- isolation de la dalle sous-toiture ;
- isolation de la dalle sur sous-sols ;
- construction d'un sas d'entrée.

Afin d'explicitier quelque peu comment l'exploitation des mesures enregistrées à " La Chaumière " peut contribuer à l'évaluation de l'efficacité d'un rétrofit particulier, nous donnons ci-dessous quelques exemples d'expériences qui ont déjà été pratiquées sur ce bâtiment.

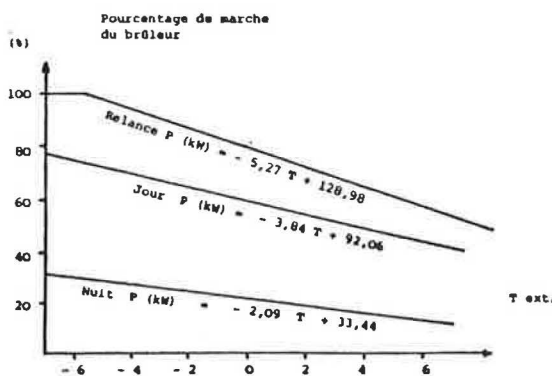
1. Abaissement nocturne de la température intérieure des locaux

La régulation automatique qui se trouve actuellement sur l'installation de chauffage est munie d'une horloge permettant la fermeture complète, entre 23h.00 et 06h.00 de la vanne mélangeuse placée sur le circuit de distribution de l'eau de chauffage. Ainsi, pendant la nuit, il n'y a pas de chaleur qui est transmise de la chaudière au bâtiment; pendant cette période, le brûleur ne marche que pour le maintien en température de la chaudière et du boiler.

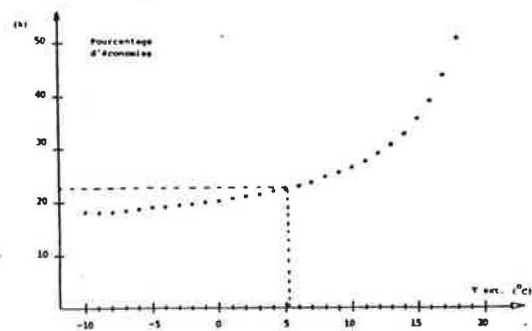
Ensuite, entre 06h.00 et 07h.00, cette vanne mélangeuse s'ouvre au maximum afin de compenser le plus rapidement possible l'absence de chauffage pendant la période de nuit. Puis entre 07h.00 et 23h.00 le fonctionnement de l'installation de chauffage est celui commandé par " la courbe de chauffe " de la régulation.

Ce mode de fonctionnement suivant trois régimes distincts ( jour, nuit, relance ) de l'installation de chauffage qui est assez traditionnel pour la Suisse soulève toujours la même question chez les utilisateurs; est-ce que le surplus de consommation nécessaire le matin pendant la période de relance n'annihile pas les économies réalisées pendant la nuit ?

Une réponse sans équivoque à cette question peut en fait être obtenue par l'analyse des signatures énergétiques de chacun de ces trois régimes (réf. 4). Les graphiques ci-dessous montrent les signatures énergétiques pour les périodes de jour, de nuit et de relance obtenues pour l'immeuble de la Chaumière, ainsi que l'efficacité de l'abaissement nocturne de la température intérieure des locaux que l'on peut en déduire. En particulier, il est intéressant de constater que l'efficacité d'une telle mesure d'économies énergétiques est une fonction de la température extérieure; par exemple, pour une température moyenne de la saison de chauffe de 5,2°C on réalise 22 % d'économies.



Signatures énergétiques des régimes de nuit, jour et relance pour " La Chaumière "

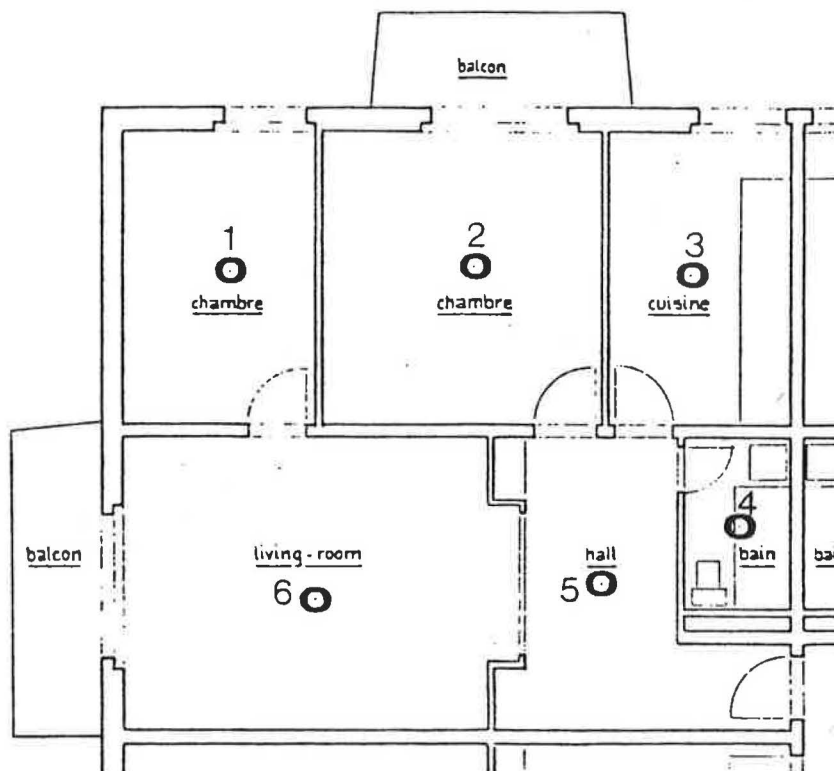


Efficacité de la réduction nocturne du chauffage en fonction de la température extérieure

2. Effet de la pose de joints d'étanchéité sur les cadres de fenêtre

L'efficacité d'une telle intervention a été déterminée en mesurant le taux horaire de renouvellement de l'air d'un appartement avant et après la pose des joints.

La méthode utilisée est celle du Tracer-gas qui consiste à suivre l'évolution temporelle de la concentration d'un gaz étranger que l'on a injecté dans l'appartement, l'appareillage utilisé permettant la mesure simultanée de 6 sondes de mesure, chacune d'elles étant placée dans une pièce différente à 1,20 m. de haut et au centre de la pièce.



On détermine ainsi le taux de renouvellement de l'air  $n$  pour chacune des différentes pièces de l'appartement ce qui permet de déduire la valeur  $\bar{n}$  appartement en prenant la valeur moyenne pondérée par les volumes respectifs des pièces de l'appartement.

Avant la pose des joints d'étanchéité le taux de renouvellement de l'air  $\bar{n}$  appartement a été déterminé avec toutes les fenêtres de l'appartement fermées et dans les conditions climatiques suivantes :

$$T_{\text{ext.}} = - 1,1 \text{ } ^\circ\text{C}$$

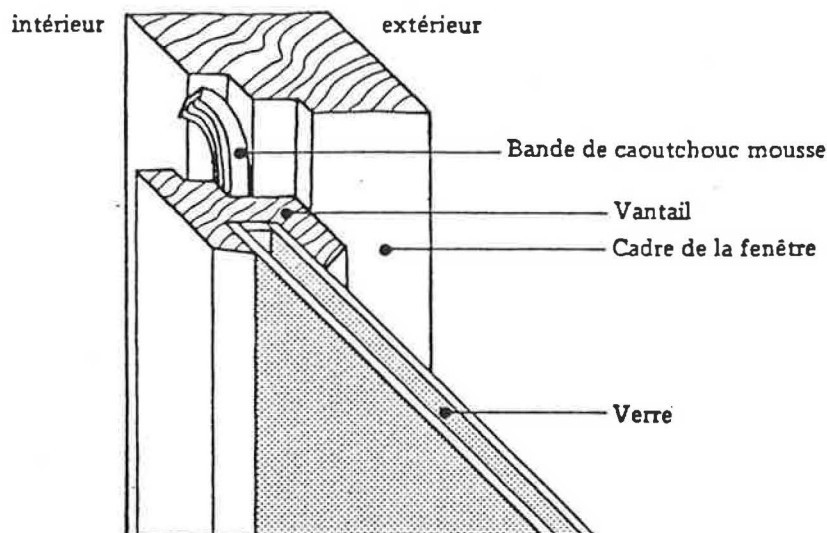
$$\text{vitesse du vent} = 6,5 \text{ m/s (N/W)}$$

$$T_{\text{int.}} = 24,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Le résultat étant  $\bar{n}$  appartement =  $0,23 \text{ h}^{-1}$ , ce qui indique que les infiltrations d'air dans cet immeuble sont de faible importance.

Après la pose des joints en caoutchouc mousse TESA MOLL sur tous les cadres des fenêtres de l'appartement comme indiqué sur le dessin

Bande de caoutchouc mousse profilée dans la feuillure de pression.



nous avons à nouveau déterminé le taux de renouvellement de l'air  $\bar{n}$  appartement dans des conditions climatiques assez proches de la première série de mesure :

$$T \text{ ext.} = - 3,1 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

$$\text{vitesse du vent} = 7,2 \text{ m/s (N/W)}$$

$$T \text{ int.} = 24,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Le résultat étant  $\bar{n}$  appartement =  $0,20 \text{ h}^{-1}$

La comparaison de ces deux séries de mesures montre que " l'amélioration " apporté à l'étanchéité des cadres de fenêtres est pratiquement nulle, puisque de  $0,23 \text{ h}^{-1}$  le taux de renouvellement de l'air dû à l'infiltration passe à  $0,20 \text{ h}^{-1}$  après la pose de joints d'étanchéité.

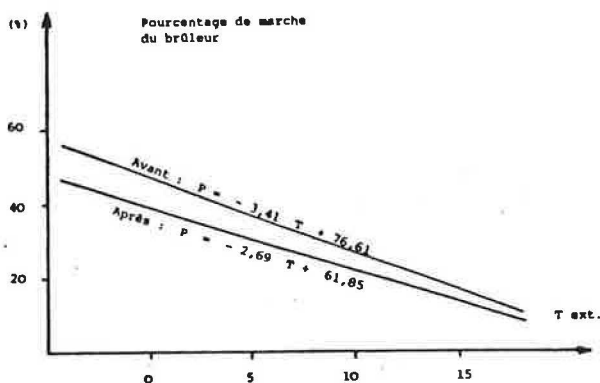
Cette mauvaise efficacité est en fait explicable par la bonne qualité des cadres de fenêtres.



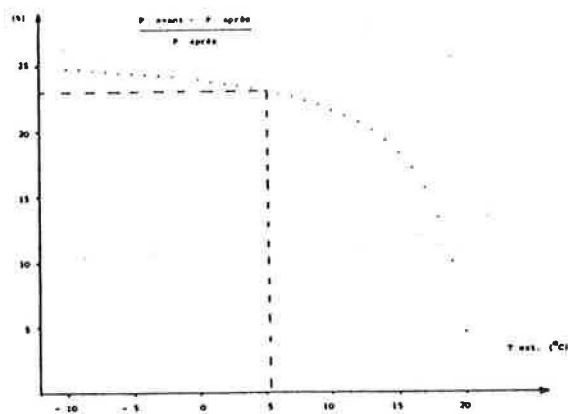
3. Abaissement des valeurs de consigne des thermostats de la chaudière et du boiler

Jusqu'à fin mars 1981, les valeurs de consigne des thermostats de la chaudière et du boiler de l'immeuble " La Chaumière " étaient de 80 °C et 70°C respectivement. Par la suite, ces valeurs ont été abaissées à 70°C et 60°C respectivement et il s'en est suivi une notable économie d'énergie. A nouveau, pour chiffrer l'efficacité de cette intervention nous utilisons la méthode de la Signature Energétique; on voit alors nettement sur les graphes ci-dessous que :

- la signature énergétique obtenue sur la base des moyennes journalières a varié de manière significative suite à cette intervention.
- l'efficacité de ce réglage des thermostats est une fonction de la température extérieure.



Signature énergétique avant et après le réglage des thermostats



Efficacité du réglage des thermostats

En particulier, pour l'ensemble de la saison de chauffe dont la température extérieure moyenne est de 5,2 °C l'économie qui a ainsi été réalisée grâce à cet abaissement des valeurs de consigne des thermostats est de 23 %.



#### 4. Efficacité des vannes thermostatiques

L'analyse des mesures relatives à l'installation de chauffage et aux corps de chauffe a permis de mettre en évidence l'existence d'une relation linéaire entre la puissance fournie par un radiateur et la température extérieure :

$$P = R ( \bar{T} - T \text{ ext. } )$$

avec  $P$  = puissance en W fournie par le radiateur au local

$\bar{T}$  = valeur en °C de la température extérieure pour laquelle le corps de chauffe ne fournit plus d'énergie au local considéré

$R$  = coefficient global des pertes pour le local  
( en W/ °K )

#### Exemple :

Pour une pièce de 45 m<sup>3</sup> caractérisée par un coefficient moyen théorique  $\bar{k}_{th.} = 1,85 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$  et une surface d'enveloppe de 8,57 m<sup>2</sup>, nous avons trouvé :

$$P ( W ) = 20,26 ( 21,09 - T \text{ ext. } )$$

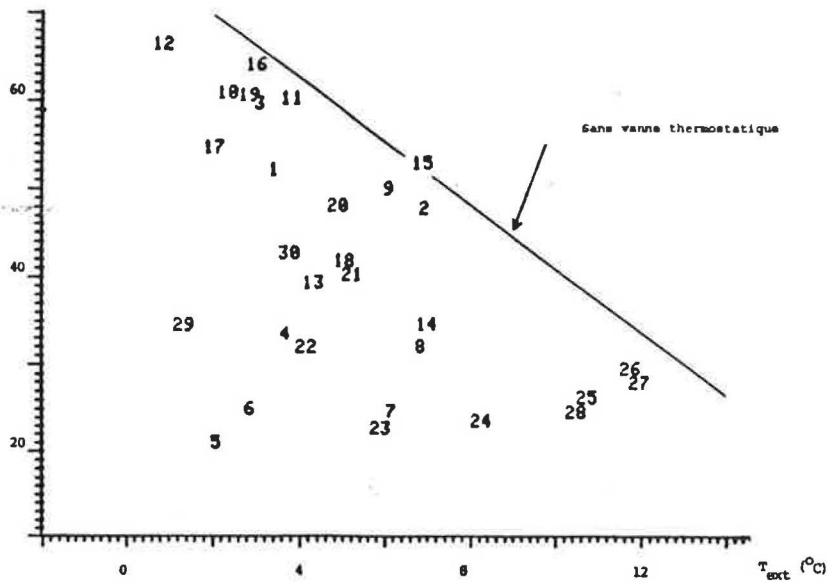
Le taux de renouvellement d'air mesuré étant de 0,35 h<sup>-1</sup>, on peut déduire de la formule ci-dessus le coefficient moyen effectif

$$\bar{k}_{eff.} = \frac{20,26 - 0,32 \times 0,35 \times 45}{8,57} = 1,78 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{K}$$

c'est-à-dire un écart de 4% avec la théorie.

Le bilan thermique de chacune des pièces de l'immeuble ayant ainsi été établi, nous avons installé au début de 1982 des vannes thermostatiques sur plusieurs corps de chauffe afin de voir comment se modifierait ce bilan.

Le résultat obtenu pour le mois de mars 1982 dans le cas de la pièce citée en exemple ci-dessus est représenté sur le graphe suivant :



Puissance fournie par un radiateur équipé de vanne thermostatique en fonction de la température extérieure

Les jours de mesures étant séquentiellement numérotés, on voit que la relation linéaire entre puissance fournie et température extérieure n'est plus du tout vérifiée, l'explication étant que les gains solaires sont effectivement pris en compte par la vanne thermostatique.

Pour la période considérée (mars 1982) la puissance moyenne fournie par le radiateur sans vanne thermostatique aurait été de 319 Watts alors qu'elle n'a été que de 230 Watts, soit une économie de 28 %, équivalente à 32 kW/h (ou 2,75 kg de mazout).

## Références

1. A. FAIST, P. FAVRE, Ch. TRACHSEL, Immeuble instrumenté  
" La Chaumière " Wärmeschutz Seminar. Zürich - Octobre 1980
2. A. FAIST, P. FAVRE, Ch. TRACHSEL, Instrumented building  
" La Chaumière " Third International Symposium CIB W 67  
Dublin Avril 1982
3. P. FAVRE, Ch. TRACHSEL " Erste resultate vom Messgebäude  
" La Chaumière der ETH Lausanne " SIA Heft 30/31 (1982)
4. P. FAVRE, Ch. TRACHSEL " La Signature Energétique, outil du  
diagnostic thermique des bâtiments " Revue Chantiers No 7 1982