

Publications RAVEL

# Renouvellement d'air Extraction d'air des baignoires, WC, cuisines

Georges Spoehrle



Ecaterina Siegenthaler Ursu

RAVEL, - Publications RAVEL,

Office fédéral des questions conjoncturelles

**Adresses:**

Editeur: Office fédéral des questions conjoncturelles (OFOC)  
Belpstrasse 53  
3003 Berne  
Tél.: 031/61 21 39  
Fax: 031/46 41 02

Direction: RAVEL  
c/o Amstein+Walthert AG  
Leutschenbachstrasse 45  
8050 Zürich  
Tél.: 01/305 91 11  
Fax: 01/305 92 14

Responsable Charles Weinmann  
romand: Weinmann-Energies SA  
Route d'Yverdon 4  
1040 Echallens  
Tél.: 021/881 47 13  
Fax: 021/881 10 82

Chef du domaine: Charles Weinmann  
Weinmann-Energies SA  
Route d'Yverdon 4  
1040 Echallens  
Tél.: 021/881 47 13  
Fax: 021/881 10 82

Auteurs: Georges Spoehrle  
Ecaterina Siegenthaler  
Ursu ERTE  
Ingenieurs conseils SA  
Rue du Tunnel 15  
1227 Carouge  
Tél.: 022/300 21 20  
Fax: 022/300 21 60

Cette étude appartient à l'ensemble des projets d'étude effectués par des diers dans le cadre du programme d'impulsion RAVEL. L'Office fédéral des questions conjoncturelles et la Direction du programme autorisent la publication de ce rapport, sous la responsabilité des auteurs et des chefs des domaines concernés.

Copyright Office fédéral des questions conjoncturelles  
3003 Berne, février 1993

Reproduction autorisée, avec mention de la source.

Commande auprès de l'Office fédéral central des imprimés et du matériel, Berne (No de com. 724.397.11.51 F)

Form. 724.397.11.51 F 02.93 500

RAVEL - Publications RAVEL

## 1. RESUME

Le but de cette étude est d'analyser la consommation d'énergie électrique des différents types d'installations de ventilation qui assurent le renouvellement et l'extraction d'air des salles de bains, WC et cuisines dans l'habitat. Cinq types d'installations de ventilation de concepts différents ont été sélectionnés, afin d'étudier les systèmes les plus répandus. Parmi les systèmes étudiés figure aussi une installation double-flux avec récupération de la chaleur de l'air vicié qui fonctionne depuis une dizaine d'années.

Compte tenu de la grande diversité des appareils utilisés sur le marché et de l'éventail de leurs performances, l'étude n'est pas exhaustive. Elle fournit plutôt les lignes principales qui peuvent être suivies pour analyser différents systèmes, afin de les comparer et d'optimiser de nouvelles installations.

La consommation d'électricité pour le renouvellement d'air des immeubles de logements, des immeubles mixtes et similaires en Suisse doit se situer entre 500 et 1000 GWh/an, représentant 1 à 2 % de la consommation d'électricité totale.

Cette analyse laisse supposer un potentiel d'économie d'énergie électrique très important, étant donné les rendements médiocres (0,18 - 0,30) de la plupart des ventilateurs d'un débit d'air nominal inférieur à 2'500 m<sup>3</sup>/h, couvrant la quasi totalité des besoins de ventilation des immeubles locatifs moyens en Suisse.

Si l'on ajoute encore le surdimensionnement d'une grande partie de ces installations d'un facteur de 1,5 à 2,0 et la tendance vers des taux de renouvellement d'air plus faibles, l'on obtient un potentiel d'économie d'électricité dans cette catégorie de bâtiments (500'000 unités) de 50 % se situant dans une fourchette de 250 à 500 GWh/an.

L'énergie thermique nécessaire pour chauffer cet air en hiver s'élève à environ 800'000 tonnes de mazout (9'500 GWh/an) représentant environ 7 % de la consommation des produits pétroliers ou environ 15 % de la consommation d'huile extralégère. De plus, si l'on équipait tous les systèmes de ventilation d'une récupération de la chaleur de l'air vicié, le potentiel d'économie d'énergie thermique s'élèverait à dix fois plus encore que l'énergie électrique, 4000 à 5000 GWh/an, ou environ 400'000 tonnes de mazout qui pourrait être exploité, tout au moins partiellement.

Le système de ventilation double-flux (VDF), avec récupération de la chaleur contenue dans l'air vicié, semble s'acheminer vers sa maturation. En effet, bien que quelques contraintes architecturales exigeant un surcroît de travail et de soins à l'étude et à l'exécution, le dédoublement des gaines et le coût, l'économie d'énergie thermique est si importante que la VDF se situe, du point de vue coût et économie d'énergie, nettement avant les capteurs solaires pour la préparation d'eau chaude sanitaire.

## 1. ZUSAMMENFASSUNG

Das Ziel dieser Studie ist den elektrischen Energieverbrauch der Lüftungs-installationen von Wohngebäuden zu messen. Fünf weitverbreitete Lüftungskonzepte wurden untersucht : eines dieser Systeme ist ein 2-Rohrsystem mit Wärmerückgewinnung.

Diese Untersuchung kann natürlich nicht vollständig sein, liefert aber genügend gesichertes Grundwissen um ähnliche Systeme untereinander zu vergleichen und um neue Lüftungsanlagen zu optimieren.

Die Lüftungsanlagen von Mehrfamilienhäuser, gemischten Wohngebäuden und ähnlichen Gebäuden verbrauchen ungefähr 1-2 % (500 - 1000 GWh/Jahr) des Gesamtelektrizitätsverbrauches der Schweiz.

Das Energiesparpotential muss beträchtlich sein, da die Wirkungsgrade dieser Kategorie der kleinen bis mittleren Ventilatoren bis ca 2'500 m<sup>3</sup>/h effektiv sehr niedrig (0, 18 0,30) und sehr weitverbreitet sind. Anbetracht dessen, dass heute noch mit einer 1,5 bis 2 fachen Ueberdimensionierung gerechnet wird, und die Tendenz zu noch niedrigeren Lüfterneuerungszahlen noch addiert, ergibt sich bei einem Gebäudebestand von rund 500'000 Einheiten ein Sparpotential von ungefähr 250 - 500 GWh/Jahr elektrischer Energie.

Die nötige thermische Energie um diese Aussenluft zu erwärmen beträgt ungefähr 800'000 Tonnen Heizoel (9'500 GWh/Jahr) das 7 % des Gesamterdölverbrauches oder 15 % des Heizoel extra-leicht entspricht. Das thermische Energiesparpotential von 4000 - 5000 GWh/Jahr oder 400'000 Tonnen Erdöl könnte mittels Wärmerückgewinnungsanlagen mindestens teilweise ausgeschöpft werden.

Die 2-Rohr Lüftungsanlagen mit Wärmerückgewinnung sind bald ausgereift und sind punkto Kosten-Nutzenverhältnis den Sonnenenergieanlagen für Warmwasser-produktion eindeutig überlegen.

# TABLES DES MATIERES

<b>1.</b>	<b>RESUME</b>	<b>6</b>
<b>2.</b>	<b>SYMBOLES, INDICES, ABREVIATIONS</b>	<b>8</b>
2.1	Liste des symboles	8
2.2	Liste des indices	10
2.3	Liste des abréviations	11
<b>3.</b>	<b>BASES DE DONNEES</b>	<b>12</b>
3.1	Plans et schémas	12
3.2	Relevés, renseignements	12
3.3	Références de base	12
<b>4.</b>	<b>HYPOTHESES DE CALCUL</b>	<b>13</b>
4.1	Hottes cuisines	13
4.2	Toilettes (turbinettes)	13
4.3	Salles de bain (turbinettes)	13
4.4	Ventilateur (installations centralisées)	13
4.5	Considérations générales	14
<b>5.</b>	<b>FORMULES UTILISEES</b>	<b>15</b>
<b>6.</b>	<b>MESURES SUR PLACE</b>	<b>20</b>
6.1	Grandeurs mesurées	20
6.2	Appareils de mesures utilisés	20
6.2.1	Mesure du niveau de bruit	20
6.2.2	Mesure de pression	20
6.2.3	Mesure de la vitesse et de la température de l'air	20

6.2.4	Mesure de la tension électrique, intensité courant électrique	20
6.2.5	Mesure de la puissance active, réactive et apparente	20
6.2.6	Mesure de la tension électrique, de l'intensité du courant électrique	21
6.2.7	Mesure de la puissance active instantanée maximale, minimale et moyenne	21
6.3	Particularités des mesures	21
<b>7.</b>	<b>CLASSIFICATION DES INSTALLATIONS</b>	<b>22</b>
<b>8.</b>	<b>INSTALLATIONS MESUREES</b>	<b>23</b>
8.1	<u>Systeme 1</u> : SDB + WC, centralisés (soupapes non motorisées); CU : hottes individuelles motorisées	23
8.1.1	Description de l'installation	23
8.1.2	Mesures effectuées	24
8.1.3	Principaux appareils de l'installation de ventilation	24
8.2	<u>Systeme II</u> : SDB + WC + CU centralisés (soupapes non motorisées)	35
8.2.1	Description de l'installation	35
8.2.2	Mesures effectuées	36
8.2.3	Principaux appareils de l'installation de ventilation	36
8.3	<u>Systeme III</u> : SDB, D, WC individuels (turbinettes commandées par l'éclairage), CU : hottes individuelles motorisées (monotubulaire)	41
8.3.1	Description de l'installation	41
8.3.2	Mesures effectuées	41
8.3.3	Principaux appareils de l'installation de ventilation	42

8.4	Système IV : SDB + WC centralisés au moyen d'un double-flux (VDF) avec récupération de la chaleur de l'air vicié; CU : hottes individuelles motorisées	51
8.4.1	Description de l'installation	51
8.4.2	Mesures effectuées	52
8.4.3	Principaux appareils de l'installation de ventilation	52
8.4.4	Bilan énergétique de la récupération de la chaleur	53
8.5	Système V : SDB + WC centralisés avec ventilateur à débit variable (soupapes motorisées) SDB, WC individuels (turbinettes motorisées) dans les combles CU : hottes individuelles motorisées	62
8.5.1	Description de l'installation	62
8.5.2	Mesures effectuées	62
8.5.3	Principaux appareils de l'installation de ventilation	65
<b>9.</b>	<b>OBSERVATION GENERALES</b>	<b>71</b>
<b>10.</b>	<b>CONCLUSIONS</b>	<b>73</b>
<b>11.</b>	<b>POTENTIEL D'ECONOMIE D'ENERGIE</b>	<b>76</b>
11.1	Energie thermique	76
11.2	Energie électrique	76
	<b>ANNEXES</b>	<b>78</b>

## 2. SYMBOLES, INDICES, ABREVIATIONS

### 2.1 Liste des symboles

Abréviations Unités de mesure

A	m <sup>2</sup>	Surface de l'unité d'exploitation
a	m	Longueur de la section mesurée
b	m	Largeur de la section mesurée
Coût	Fr.	Coût de l'installation
cp	kJ/kg K	Chaleur spécifique
D	m <sup>3</sup> /h	Débit volumétrique de l'air
DJ	K jour/an	Degré - jour
d	m	Diamètre des gaines d'air ou des différents tuyaux
E	kWh/m <sup>2</sup> an	Energie spécifique (énergie électrique annuelle consommée par m <sup>2</sup> )
E <sub>ch</sub>	MJ/m <sup>2</sup> an	Indice de dépense d'énergie (chaleur)
E <sub>h</sub>	kWh	Energie électrique horaire consommée
E <sub>24h</sub>	kWh	Energie électrique journalière consommée
E <sub>soup</sub>	kWh/an soupape	Energie électrique consommée par nombre de soupapes
E <sub>sp</sub>	J/m <sup>3</sup>	Energie électrique spécifique consommée par l'installation de ventilation, par m <sup>3</sup> d'air transporté
E <sub>vol</sub>	kWh/m <sup>3</sup> an	Energie électrique annuelle consommée par m <sup>3</sup> ventilé
E <sub>o</sub>	kWh/an	Energie annuelle consommée lorsque les appareils sont à l'arrêt
FD		Facteur surdimensionnement
FDP		Facteur surdimensionnement selon puissance
FDV		Facteur surdimensionnement selon débit
f <sub>b</sub>	—	Facteur d'exploitation
H <sub>u</sub>	kWh/Nm ou MJ/kg	Puissance calorifique inférieure du combustible utilisé pour chauffage et eau chaude sanitaire
h <sub>a</sub>	h/an	Durée d'utilisation des locaux d'une installation
h <sub>b</sub>	h/an	Temps d'enclenchement
h <sub>o</sub>	h/an	Durée de maintien de la disponibilité
h <sub>24h</sub>	h/jour	Durée de fonctionnement journalier
I	A	Intensité du courant électrique
L <sub>trajet</sub>	m	Longueur du plus long tronçon du trajet des gaines

N	—	Nombre d'un élément composant de l'installation
n	l/h	Taux de renouvellement d'air
P	W	Puissance électrique absorbée
$P_b$	W/m <sup>2</sup>	Puissance électrique absorbée par m <sup>2</sup> ventilé
$P_i$	W/m <sup>2</sup>	Puissance électrique installée, par m <sup>2</sup> ventilé
$P_{i, vol}$	W/m <sup>3</sup>	Puissance électrique installée, par m <sup>3</sup> ventilé
$P_m$	W/m <sup>2</sup>	Puissance électrique moyenne absorbée par m <sup>2</sup> ventilé
$P_{m, vol}$	W/m <sup>3</sup>	Puissance électrique moyenne absorbée par m <sup>3</sup> ventilé
$P_{max}$	W/m <sup>2</sup>	Puissance électrique maximale absorbée, par m <sup>2</sup> ventilé
$P_o$	W/m <sup>2</sup>	Puissance en attente (stand-by) par m <sup>2</sup> ventilé
p	Pa	Pression de l'air
$\Delta p$	Pa	Différence de pression ou perte de charge
Q	kWh/an	Energie annuelle consommée
Qc	Nm <sup>3</sup> /an; l/an	Consommation annuelle de combustible pour la production de chaleur
Q <sub>tot</sub>	kWh/an	Energie finale totale consommée pour la production de la chaleur
R	—	Résistance électrique
r <sub>sp</sub>	—	Rapport spécifique Energie électrique ventilation/ Energie chauffage
S	VA	Puissance apparente
T	°C	Température
T <sub>ext, 24h</sub>	°C	Température extérieure moyenne journalière
t	h	Temps (moment de la mesure)
$\Delta t$	h	Intervalle de temps
U	V	Tension électrique
V	m <sup>3</sup>	Volume brut des locaux concernés par la prestation
V <sub>s</sub>	m <sup>3</sup> /h m <sup>2</sup>	débit volumique spécifique
v	m/s	Vitesse de l'air
$\eta_v$	—	Rendement du ventilateur
$\varphi$	—	Angle de déphasage
$\rho$	kg/m <sup>3</sup>	Masse volumique
$\omega$	rot/min	Vitesse de rotation

## 2.2 Liste des indices.

a	correspond à la surface
abl	air d'extraction
an	valeur annuelle
app	par appartement
brut	valeur brute
calcul	valeur de calcul
cat	selon catalogue
Ch	chaleur
débit	correspond au débit
disp	disponible
dyn	en régime dynamique
encl	à l'enclenchement
té	en été
tiquette	selon l'étiquette
ext	extérieur
gaz	combustible gaz
hiver	en hiver-
i	installé
lampe	lampes attachées (hottes de cuisine)-
m	valeur moyenne
max	valeur maximale
mazout	combustible mazout
mes	valeur mesurée
min	valeur minimale
moteur	pour le moteur
net	valeur nette
rec	système récupérateur
réel	valeur réelle
soup	nombre de soupapes (y compris bouches de pulsion pour le système IV)
sp	spécifique
st	en régime statique
tot	valeur totale-
v	pour le ventilateur
vol	correspond au volume
zl	air de pulsion

## 2.3 Liste des abréviations

Cu	Cuisine
D	Douche
GV	Grande vitesse
HC	Hotte de cuisine
MV	Moto-ventilateur
PV	Petite vitesse
SBP ou SRE	Surface brute de plancher ou surface de référence énergétique (selon SIA 380/4)
SDB	Salle de bain
SVN	Surface ventilée nette (surface pour laquelle on assure la ventilation: CU, D, SDB, WC)
TU	Turbinette
VBP ou VRE	Volume brut de plancher ou volume de référence énergétique
VDF	Ventilation double-flux avec récupérateur de chaleur
VVN	Volume ventilé net (volume pour lequel on assure la ventilation CU, D, SDB, WC)
WC	Toilettes

### Remarques

La base des notations utilisées est celle de la recommandation SIA 380/4 - "L'énergie électrique dans le bâtiment" N5302-6f 01.01.1992 (en consultation), à laquelle nous avons ajouté les symboles, indices et abréviations spécifiques de ce projet.

Par "soupape", nous avons désigné un point d'aspiration (soupape, hotte, grille, bouches de pulsion - système IV- etc.) situé dans un des locaux ventilés (CU, D, SDB, WC).

Nous avons rencontré quelques difficultés pour séparer et discerner l'énergie et la puissance dans les domaines ventilation, chauffage et électricité (E et Q) pour la même notion. Sujet à discuter. Il en est de même pour les surfaces A et S.

### **3. BASE DE DONNEES**

#### **3.1 Plans et schémas**

- Plans de l'architecte (Ech. 1:50 et/ou 1:100) sous-sol, rez-de-chaussée, étages, attiques, combles).
- Plans de l'immeuble fournis par l'entreprise qui a exécuté les installations de ventilation.
- Schémas électriques de ventilation et de régulations fournis par l'entreprise qui a exécuté les installations de ventilation

#### **3.2 Relevés, renseignements**

- Visites et relevés sur place du mois de juin à octobre 1991.
- Renseignements auprès des régies des immeubles étudiés.
- Renseignements auprès des Services industriels de Lausanne et de Genève, service du gaz.

#### **3.3 Références de base**

1. Normes SIA 180/4, 380/1 et 380/4.
2. "Units and conversions", ASHRAE Handbook, USA, 1984.
3. Recknagel-Sprenger - Manuel pratique du génie climatique, PYC Edition, 1980.
4. Diagramme de la fréquence de température pour Genève.
5. Informations Geberit, juillet 1988.
6. Documentation des fournisseurs et des fabricants.
7. Prospectus des appareils de mesure utilisés.
8. "Economies d'électricité : le cas des circulateurs dans les installations de chauffage" du 03.09.1991 de MM. Appelt et Keller (programme Ravel, projet 11.55) : schéma de raccordement de trois appareils EMU pour la mesure d'un moteur triphasé
9. CISBAT'91 "Energie solaire et bâtiment", conférence internationale à l'EPFL "Ventilation double-flux avec préchauffage solaire" p. 401 de G. Spoehrle.

## **4. HYPOTHESES DE CALCUL**

### **4.1 Hottes cuisines**

La puissance active prise en compte est de 0,8 de la somme des puissances absorbées par le moteur et par les lampes en raison de l'éclairage naturel déficitaire au dessus des plaques de cuisines.

Pour les hottes à plusieurs vitesses, seules la plus grande et la plus petite vitesse sont prises en considération. On admet 25 % du temps de fonctionnement pour la grande vitesse (et au plus élevé niveau du bruit) et 75 % pour la petite vitesse (préférée en raison du bruit restreint). La puissance et le débit moyen deviennent une valeur moyenne pondérée.

Pendant les jours ouvrables, on suppose 1,5 h/jour de fonctionnement et 2h/jour pour les jours fériés.

L'on peut donc supposer que les vacances et les week-ends, pendant lesquels les utilisateurs sont absents, réduisent la durée de fonctionnement des hottes de cuisines à 320 jours/année. Nous obtenons un total d'environ 600 heures de fonctionnement.

L'énergie spécifique consommée est uniquement calculée pour la grande vitesse.

### **4.2 Toilettes (turbinettes)**

Pris en compte : une famille moyenne de trois personnes.

Selon "Informations GEBERIT", une personne utilise 5-6 fois par jour les toilettes 2 fois pour les matières fécales et 4 fois pour uriner. Comme la plupart des personnes travaillent ou étudient, l'on peut admettre 4 utilisations/jour personne pendant 5 minutes à chaque fois et en moyenne 7 jours/semaine.

### **4.3 Salles de bain (turbinettes)**

Une utilisation journalière d'une heure par jour et personne est présumée (soit, 2 fois par jour à 30 minutes/utilisation), en moyenne sur 7 jours/semaine.

### **4.4 Ventilateur (installations centralisées)**

Le programme de fonctionnement du ventilateur est en général commandé par l'horloge (temps journalier et vitesse).

#### 4.5 Considérations générales

La surface de référence (SRE), calculée conformément aux recommandations SIA 180/4, ainsi que le volume de référence (VRE = SRE x hauteur de l'étage avec l'épaisseur de dalle comprise) permettent de calculer les valeurs spécifiques (énergie et puissance).

La surface (SVN) et le volume (VVN) ventilés nets qui décrivent la consommation spécifique d'énergie et de puissance pour les installations de ventilation et qui représentant la surface (volume) ventilés ( SDB, WC, CU) ont également été introduit.

La durée de fonctionnement d'une installation (hb) de ventilation composée de plusieurs équipements est calculée par une moyenne pondérée selon le nombre des éléments constitutifs et des heures respectives d'utilisation. La valeur obtenue est une moyenne annuelle qui correspond à un seul équipement hypothétique qui remplace tous les constituants et permet l'appréciation de la durée de maintien de disponibilité pour différentes installations.

## 5. FORMULES UTILISEES

Pour obtenir les différentes grandeurs nécessaires et pour apprécier le comportement énergétique d'une installation de ventilation, l'on utilise plusieurs formules de calcul qui peuvent être choisies et adaptées selon les situations réelles trouvées sur place.

No	Grandeur calculée	Unités	Formules de calculs	Observations
1	A	m <sup>2</sup>	$A = \pi \frac{d^2}{4}$ $A = a^2$ $A = a \cdot b$	selon géométrie
2	D	m <sup>3</sup> /h	$D = v \cdot A \cdot 3600$	
2'	D <sub>soupapes</sub>	m <sup>3</sup> /h	$D_{\text{soupapes}} = \frac{D}{N_{\text{soupapes}}}$	
3	Δp <sub>dyn</sub>	Pa	$\Delta p_{\text{dyn}} = \rho \frac{v^2}{2}$	
4	Δp <sub>tot</sub>	Pa	$\Delta p_{\text{tot}} = \Delta p_{\text{dyn}} + \Delta p_{\text{st}}$	
5	E <sub>h</sub>	kWh	$E_h = \sum_{k=1}^{m,n} P_{k,j} \cdot \Delta t_{k,j}$	k: type équipement;  m: nbre équipement; j: intervalle de fonct. (G.V;P.V;min, max) n:nbre intervalles
5'	E <sub>h</sub>	kWh	$E_h = \Delta t \cdot \sum_{k=1}^{m,n} P_{k,j}$	conditions identiques

6	$E_{24h}$	kWh	$E_{24h} = \sum_{k=1}^{m,n} P_{k,j} \cdot \Delta t'_{k,j}$ $\Delta t_{k,j} \leq 24h$	intervalle journalier
7	Q	kWh	$Q = \sum_{k=1}^{m,n} P_{k,j} \cdot \Delta t''_{k,j}$ $\Delta t''_{k,j} \leq h_b$	intervalle annuel
8	$E_o$	kWh/an	$E_o = \sum_{k=1}^m P_{o,k} \cdot \Delta t_{o,k}$	
9	E	kWh/m <sup>2</sup> an	$E = \frac{Q}{A_{calcul}}$	Acalcul = SR ou Acalcul = SVN
9'	$E_{trajet}$	kWh/m an	$E_{trajet} = \frac{Q}{L_{trajet}}$	
10	$E_{vol}$	kWh/m <sup>3</sup> an	$E_{vol} = \frac{Q}{V_{calcul}}$	Vcalcul = VR ou Vcalcul = VVN
11	$n_{abl, zl}$	l/h	$n = \frac{D}{V_{calcul}}$	
11'	n	l/h	$n = \frac{n_{abl} + n_{zl}}{2}$	
12	P	W	$P = \sum_{k=1}^m U_k \cdot I_k \cdot \cos\varphi_k = \sum_{k=1}^m P_k$	monophasé

12'	P	W	$P = \sum_{k=1}^m \sqrt{3} \cdot U_k \cdot I_k \cdot \cos\varphi_k = \sum_{k=1}^m P_k$	triphase
13	$P_b$	W/m <sup>2</sup>	$P_b = \frac{P}{A_{\text{calcul}}} = \sum_{K=1}^m \frac{P_k}{A_{\text{calcul}}} = \sum_{K=1}^m P_{b,k}$	
14	$P_i$	W/m <sup>2</sup>	$P_i = \sum_{\substack{k=1 \\ j=1}}^{m,n} \frac{P_{ik,j}}{A_{\text{calcul}}}$	
14'	$P_{i,\text{vol}}$	W/m <sup>3</sup>	$P_{i,\text{vol}} = \sum_{\substack{k=1 \\ j=1}}^{m,n} \frac{P_{ik,j}}{V_{\text{calcul}}}$	
14''	$P_{i,\text{trajet}}$	W/m	$P_{i,\text{trajet}} = \sum_{\substack{k=1 \\ j=1}}^{m,n} \frac{P_{ik,j}}{L_{\text{trajet}}}$	
14'''	$P_{i,\text{soupapes}}$	W/soupape	$P_{i,\text{soup}} = \sum_{\substack{k=1 \\ j=1}}^{m,n} \frac{P_{ik,j}}{N_{\text{soup}}}$	
15	$P_{\text{vol}}$	W/m <sup>3</sup>	$P_{\text{vol}} = \sum_{\substack{k=1 \\ j=1}}^{m,n} \frac{P_k}{V_{\text{calcul}}}$	
16	$\eta_v$	%	$\eta_v = \frac{D \cdot \Delta p}{P_v}$	D m <sup>3</sup> /s
17	$P_m$	W/m <sup>2</sup>	$P_m = \frac{\sum_{\substack{k=1 \\ j=1}}^{m,n} P_{k,j} \cdot \Delta t_{k,j} \cdot h_{b,k}}{h_a \cdot A_{\text{calcul}} \sum_{\substack{k=1 \\ j=1}}^{m,n} \Delta t_{k,j}} = \frac{E}{h_a}$	

17'	$P_{m,vol}$	$W/m^3$	$P_{m,vol} = \frac{\sum_{k=1}^{m,n} P_{k,j} \cdot \Delta t_{k,j} \cdot h_{b,k}}{h_a \cdot V_{calcul} \sum_{k=1}^{m,n} \Delta t_{k,j}} = \frac{E_{vol}}{h_a}$	
18	$f_b$	—	$f_b = \frac{P_m}{P_{max}}$	
19	$h_b$	$h/an$	$h_b = \sum_{j=1}^n \Delta t_j$	
19'	$h_b$	$h/an$	$h_b = \frac{\sum_{k=1}^m h_{b,k} \cdot N_k}{\sum_{k=1}^m N_k}$	
20	$h_o$	$h/an$	$h_o = 8760 - h_b$	
21	$\eta_{moteur}$	%	$\eta_{moteur} = \frac{P_o}{P_{max}}$	
22	$E_{sp}$	$J/m^3$	$E_{sp} = \frac{P_m}{D}$	<b>D m3/s</b>
23	$Q_{tot}$	<b>kWh</b>	$Q_{tot} = Q_c \cdot H_u \cdot \varphi \cdot c$	
24	$r$	—	$r_{sp} = \frac{Q}{Q_{tot}}$	

$$25 \quad E_{\text{soup}} \quad \text{kWh/an soupapes} \quad E_{\text{soup}} = \frac{Q}{N_{\text{soup}}}$$

$$26 \quad E_{\text{ch}} \quad \text{MJ/m2 an} \quad E_{\text{ch}} = \frac{Q_{\text{tot}}}{\text{SRE}}$$

$$27 \quad V_s \quad \text{m}^3/\text{hm}^2 \quad \begin{aligned} V_s &= \frac{D}{A_{\text{calcul}}} \\ A_{\text{calcul}} &= \text{SRE} \\ A_{\text{calcul}} &= \text{SVN} \end{aligned}$$

$$28 \quad \text{FDP} \quad \text{—} \quad \text{FDP} = \frac{P_{v,i}}{P_{v,\text{max}}}$$

$$28' \quad \text{FDV} \quad \text{—} \quad \text{FDV} = \frac{D_{v,i}}{D_{v,\text{max}}}$$

## **6. MESURES SUR PLACE**

### **6.1 Grandeurs mesurées**

Les résultats des mesures électriques ont été relevés sur les fiches du type 1 et les mesures thermodynamiques sur les fiches du type II.

### **6.2 Appareils de mesure utilisés**

#### **6.2.1 Mesure du niveau de bruit**

Appareil "Schallpegel-Messgerät KO 12"

- Classe de précision : 3 %

#### **6.2.2 Mesure de pression**

Appareil manomètre, type "Schrâgrohrinometer TROX"

- Classe de précision : 1 %

#### **6.2.3 Mesure de la vitesse et de la température de l'air**

Appareil type "Mini-Air 2" - Schiltknecht Messtechnik AG - Précision :

vitesse	0,5 % de la gamme plus	1,5 % de la lecture
température	0 °C à 70 °C; +/- 0,2 °C à l'intérieur +/- 0,5 °C à l'extérieur	

#### **6.2.4 Mesure de la tension électrique, intensité courant électrique**

Appareil : Multimètre analogique/numérique BBC, type "M-2006"

- Précision : Tension : 2,5 %; Intensité : 3 %

#### **6.2.5 Mesure del**

tension électrique, intensité du courant électrique, facteur de puissances ( $\cos\phi$ ).

Appareil : type "VIP System 3 - Energy analyser", ULRICH MATTER AG.

- Précision : 0,2 % échelle maximale

20

active, réactive et apparente

6.2.6 Mesure de la tension électrique, de l'intensité du courant électrique de la puissance et de l'énergie active et apparente, ainsi que du facteur de puissance en monophasé.

Appareil : type " EMU- 1. 28 ", construit par EMU-ELEKTRONIK AG - Précision : classe 2

Un montage de trois appareils EMU-1.28 assure la mesure des mêmes grandeurs physiques en triphasé (ch. 3.3, réf. 8).

6.2.7 Mesure de la puissance active instantanée maximale, minimale et moyenne moteur à charge variable en continu.

Montage

- Compteur " SODECO-Genève ", type: A9
- Nominal : 1 kWh = 540 tours
- Modifié pour assurer 4 taches (impulsion)/tour (2160 impulsions/kWh)
- Cellule photovoltaïque - mesure le nombre des taches.
- Traducteur des signaux électriques de compteur en signaux électroniques pour l'ordinateur.

Appareil : Landis and Gyr, Type " TVZ- 1 1. 2 " à interface (deux mesures parallèles)

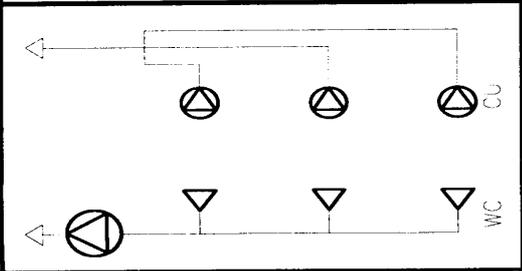
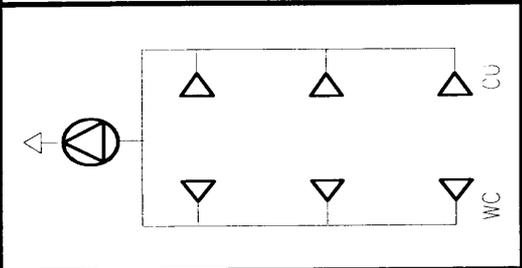
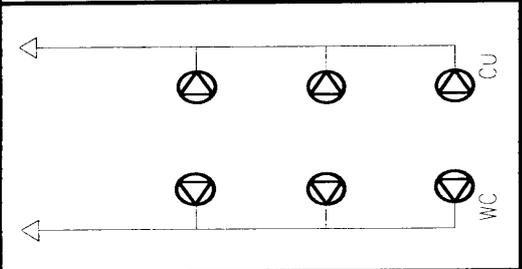
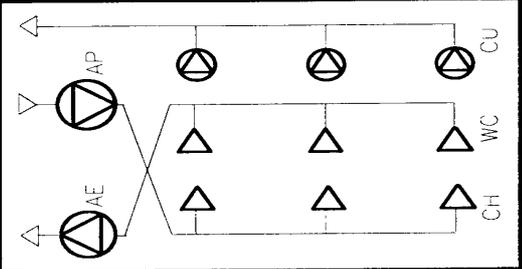
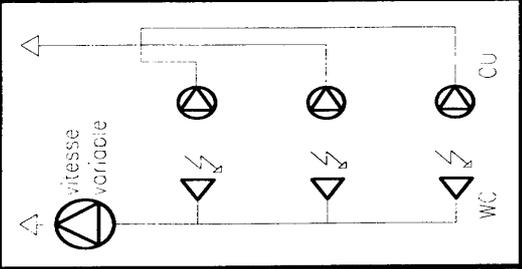
- Ordinateur portable "EPSON HX20"
- Précision: 0,7 %

### 6.3 Particularités des mesures

Pour les équipements prévus avec des moteurs à plusieurs vitesses, les mesures ont été effectuées à la plus grande et à la plus petite vitesse et les résultats corrigés selon les hypothèses de calcul (chapitre 4).

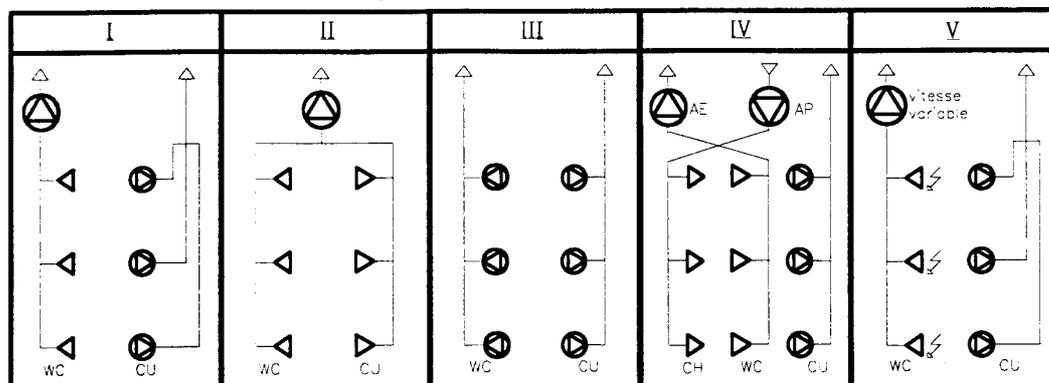
On n'insistera pas trop sur le comportement des équipements du même type, s'ils ont été mesurés pour une autre installation.

**7. CLASSIFICATION DES INSTALLATIONS**

<p>I</p> 	<p>SDB+WC centralisés : (soupapes non motorisées)                  CU : hottes individuel-les motorisées</p>	<p>II</p> 	<p>SDB+WC+CU : centralisés (soupapes non motorisées)</p>	<p>III</p> 	<p>SDB,WC,D individuels : (turbinettes comman-gées par l'éclairage)                  CU : hottes individuel-les motorisées (mono-tubulaire)</p>	<p>IV</p> 	<p>SDB+WC centralisés: au moyen d'un double-flux (VDF) avec récupération de la chaleur de l'air viciés                  CU : hottes individuel-les motorisées                  CH : chambre</p>	<p>V</p> 	<p>SDB+WC centralisés : avec ventilateur à débit variable (sou-papes motorisées)                  SDB,WC individuels : (turbinettes moto-risées dans les com-bles)                  CU : hottes individuel-les motorisées</p>	<p>8, Rétuelle Meinier</p>	<p>8, rue des Communaux</p>	<p>6, av. Jules--Cronier</p>	<p>5--9 rte de Meyrin</p>	<p>8, Rétuelle Meinier</p>
----------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----------------------------	-----------------------------	------------------------------	---------------------------	----------------------------

## 8. INSTALLATIONS MESUREES

### 8.1 SYSTEME 1 - SDB + WC centralisés (soupapes non motorisées; CU: hottes individuelles motorisées)



Ce type d'installation de ventilation a été étudié dans l'immeuble de la rue Rétuelle 8 à Meinier, ainsi que dans deux autres immeubles (ch. Ancien-Tir 2 et rue Rétuelle 4-6 à Meinier). Etant donné qu'elles sont similaires, la première a été choisie pour la présentation.

Date de la construction de l'immeuble 1963.

Date de la mise en service de l'installation 1991 (rénovation de l'installation de ventilation)

#### 8.1.1 Description de l'installation

##### SDB + WC

L'immeuble étudié possède 12 appartements sur 3 niveaux - 9 appartements de 3 pièces et 3 appartements de 4 pièces (1 pièce = 1 chambre). Chaufferie assainie en 1986/87; 10 cm d'isolation combles, équilibrage radiateurs en 1990.

Le ventilateur à deux vitesses, dans les combles, est muni d'une horloge électrique. Son programme de fonctionnement est le suivant

Heures	Vitesse
06h00- 10h30	P.V.
10h30- 11h30	G.V.
11h30- 16h30	P.V.
16h30- 17h30	G.V.
17h30 -23h30	P.V.
23h30- 06h00	0

Remarques : Le thermostat est réglé afin qu'il passe automatiquement de la grande à la petite vitesse si Text 2 'C.

Chaque soupape de ventilation, équipée d'un amortisseur de bruit pour éviter la téléphonie entre les appartements, est raccordée à une gaine centrale verticale (en tôle galvanisée) puis collectée dans un caisson dans les combles.

**Cu**

Les cuisines sont ventilées par des hottes individuelles motorisées avec réseau de gaines séparé jusque dans les combles. La sortie en toiture est assurée par un chapeau bicônique commun. Les hottes, à vitesse variable, sont prévues avec des clapets anti-refoulement.

### 8.1.2 Mesures effectuées

Les points des mesures (indiqués sur le schéma de principe, figure 8. 1. 1) sont les suivants :

1.1-1.4	gainés de ventilation SDB + WC (1 - avant ventilateur)
2	gaine d'évacuation, après ventilateur
3	hotte de cuisine

Les appareils de mesures utilisés sont ceux mentionnés aux chapitres 6.2.1 à 6.2.3 et 6.2.5; les résultats sont présentés dans les fiches de mesures 8. 1 et la comparaison avec les valeurs planifiées dans les tableaux 8. 1. 1. et 8.1.2. Les grandeurs électriques ont été enregistrées par l'appareil " VIP-SYSTEM 3 " sur des rouleaux de papier.

### 8.1.3 Principaux appareils de l'installation de ventilation

#### Ventilateur

Marque	SCHNEIDER-ZAEHRINGER	
Type	TS 9-4 (figure 8.1.3)	
D	1000 m <sup>3</sup> /h	
p	225 Pa	
Bruit	62 dB (A)	
Deux vitesses	P	= 550/140 W
	cosφ	= 0,80/0,64
	η <sub>v</sub>	= 70/65 %
Régulation	LANDIS ET GYR	

Hotte

cuisine

Marque

GAGGENAU

Type

AH-200-161 (figure 8.1.4)

D

330 M3/h

Lampes

2 x 40 W

**INSTALLATION VENTILATION**  
**8.1.1 FICHE I : MESURES ELECTRIQUES - Ventilateur**

Point de mesure	Emplacement	U [ V ]		I [ A ]		cos phi		P [ W ]		Observations
		GV	PV	GV	PV	GV	PV	GV	PV	
		Grandeurs physiques mesurées								
		DEBUT (heures) : 14,00		FIN (heures) : 15,00		RELEVES DE : W. ULRICH, E. URSU				
2	Ventilateur L1	225,1	224,7	1,1	0,52	0,448	0,581	111	67,9	Valeurs instantanées
"	L2	224,8	223,4	1,02	0,52	0,47	0,567	107,7	65,9	Ptot. = 305,5 W (GV)
"	L3	225,9	224,2	1,02	0,51	0,377	0,552	86,8	63,1	Ptot. = 196,9 W (PV)
2	Ventilateur L1							108,7		Valeurs instantanées
"	L2							102,9		Ptot. = 297,5 W (GV)
"	L3							85,9		Ptot. = 132 W (PV)
2	Ventilateur L1							109		Valeurs moyennes
"	L2							104,6		Ptot. = 298,7 W (GV)
"	L3							85,1		Ptot. = 192,6 W (PV)

RAVTMES.XLS

**INSTALLATION VENTILATION**  
**8.1.2 FICHE I : MESURES ELECTRIQUES - Hotte cuisine**

Point de mesure	Emplacement	OBJET : Programme RAVEL		DEBUT (heures) : 16,30		FIN (heures) : 16,50		RELEVES DE : W. ULRICH.E. URSU		Observations
		U [ V ]		I [ A ]		cos $\phi_i$		P [ W ]		
		GV	PV	GV	PV	GV	PV	GV	PV	
3	Hotte cuisine	226,3	226,5	0,7	0,56	0,994	-0,99	157,4	125,5	Valeurs instantanées. Puissance moteur + 2 lampes x 40 W
3	Hotte cuisine							158,1	125,5	Valeurs instantanées. Puissance moteur + 2 lampes x 40 W
3	Hotte cuisine							158	99	Valeurs instantanées. Puissance moteur + 2 lampes x 40 W

**INSTALLATION VENTILATION**  
**8.1.3 FICHE II: MESURES THERMODYNAMIQUES - Ventilateur**

Point de mesure	Emplacement	OBJET : Programme RAVEL		LIEU : Ch. de la Réтуelle , Meinier		DEBUT (heures) : 13,30		FIN (heures) : 16,50		RELEVES DE : W. ULRICH,J.-P. GIGNOUX		Observations		
		T [°C]	D [mm]	T ext. [°C]	V [m/s]	dB(A)	P [Pa]	GV	PV	GV	PV			
Grandeurs physiques mesurées														
110	Gaine SDB + WC	36,1	150	28,5	3	2,25						75	25	Avant ventilateur
120	"	34,5	150	28,5	3,8	2,2						75	25	"
130	"	36,1	150	28,5	3,7	2,1						75	25	"
140	"	35	150	28,5	4	2,9						75	25	"
2	Gaine d'extraction	34,9	250	28,5	5,5	2,8	58	32	35	10				Après ventilateur



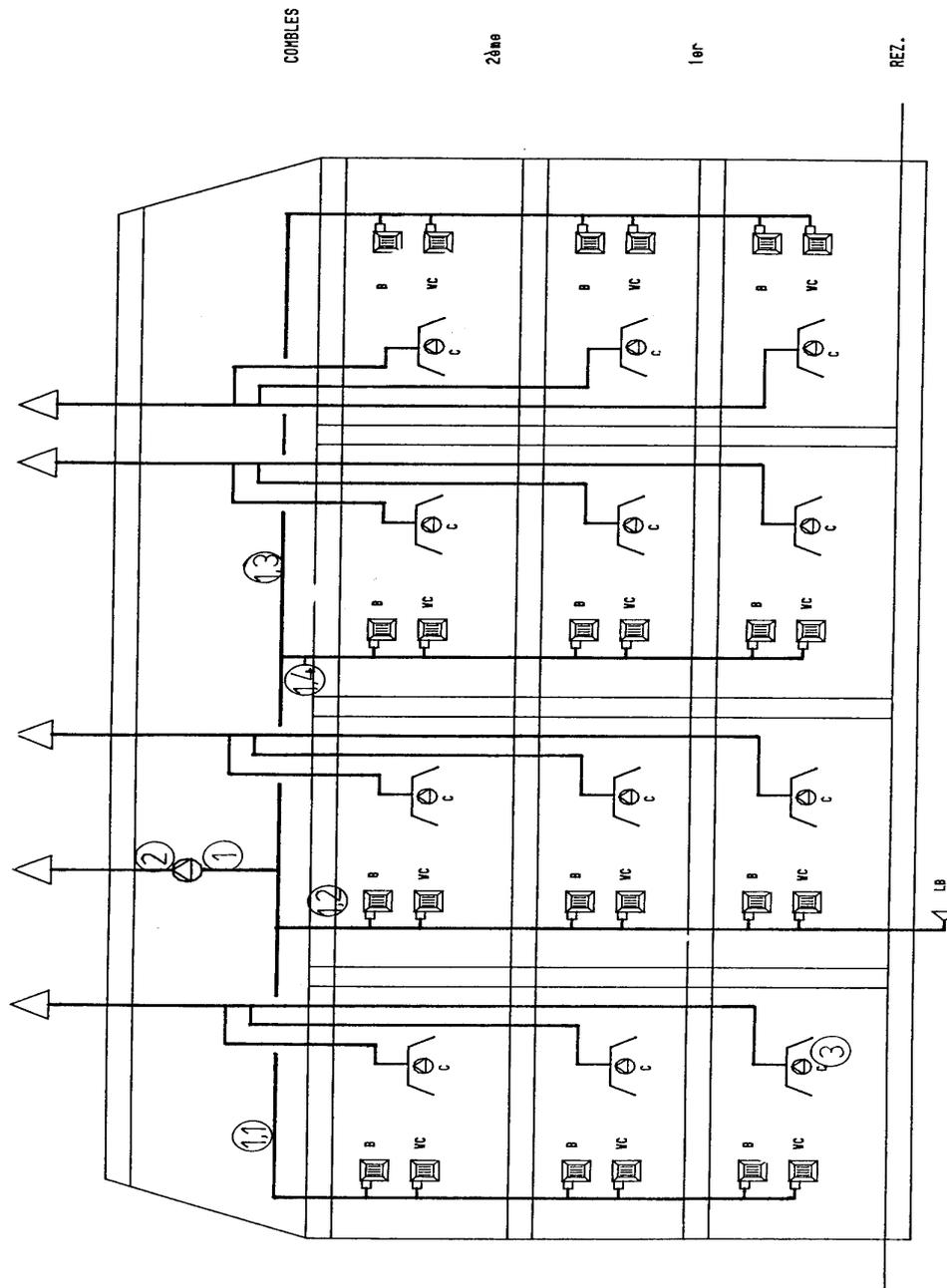
RENOUVELLEMENT D'AIR		SIA 380/4							
Objet: Programme RAVEL		No. d'installation: 1 (Ventilation SDS-WC)							
Lieu: Rue Lefevre 3, Meiries		Volume ventilé: 144/2800 m <sup>3</sup>							
Date: 15.07.1991		Surface ventilée: 56,5/920 m <sup>2</sup>							
Classe de la prestation: 1									
Grandeurs mesurées:									
Grandeur spécifique indice	$\Delta p$ [Pa]	$V_s$ [m <sup>3</sup> /h]	$n$ [1/h]	$\rho$ [-]	$P$ [W/m <sup>2</sup> ]	$h_b$ [1/°]	$E$ [kWh/m <sup>2</sup> o]	Grandeurs caractéristiques	
z1 1								$P_o = 976/0,6$ [W/m <sup>2</sup> ]	
z1 2								$h_o = 8760$ [1/°]	
abl 1	110	172/1,06	6,88/0,35	0,10	527/0,32	730	3,85/0,234	$P_m = 265/0,165$ [W/m <sup>2</sup> ]	
abl 2								$P_{max} = 527/0,32$ [W/m <sup>2</sup> ]	
installation complète 1-ère allure								$f_b = 0,510$ [-]	
installation complète 2-ème allure					$P_{net} = 527/0,32$			$E_{RN} = 235/1,144$ [kWh/m <sup>2</sup> o]	
Grandeurs planifiées:									
	$\Delta p$ [Pa]	$V_s$ [m <sup>3</sup> /h]	$n$ [1/h]	$\rho$ [-]	$P^{max}$ [W/m <sup>2</sup> ]	$f_b$ [-]	$h_o$ [1/°]	$E_{RN}$ [kWh/m <sup>2</sup> o]	$P_i$ [W/m <sup>2</sup> ]
prestation complète	22,5	17,6/1,1	7,09/0,357	0,65/0,10	975/0,6	0,275	8760	85,4/5,25	975/0,6

RENOUVELLEMENT D'AIR									
Objet: Programme RAVEL		No. d'installation: Hôte cuisine			SIA 380/4				
Lieu: Rue Retuicille 8, Hérisper		Volume ventilé: 22,5/2800 m <sup>3</sup>							
Date: 15.07.1991		Surface ventilée: 9/920 m <sup>2</sup>							
Classe de la prestation: A									
Grandeurs mesurées:									
Grandeur spécifique indice	$\Delta p$ [Pa]	$V_s$ [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]	$n$ [1/h]	$\zeta$ [-]	$P$ [W/m <sup>2</sup> ]	$h_b$ [h]	$E$ [kWh/m <sup>3</sup> ]	Grandeurs caractéristiques	
Z1 1								$P_o = 8,5/6084$ [W/m <sup>2</sup> ]	
Z1 2								$h_o = 8760$ [h]	
abl 1	55	27,86/27	24,4/0,09	0,05	11,5/0,172	0,158	9,184/0,09	$P_m = 0,68/0,002$ [W/m <sup>2</sup> ]	
abl 2								$P_{max} = 11,5/0,172$ [W/m <sup>2</sup> ]	
installation complète 1-ère allure								$f_b = 0,035$ [-]	
installation complète 2-ème allure	12 heures	cuisines			$P_{nat} = 11,5/0,064$			$E_{RN} = 6,0/0,058$ [kWh/m <sup>3</sup> ]	
Grandeurs planifiées:									
	$\Delta p$ [Pa]	$V_s$ [m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> ]	$n$ [1/h]	$\zeta$ [-]	$P_{max}$ [W/m <sup>2</sup> ]	$f_b$ [-]	$h_o$ [h]	$E_{RN}$ [kWh/m <sup>3</sup> ]	$P_i$ [W/m <sup>2</sup> ]
prestation complète	150	24,4/0,24	9,78/0,08	0,20	16,6/0,163	0,04	8760	11,5/1,142	16,6/0,163

**LEGENDE VENTILATION**

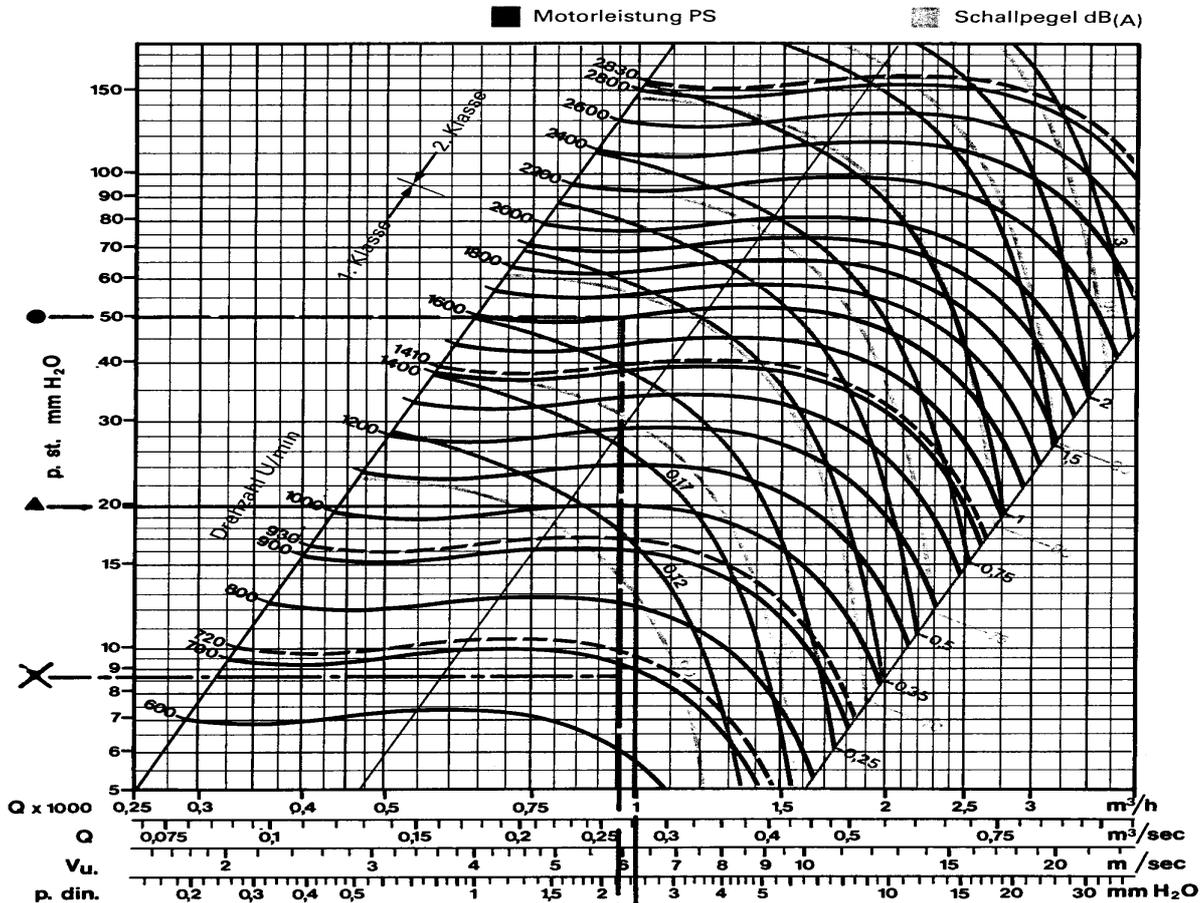
B	BAINS
D	DOUCHES
C	CUISINES
VC	TOILETTES
VN	VENTILATION NATURELLE (FENETRE)
LB	LOCAL BARQUE

Figure 8.1.1



# TS 9-4

Figure 8.1.2



Max. Temperatur: 70°C  
 Raddurchmesser: 250 mm  
 Anzahl Schaufeln: 36  
 Umfangsgeschwindigkeit:  $n \times 0,013$  m/s  
 Austritt Fläche: 0,044 m<sup>2</sup>  
 Max. Drehzahl:  
     Klasse: 1 2  
     U/min.: 2000 2800  
 Motor-Leistung max.:  
     Klasse: 1 2  
     PS: 1,5 3  
 Netto-Gewicht Ventilator: 10 kg

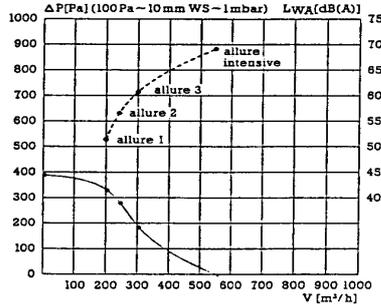
▲ Catalogue + mesuré  
 ● Mesuré  
 X Catulé

La qualité - visible! Puissance et silence sont les facteurs communs des hottes aspirantes Gaggenau: nous allons vous le démontrer. Les diagrammes ci-dessous vous présentent les caractéristiques des moteurs des différents appareils: vous y trouverez également la courbe du niveau sonore.

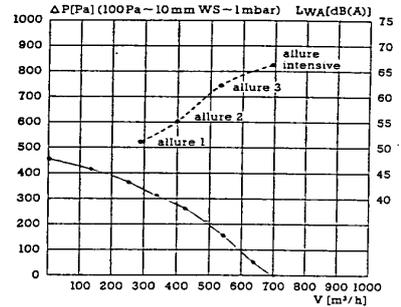
**Légende:**

- Courbes de débit en DIN 44 971
- - - Courbes de niveau sonore en DIN 44 971
- respectif DIN 45 635

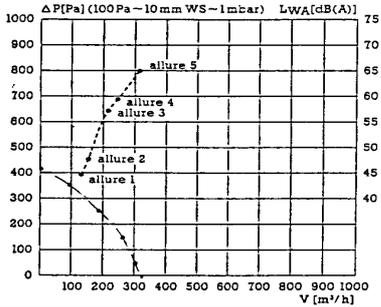
**Hotte aspirante Gaggenau 240/250**



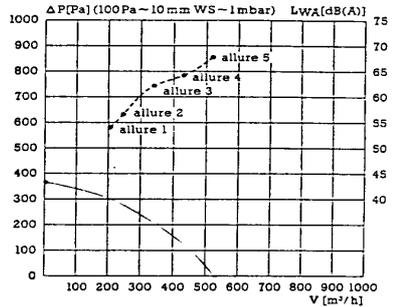
**Cheminée d'aération Gaggenau 340/350**



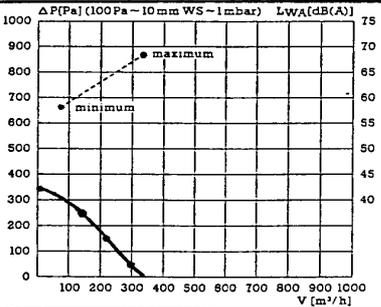
**Hotte aspirante Gaggenau 200**



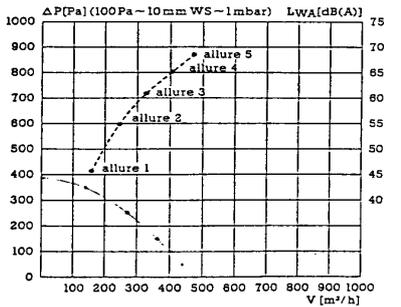
**Cheminée d'aération Gaggenau 260**



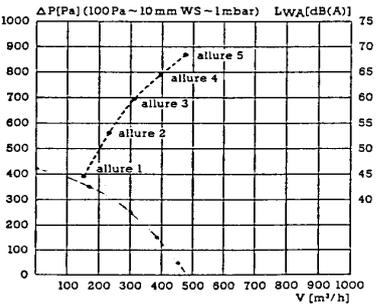
**Hotte aspirante Gaggenau 161/166**



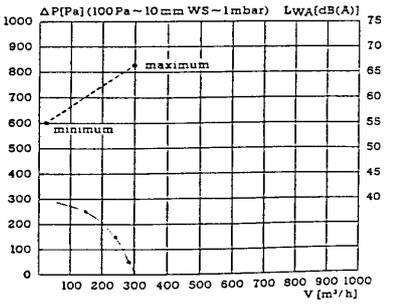
**Cheminée d'aération Gaggenau 194**



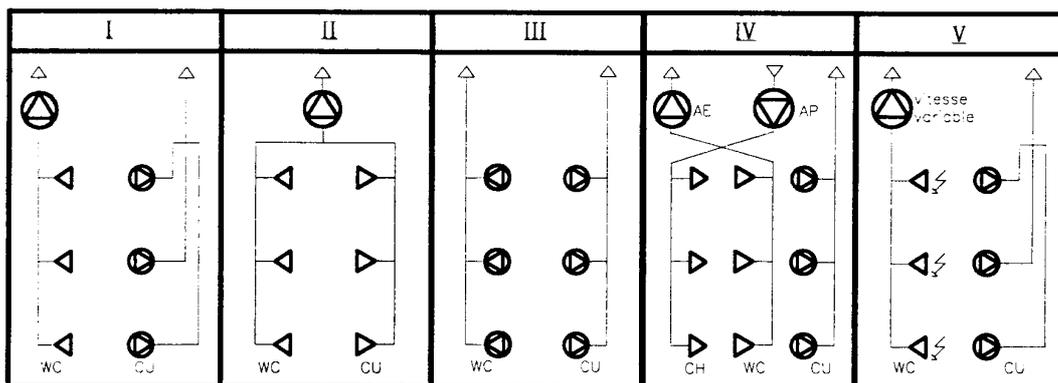
**Hotte aspirante Gaggenau 177**



**Cheminée d'aération Gaggenau 141**



## 8.2 SYSTEME II - SDB + WC + CU centralisés (soupapes non motorisées)



Ce type d'installation se trouve dans l'immeuble de la route de Meyrin 5-9. Comme les systèmes de ventilation et les équipements sont identiques à ces trois bâtiments, les mesures ont été effectuées dans l'immeuble sis au No 5, où la place disponible dans le local de ventilation facilitait l'emplacement et la manipulation des appareils. Date de la construction de l'immeuble : environ 1953. Les installations de chauffage et de ventilation ont été assainies en 1989.

### 8.2. 1 Description de l'installation

Chacun des 3 immeubles possède 13 appartements, sur 7 niveaux 2 appartements de 5 pièces + cuisine pour les étages 5 et 6, 3 appartements de 3 pièces + cuisine pour le rez-de-chaussée et les étages 1 à 4 (plans d'architecte 1:20; 1:50, 1:100).

Chaque immeuble détient un ventilateur à deux vitesses, muni d'une horloge électrique qui devrait fonctionner selon le programme suivant

Heures	Vitesse
02h00- 14h00	G.V.
14h00- 18h00	P.V.
18h00- 21h00	G.V.
21h00- 01h00	P.V.

Les SDB, WC et cuisines sont équipés de soupapes non motorisées du type RT-100.

### 8.2.2 Mesures effectuées

Les appareils utilisés sont ceux mentionnés aux point 6.2.1 à 6.2.3 et 6.2.6. Les résultats sont présentés dans les fiches de mesures 8.2 et la comparaison avec les valeurs planifiées dans le tableau 8.2. 1.

### 8.2.3 Principaux appareils de l'installation de ventilation

#### Ventilateur

Marque	7 AIR
D	5000 m <sup>3</sup> /h
Deux vitesses	P = 300/900 W
	cosφ = 0,64/0,78
	ω = 968/1435 rot/min.

Remarque

Aucun schéma de principe disponible.

**INSTALLATION VENTILATION**  
**8.2.1 FICHE I : MESURES ELECTRIQUES - Ventilateur**

Point de mesure	OBJET : Programme RAVEL LIEU : Rte de Meyrin 5 - 9 DATE : 04.11.91	DEBUT (heures) : 10,55 FIN (heures) : 11,25 RELEVES DE : W. ULRICH, E. URSUL										Observations
		Grandeurs physiques mesurées										
		U [V]		I [A]		cos φ <sub>i</sub>		P [W]				
		GV	PV	GV	PV	GV	PV	GV	PV	GV	PV	
Ventilateur	Tableau électr. - Combles L1	229	229	1,69	1,14	0,48	0,39	183	103			Immeuble N°5
"	" " L2	228	228	1,63	1,09	0,5	0,4	183	100			" "
"	" " L3	227	230	1,69	1,12	0,51	0,42	193	106			" "
Ventilateur	Tableau électr. - Combles L1							2				Immeuble N°5 sans charges
"	" " L2							0				" "
"	" " L3							0				" "

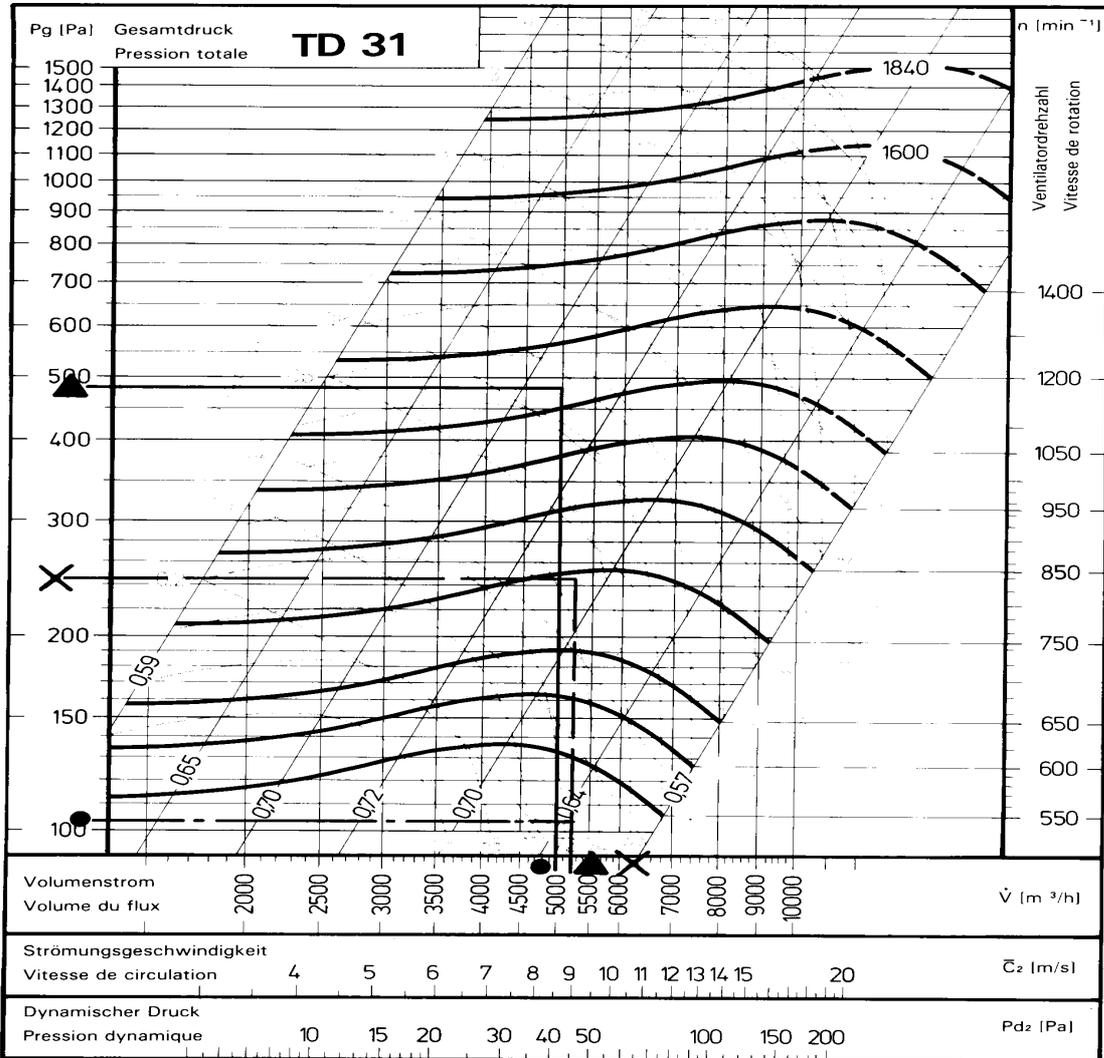
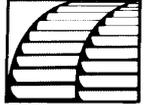
**INSTALLATION VENTILATION**  
**8.2.2 FICHE II: MESURES THERMODYNAMIQUES - Ventilateur**

Point de mesure	OBJET : Programme RAVEL LIEU : Rte de Meyrin 5-9 DATE : 24.10.91	DEBUT (heures) : 8,30 FIN (heures) : 9,30 RELEVES DE : W. ULRICH, J.P. GIGNOUX			Grandeurs physiques mesurées								Observations
		T [°C]	D [mm]	T ext. [°C]	V [m/s]		dB(A)		P [Pa]				
					GV	PV	GV	PV	GV	PV	GV	PV	
Avant ventil.		18,8	615/615	5,2	3,95	2,08	55	49	190	85			Immeuble N° 5
Après ventil.		15,2	625/655	5,2	3,45	1,65			45	15			Immeuble N° 5

RENOUVELLEMENT D'AIR		SIA 380/4						
Objet: Peggyanne BAVEL		No. d'installation: Ventilation SD3+AK+CL (à renouveler)						
Lieu: Rte de Meyrin 5-9, Genève		Volume ventilé: 1004/3957 m <sup>3</sup>						
Date: 21.10.1951 / 04.11.1951		Surface ventilée: 376/1381 m <sup>2</sup>						
Classe de la prestation: 1								
Grandeurs mesurées:								
Grandeur spécifique / indice	$\Delta p$ [Pa]	$V_s$ [m <sup>3</sup> /min]	$n$ [1/h]	$\rho$ [-]	$P$ [W]	$h_b$ [h]	$E$ [L/hm <sup>3</sup> ]	Grandeurs caractéristiques
z1 1								$P_o = 4,17/1,2$ [W/m <sup>2</sup> ]
z1 2								$h_o = 8760$ [h]
abl 1	235	1413/3,9	5,35/1,4	0,628	0,553	8760	12,28/3,5	$P_m = 0,98/0,265$ [W/m <sup>2</sup> ]
abl 2								$P_{max} = 140/0,100$ [W/m <sup>2</sup> ]
installation complète 1-ère allure								$f_b = 0,706$ [-]
installation complète 2-ème allure								$E_{RN} = 866/0,35$ [L/hm <sup>3</sup> ]
					$P_{max} = 14/0,4$			
Grandeurs planifiées:								
								$P_i$ [W/m <sup>2</sup> ]
								$E_{RN}$ [L/hm <sup>3</sup> ]
								$h_o$ [h]
								$f_b$ [-]
								$P_{max}$ [W/m <sup>2</sup> ]
								$\rho$ [-]
								$n$ [1/h]
								$V_s$ [m <sup>3</sup> /min]
								$\Delta p$ [Pa]
prestation complète	460	133/3,62	4,98/1,32	0,71	2,4/0,65	8760	2102/5,65	2,4/0,65

**TROMMELÄUFERVERVENTILATOR**  
**ZWEISEITIG SAUGEND MIT VORWÄRTSGEKRÜMMTEN SCHAUFELN.**  
**VENTILATEUR A BASSE PRESSION**  
**DOUBLE OUIE AVEC AUBES RECOURBÉES A L'AVANT**

- Mesure
- ✕ Catalogue+mesure
- ▲ Calculé



Schaufelzahl  $z = 32$       Nombre de pales  
 Laufraddurchmesser  $D = 318$  mm      Diametre de la roue  
 Massenträgheitsmoment  $J = 0,057$   $kgm^2$       Moment d'inertie  
 Dichte der Luft  $S = 1,13$   $kg/m^3$       Densité de l'air

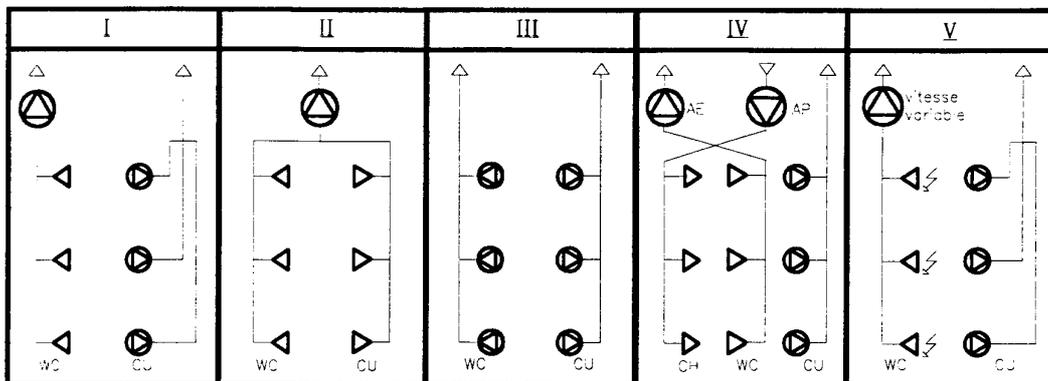
Verstärkte Ausführung / exécution renforcée  
 $n$  max  $1900$   $min^{-1}$

Schalleistung  $LW_A$  siehe Kennlinienfeld / Puissance sonore voir courbe correspondante  
 Oktav-Schalleistung  $LW_{Okt. dB} = LW_A + \Delta LW$  / Octave puissance sonore  $LW_{Okt. dB}$

Mittenfrequenz Hz	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
Centre des bandes de fréquences	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$\Delta LW$ dB	+2	+2	-2	-4	-4	-8	-11	-14

**TD 31**

### 8.3 SYTEME III - SDB, D, WC individuels (turbinettes commandées par l'éclairage); CU: hottes individuelles motorisées (monotubulaire)



Une installation de ce type se trouve dans le bâtiment situé à l'avenue Jules-Crosnier 6 à Genève terminé en octobre 1990.

#### 8.3.1 Description de l'installation

Le bâtiment possède un garage au sous-sol. Le rez-de-chaussée et les premiers trois étages ont été prévus pour abriter des bureaux et des espaces commerciaux. Au 4ème étage, il y a deux appartements de 4 pièces + cuisine, au 5 et 6ème étage qui sont identiques, on trouve dans chacun deux appartements (un de 3 pièces + cuisine et un autre de 5 pièces + cuisine), au 7ème étage on trouve un appartement de 3 pièces + cuisine et deux appartements "duplex" de 5 pièces + cuisine qui occupent également le 8ème étage.

#### 8.3.2 Mesures effectuées

- Les points des mesures (indiqués dans le schéma de principe, figure 8.3. 1) sont les suivants :

1. Hotte CU "LIMODOR"
2. Hotte CU "GAGGENAU"
- 3 -4 Turbinettes SDB, WC "LIMODOR"

- Les appareils utilisés sont ceux mentionnés aux points 6.2.1 à 6.2.4 et 6.2.6. Les résultats se trouvent dans les fiches de mesures 8.3 et la comparaison avec les valeurs planifiées dans les tableaux 8.3.1 et 8.3.2.

Hotte cuisine - appartement "Duplex"

Marque	GAGGENAU
Type	AHC-177-160
D	590 m <sup>3</sup> /h
P	155 W, y.c. 2 lampes à 40 W
Vitesse	variable

Hotte cuisine - appartement standard

Marque	LIMODOR-TRIVENT AG
Type	KH 55/60/90, séries C
pmax	322 Pa
P	80 W
Lampes	2 x 40 W
Bruit	55 dB (A)
D	280/180 m <sup>3</sup> /h
$\omega$	2600/1960 rot/min.

Turbinette

Marque	LIMODOR-TRIVENT AG
Type	F
D	70 m <sup>3</sup> /h
P	50 W
pmax	315 Pa
Bruit	44 dB (A)
$\omega$	2580 rot/min

**INSTALLATION VENTILATION**  
**8.3.1 FICHE I : MESURES ELECTRIQUES - Hotte cuisine**

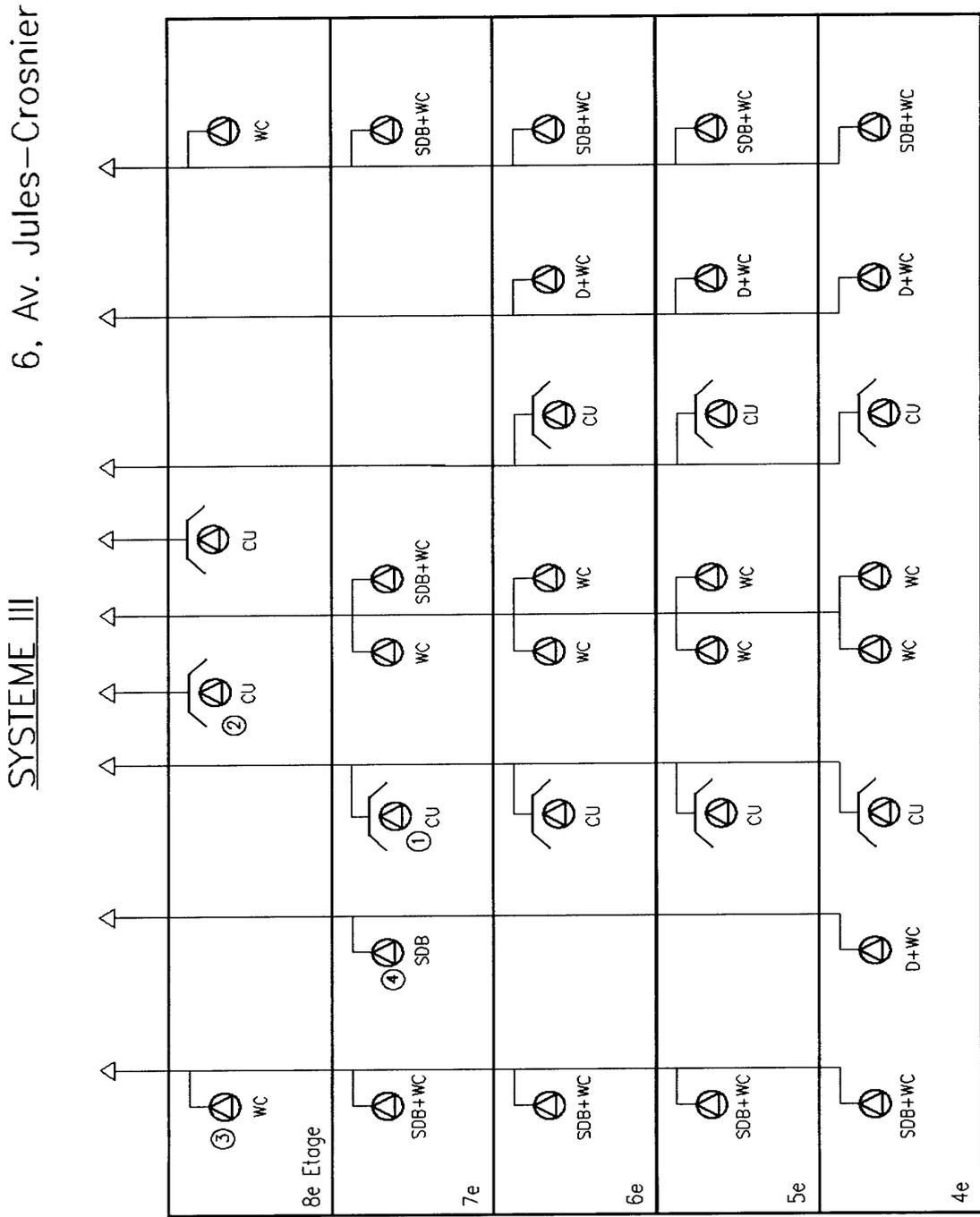
Point de mesure	OBJET : Programme RAVEL			DEBUT (heures) : 8,15			FIN (heures) : 9,30			Observations
	LIEU : Rue des Communaux 8, Vevey			RELEVES DE : W. ULRICH, E. URSU						
	DATE : 04.11.91			Grandeurs physiques mesurées						
Emplacement		U [ V ]		I [ A ]		cos $\phi_{hi}$		P [ W ]		
		GV	PV	GV	PV	GV	PV	GV	PV	
1	CU - Appartement 7e Et.					0,99	0,93	156	136	Hotte "LIMODOR" + 2 lampes de 40 W chacune
2	CU - Appartement "DUPLEX"					0,94	0,85	69	41	Hotte "GAGGENAU" 5 vitesses : (seul le moteur, sans les deux lampes de 40 W chacune)
"	"					0,98	0,97	43	18	
"	"					0,99		71		
4	SDB - Appartement 7e Et.					0,70		61		Turbinière "LIMODOR"

**INSTALLATION VENTILATION**  
**8.3.2 FICHE II: MESURES THERMODYNAMIQUES**

Point de mesure	OBJET : Programme RAVEL LIEU : Av. Jules Crosnier 6 DATE : 16.08.91/29.10.91	Emplacement	Grandeurs physiques mesurées										Observations	
			T [°C]	D [mm]	T ext. [°C]	V [m/s]		dB(a)		P [Pa]				
						GV	PV	GV	PV	GV	PV			
1	CU - Appartement 7e.		21,9	102		3,5	5,05	78						Hotte "LIMODOR"
2	CU - Appartement "DUPLEX"		23,5	110	6,5	3,35	2,31	58	56					Hotte "GAGGENAU" 5 vitesses: (seul le moteur, sans les deux lampes de 40 W chacune)
"	"					5,05	4,5	69	60					
"	"					5,9		72						
3 et 4	SDB + WC Appartement		22,4	120	6,5	2,4	1,05	60						Turbinette "LIMODOR"
	7e Et. + Appartement "DUPLEX"		30,2		30,2									

RENOUVELLEMENT D'AIR									
Objet: Programme RAVEL		No. d'installation: table à 2 zones			SIA 380/4				
Lieu: Av. Jules-César 6, Genève		Volume ventilé: 234 / 3825 m <sup>3</sup>							
Date: 16.08/2010.1953.1		Surface ventilée: 90/1479 m <sup>2</sup>							
Classe de la prestation: 1									
Grandeurs mesurées:									
Grandeur spécifique indice	$\Delta p$ [Pa]	$V_s$ [m <sup>3</sup> /h]	$n$ [1/h]	$\rho$ [-]	$P$ [W]	$h_b$ [h]	$E$ [kWh/m <sup>3</sup> ]	Grandeurs caractéristiques	
z1 1								$P_o = 8,17/0,05$ [W/m <sup>2</sup> ]	
z1 2								$h_o = 8760$ [h]	
abl 1	-	317/0,2	12,2/0,38	-	17,3/0,106	525	0,91/0,056	$P_m = 0,356/0,046$ [W/m <sup>2</sup> ]	
abl 2								$P_{max} = 17,3/0,106$ [W/m <sup>2</sup> ]	
installation complète 1-ère allure								$f_b = 0,043$ [-]	
installation complète 2-ème allure	7 heures lucarne				$P_{max} = 17,3/0,106$			$E_{RN} = 657/0,04$ [kWh/m <sup>3</sup> ]	
Grandeurs planifiées:									
	$\Delta p$ [Pa]	$V_s$ [m <sup>3</sup> /h]	$n$ [1/h]	$\rho$ [-]	$P_{max}$ [W/m <sup>2</sup> ]	$f_b$ [-]	$h_a$ [h]	$E_{RN}$ [kWh/m <sup>3</sup> ]	$P_i$ [W/m <sup>2</sup> ]
prestation complète	226	30/0,2	11,5/0,07	0,22	17,1/0,104	0,04	8760	169,8/0,91	17,1/0,104



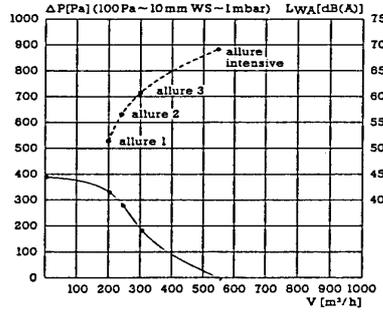


La qualité - visible! Puissance et silence sont les facteurs communs des hottes aspirantes Gaggenau: nous allons vous le démontrer. Les diagrammes ci-dessous vous présentent les caractéristiques des moteurs des différents appareils: vous y trouverez également la courbe du niveau sonore.

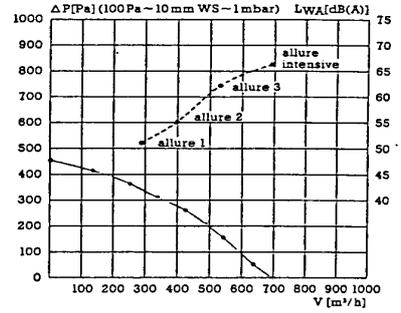
**Légende:**

- Courbes de débit en DIN 44 971
- Courbes de niveau sonore en DIN 44 971 respective DIN 45 635

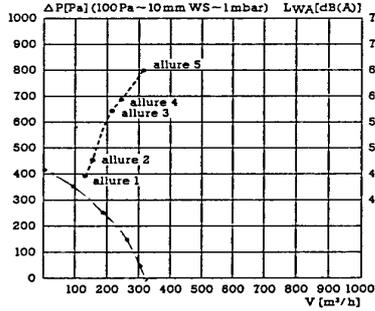
**Hotte aspirante Gaggenau 240/250**



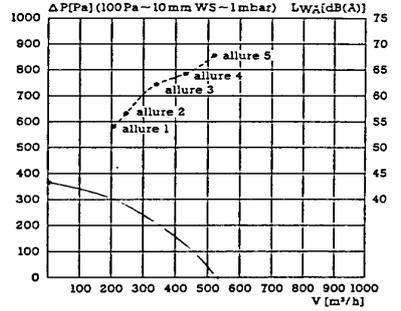
**Cheminée d'aération Gaggenau 340/350**



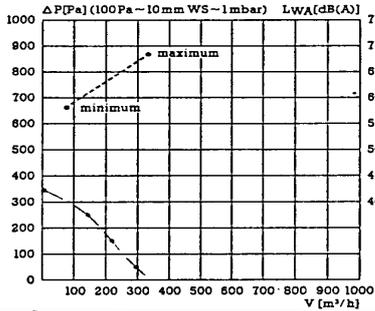
**Hotte aspirante Gaggenau 200**



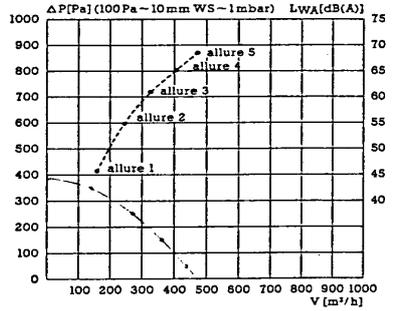
**Cheminée d'aération Gaggenau 260**



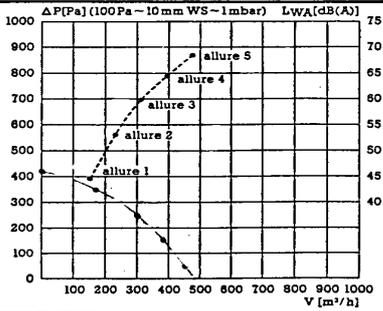
**Hotte aspirante Gaggenau 161/166**



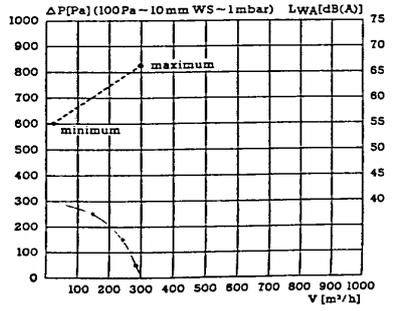
**Cheminée d'aération Gaggenau 194**



**Hotte aspirante Gaggenau 177**



**Cheminée d'aération Gaggenau 141**





(continuation)

## VENTILATEURS LIMODOR SERIE F

### Extra-longueurs

EL Les extra-longueurs sont des distances partielles de la conduite principale qui ne sont pas enregistrées par Ln et LA, donc des passages vides et/ou des déviations, ainsi que des écarts de Ln.

EL (x) Nombre d'étages équipés d'un branchement ou branchement double en-dessous de cette surlongueur.

Pour le calcul, une extra-longueur se compose de:

- la longueur effective de la distance concernée dans la conduite principale
- l'influence du ou des coudes convertie en mètres de longueur. Pour les diamètres de tubes standard le tableau 1 indique les valeurs correspondantes.

### Conversion de extra-longueurs

L'influence d'une extra-longueur est convertie en mètres LA équivalents. Elle dépend fortement de la situation de cette distance partielle dans la conduite principale. Le facteur de conversion résulte de  $x^2/n^2$ . Le tableau 2 indique les valeurs correspondantes. La longueur équivalente est ajoutée à LA à la fin. Lorsque la valeur dépasse celle de LA max. dans le tableau 1, il faut prévoir un plus grand diamètre du tube.

#### Exemple 1

A quatre étages on branche 2 ventilateurs LIMODOR F respectivement. La longueur LA du branchement le plus haut jusqu'au chapeau biconique s'élève à 1,5 m.

Le tableau 1 indique un tube au diamètre de 125 mm. La longueur maximum LA de la conduite d'échappement serait de 3,6 m.

#### Exemple 2

A l'exemple 1 vient s'ajouter une déviation dans la conduite d'échappement, composé de 1 m de longueur horizontale et de 2 coudes.

Tableau 2

Nombre d'étages en-dessous de EL (x)	Nombre d'étages (n)						
	2	3	4	5	6	7	8
8							1
7						1	0,77
6					1	0,74	0,56
5				1	0,7	0,51	0,39
4			1	0,64	0,45	0,33	0,25
3		1	0,56	0,36	0,25	0,19	0,14
2	1	0,45	0,25	0,16	0,11	0,08	0,06
1	0,25	0,11	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02

Le tableau 1: Deux coudes correspondent à une longueur de tube de 4,6 m. Ensemble avec la longueur horizontale de 1 m la déviation correspond à une extra-longueur de 5,6 m; il en résulte une longueur LA équivalente de 7,1 m. Cela dépasserait LA max. de 3,6 m; choisissez le diamètre de tube plus grand.

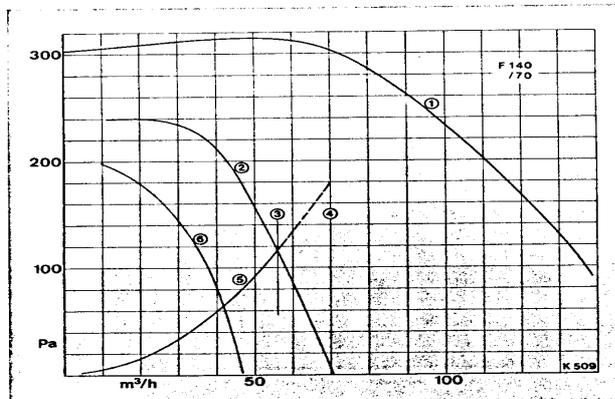
#### Exemple 3

La déviation de l'exemple 2 se situe dans le plafond au-dessus du deuxième étage.

Le tableau 2 indique:  $x^2/n^2 = \frac{2^2}{4^2} = 0,25$

L'extra-longueur de l'exemple 2, multipliée par 0,25, donne une longueur LA équivalente de 1,4 m, ce qui correspond à une longueur totale de 2,9 m lorsqu'on ajoute les 1,5 m de longueur effective. Un tube au diamètre de 125 mm est suffisant.

### COURBES CARACTERISTIQUES



- Pression totale soufflerie seulement, sans caisson, filtre et clapet antiretour
- Courbe caractéristique LIMODOR Série F, y compris env. 0,5 m de tube flexible Ø 75 mm, courbé à 90°
- Ligne débit 80% =  $V_{80\%} = 56 \text{ m}^3/\text{h}$   
Le point d'intersection 2-3 indique la pression disponible à  $V_{80\%}$ :  $\Delta p_s = 116 \text{ Pa}$
- Ligne débit 100% =  $V_{100\%} = 70 \text{ m}^3/\text{h}$
- Parabole de résistance de la conduite principale
- Courbe caractéristique LIMODOR Série F, avec réducteur à induction DR 166V, vitesse réduite

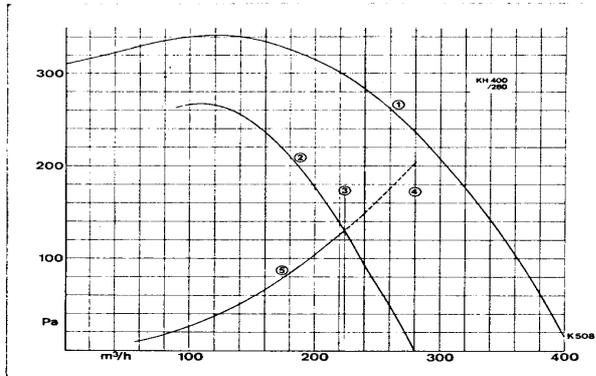
Le point d'intersection 4-5 indique la pression disponible théoriquement pour  $V_{100\%}$ :  $\Delta p_s = (V_{100\%} / V_{80\%})^2 = 181 \text{ Pa}$ . Cette valeur n'est utilisée que si  $V_{100\%}$  est utilisé dans le calcul des tubes au lieu de  $V_{80\%}$ .



(continuation)

# HOTTES DE CUISINE LIMODOR KH 55 / KH 60

## COURBES CARACTERISTIQUES

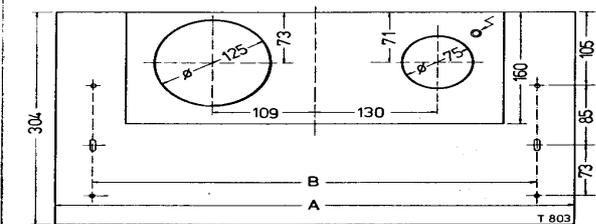
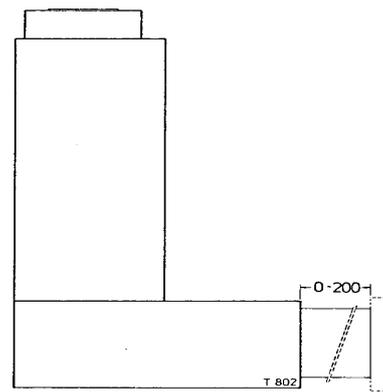
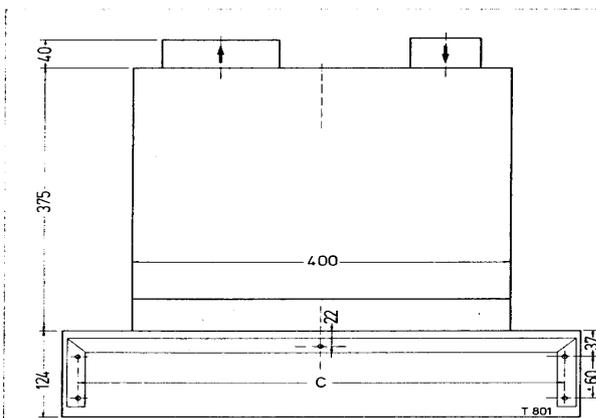


- ① Pression totale soufflerie seule, sans caisson, filtre et clapet antiretour
- ② Courbe caractéristique LIMODOR KH 55 / KH 60, y compris 2 m de tube flexible Ø 125 mm
- ③ Courbe à 80% du volume =  $V_{80\%} = 224 \text{ m}^3/\text{h}$
- ④ Courbe à 100% du volume =  $V_{100\%} = 280 \text{ m}^3/\text{h}$
- ⑤ Parabole de résistance de la conduite principale

Le point d'intersection 2-3 indique la pression disponible à  $V_{80\%}$ :  $\Delta p_i = 130 \text{ Pa}$

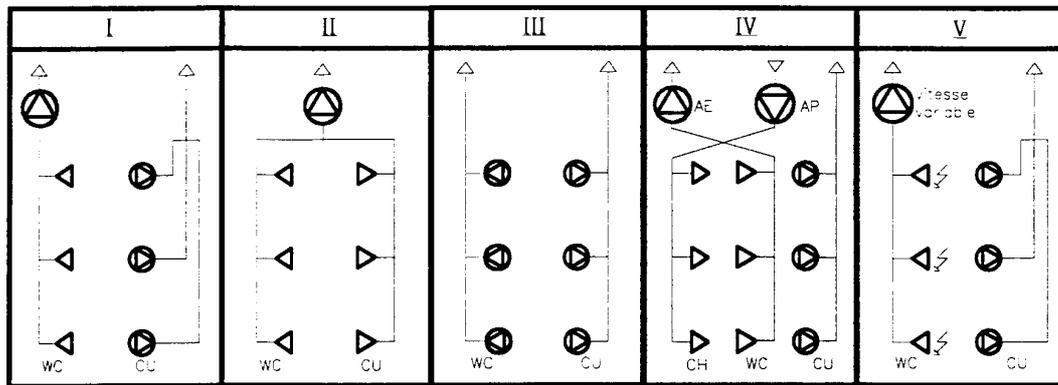
Le point d'intersection 4-5 indique la pression disponible théoriquement pour  $V_{100\%}$ :  $\Delta p_i = (V_{100\%} / V_{80\%})^2 = 203 \text{ Pa}$ . Cette valeur n'est utilisée que si  $V_{100\%}$  est utilisée dans le calcul des tubes au lieu de  $V_{80\%}$ .

## DIMENSIONS



	A	B	C
KH 55	547	465	517
KH 60	597	515	567
KH 90	897	815	867
KH 51,5	512	430	482

#### 8.4 SYSTEME IV - SDB + WC centralisés au moyen d'un double-flux (VDF) avec récupération de la chaleur de l'air vicié; CU : hottes individuelles motorisées



Une installation de ce type se trouve dans l'immeuble de la rue des Communaux 8 à Vevey (Vaud). Cette installation est en fonction depuis environ 1980.

##### 8.4.1 Description de l'installation

L'immeuble étudié a 16 appartements et un studio sur 6 niveaux (rez-de-chaussée et 5 étages). Au rez-de-chaussée se trouve un studio et un appartement de 4 pièces + cuisine. Les étages abritent chacun 2 appartements de 4 pièces + cuisine et un appartement de 4 pièces + cuisine.

Un préchauffage électrique de l'air pulsé pendant la période froide a été prévu pour les locaux sanitaires, enclenché dès que la température de l'air pulsé est inférieure à 8 °C, ce qui revient à une température de l'air extérieur de - 2 °C, en raison du récupérateur à plaques qui le précède. Conformément au diagramme de la fréquence de température pour Genève (figure 8.4.3) - pas très éloignée de la réalité pour Vevey - le nombre d'heures qui correspond à cette température est de 300 heures/an.

La surface et le volume de référence énergétique pour ce type d'installation sont identiques à la surface et le volume ventilés nets.

#### 8.4.2 Mesures effectuées

Les points de mesure se trouvent sur le schéma de principe (figures 8.4.1 et 8.4.2).

1. Avant le ventilateur d'extraction d'air.
2. Après le ventilateur d'extraction d'air.
3. Avant le ventilateur de pulsion d'air.
4. Après le ventilateur de pulsion d'air.
5. Hotte de cuisine.

Les appareils utilisés sont mentionnés au chapitre 6, points 6.2.1 à 6.2.3 et 6.2.6. Les résultats sont présentés dans les fiches de mesures 8.4 et la comparaison avec les valeurs planifiées dans le tableau 8.4. 1.

#### 8.4.3 Principaux appareils de l'installation de ventilation

##### Ventilateur d'extraction

Marque	HEMAIR
D	1680 m <sup>3</sup> /h
p	390 Pa
P	550 W
$\omega$	1390 rot/min.

##### Ventilateur de pulsion

Marque	HEMAIR
D	1000 m <sup>3</sup> /h
p	380 Pa
$\omega$	1390 rot/min

##### Batterie électrique sur la pulsion de l'air

U	1 x 380 V
P	5000 W

##### Hotte cuisine

Marque	WESCO
Type	EVM-10-55
P	130 W, y.c. 2 lampes à 40 W
Bruit	75 dB (A)
Trois vitesses	

## 8.4.4 Bilan énergétique de la récupération de la chaleur

(Uniquement l'installation de la ventilation sanitaires sans les hottes de cuisine)

- L'énergie nécessaire pour le chauffage de l'air frais est calculée conformément aux normes SIA 380/1 et Recknagel. Les deux méthodes concordent.

Energie annuelle nécessaire pour le chauffage de l'air neuf	40'000 kWh/an	95 MJ/m <sup>2</sup> an
Energie récupérée de la chaleur de l'air vicié (rendement récupérateur)	20'000 kWh/an	47 Mj/m <sup>2</sup> an
Consommation d'énergie électrique pour le ventilateur de pulsion	4'300 kWh/an	10 Mj/m <sup>2</sup> an
Consommation d'énergie électrique pour la résistance supplémentaire du ventilateur d'air vicié	1'200 kWh/an	3 Mj/m <sup>2</sup> an
Economie d'énergie annuelle nette	<u>14'500 kWh/an</u>	<u>34 MJ/m<sup>2</sup> an</u>
Economie de frais d'exploitation, énergie thermique à 0,06Fr./kWh, y.c. frais entretien	1'200.— Fr./an	0.78 Fr./m <sup>2</sup> an
Frais d'électricité pour le ventilateur de pulsion à 0,12 Fr./kWh	<u>- 660.— Fr. Lm</u>	<u>0.43 Fr./m<sup>2</sup> an</u>
Economie nette des frais d'exploitation	<u>550.— Fr./an</u>	<u>0.35 Fr./m<sup>2</sup> an</u>

La consommation d'électricité supplémentaire pour le deuxième ventilateur (pulsion) d'un système VDF, y compris l'augmentation des pertes de charges que doit vaincre le premier ventilateur (extraction) et fonctionnant 24h/24h, est en général de l'ordre du double d'un système centralisé à simple flux.

Cette part varie fortement du concept adopté pour le système VDF, du rendement des ventilateurs (en général assez médiocre pour les débits faibles jusqu'à 3000 m<sup>3</sup>/h environ) et des pertes de charges du réseau aéraulique.

Nous avons réalisé des projets dont le ventilateur de pulsion est automatiquement coupé en été lorsque le chauffage s'arrête, compte tenu que pendant cette saison les habitants vivent avec des fenêtres entre-ouvertes (cf 3.3, réf. 9). D'autre part, tout le système de ventilation s'arrête pendant la nuit. Le système VDF peut alors redevenir un système de ventilation à simple flux (VSF) avec des économies d'électricité substantielles. Un tel système possèdera les avantages d'une VDF et la consommation d'énergie d'une VSF.

Malgré les rendements encore trop souvent désastreux des ventilateurs à faible débit nominal, le bilan énergétique et financier est positif. Le prix spécifique du kWh économisé d'un système VDF bien optimisé est d'environ 20 à 50 % plus bas qu'une installation solaire de préchauffage d'eau chaude sanitaire, et économise 2 à 3 fois plus d'énergie que les capteurs solaires.

Il s'agit donc d'une mesure d'économie d'énergie intéressante avec tous les atouts de confort manquants aux systèmes de ventilation simple flux (VSF).

Le potentiel du système VDF est très grand puisqu'il revit son come-back en Suisse actuellement. En effet, de nombreux autres systèmes peuvent être associés au VDF et augmenter ainsi ses performances. De nouvelles réflexions de la part des ingénieurs s'imposent donc si l'on veut rendre cette technique performante et encore plus économique.

**INSTALLATION VENTILATION**  
**8.4.1 FICHE I : MESURES ELECTRIQUES - Ventilateur**

Point de mesure	Emplacement	OBJET : Programme RAVEL		DEBUT (heures) : 10,05		FIN (heures) : 11,15		RELEVES DE : W. ULRICH,E. URSUL		Observations
		LIEU : Rue des Communaux 8; Vevey		I [ A ]		cos $\phi_{hi}$		P [ W ]		
		GV	PV	GV	PV	GV	PV	GV	PV	
	Extraction d'air L1	232		1,27		0,58		168		S = 510 VA
"	" L2	232		1,25		0,59		174		S = 502 VA
"	" L3	232		1,3		0,59		177		S = 522 VA
Ventilateur	Pulsion d'air L1	231		1,13		0,42		108		S = 456 VA
"	" L2	231		1,11		0,44		115		S = 441 VA
"	" L3	231		1,16		0,45		120		S = 463 VA

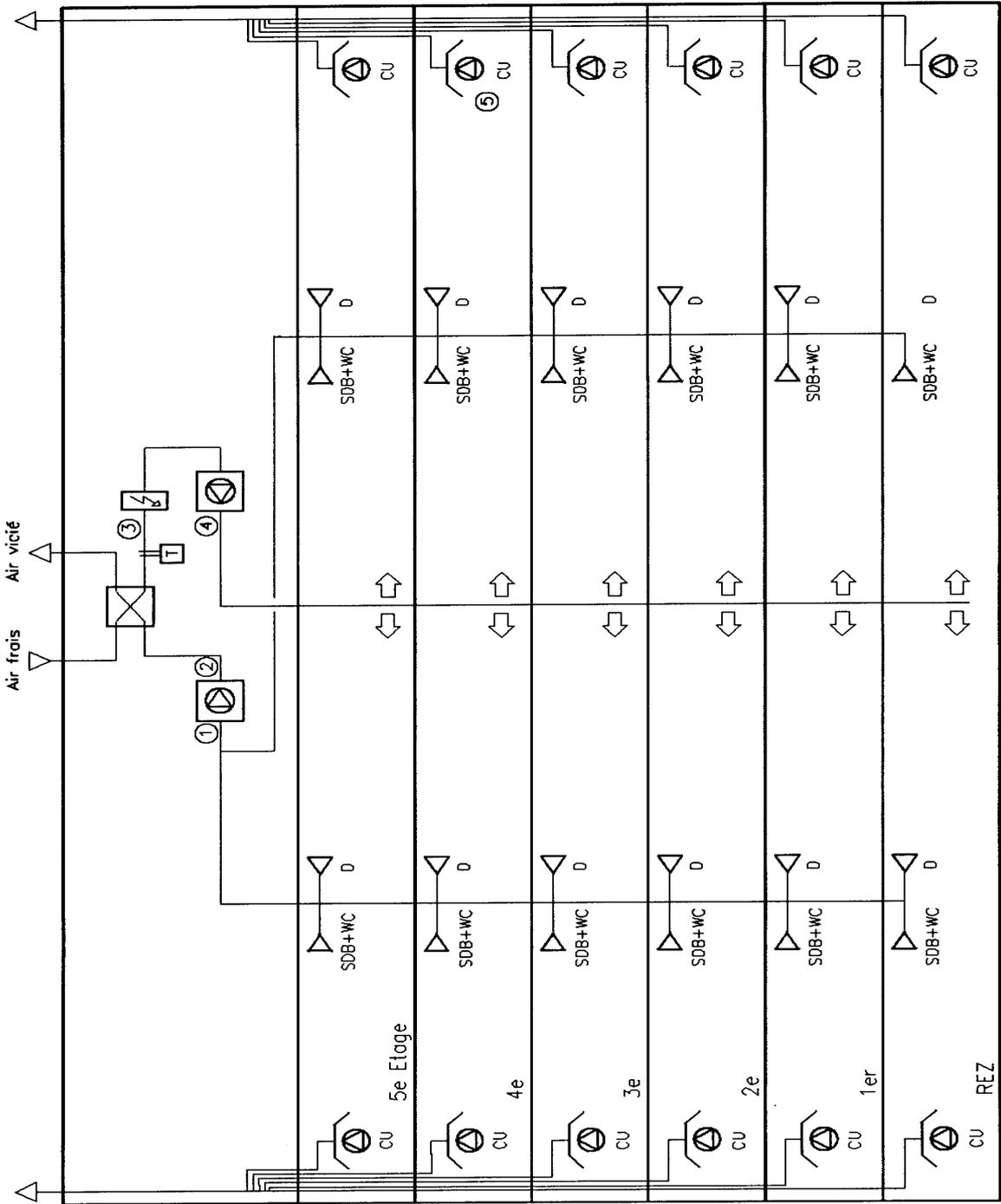
**INSTALLATION VENTILATION**

**8.4.2 FICHE II: MESURES THERMODYNAMIQUES - Ventilateur + Hotte cuisine**

Point de mesure	OBJET : Programme RAVEL LIEU : Rue des Communaux 8 , Vevey DATE : 02.11.91	T [°C]	D [mm]	T ext. [°C]	Grandeurs physiques mesurées						Observations	
					V [m/s]		dB(A)		P [Pa]			
					GV	PV	GV	PV	GV	PV		
1	Av. ventilateur / Extraction d'air	16,4	300/300	10,5	4,35		64			50		
2	Ap. ventilateur / Extraction d'air	16,9	300/300		3,7		64			115		
3	Av. ventilateur / Pulsion d'air	12,5	300/300	10,5	2,5	2,9	64			50		
	Ap. ventilateur / Pulsion d'air	12,8	300/300		1,95	2,8	64			115		
5	Hotte cuisine	18,1	d1=85		0,7		64					Mesures effectuées au 4e Et.
			d2=265									
5	"	18,2	"		0,95		74					
5	"	18,8	"		1,2		78					

RENOUVELLEMENT D'AIR									
Objet: Programme RAVEL			No. d'installation: 1 (ventilation SDS+LUC)						
Lieu: Rue des Communiers 8, Vevey			Volume ventilé: 4312 m <sup>3</sup>			SIA 380/4			
Date: 02.11.1991			Surface ventilée: 1560 m <sup>2</sup>						
Classe de la prestation: 1									
Grandeurs mesurées: (Une seule vitesse)									
Grandeur spécifique indice	$\Delta p$ [Pa]	$v_s$ [m/s]	$n$ [1/h]	$\rho$ [-]	P [W]	$h_b$ [Pa]	E [kWh/m <sup>2</sup> o]	Grandeurs caractéristiques	
Z1 1	165	0,53	0,19	0,108	0,343	8760	1,35	$P_o = 0,36$ [W/m <sup>2</sup> ]	$P_m = 0,22$ [W/m <sup>2</sup> ]
Z1 2								$h_o = 8760$ [h]	$P_{max,ab} = 0,34$ [W/m <sup>2</sup> ]
abl 1	190	0,9	0,33	0,122	0,519	8760	2,95	$f_{b,ab} = 1$ [-]	$E_{RN} = 4,9$ [kWh/m <sup>2</sup> o]
abl 2									
installation complète 1-ère allure									
installation complète 2-ème allure					$P_{max} = 0,56$				
Grandeurs planifiées:									
	$\Delta p$ [Pa]	$v_s$ [m/s]	$n$ [1/h]	$\rho$ [-]	$P_{max}$ [W/m <sup>2</sup> ]	$f_b$ [-]	$h_o$ [Pa]	$E_{RN}$ [kWh/m <sup>2</sup> o]	$P_i$ [W/m <sup>2</sup> ]
	380 zk	0,65	0,23	0,141	—	—	8760	—	—
prestation complète	390 abk	1,10	0,4	0,151	0,36	0,94	—	3,13	0,36

SYSTEME IV 8, rue des Communaux



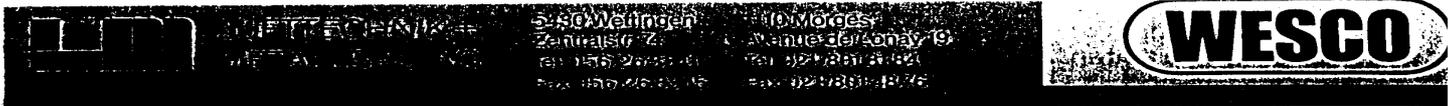
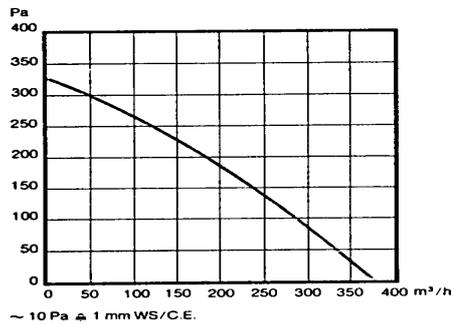
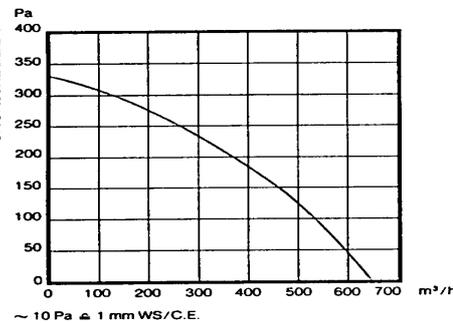


Figure 8.4.2

**Leistungsdiagramme**  
Courbes caractéristiques

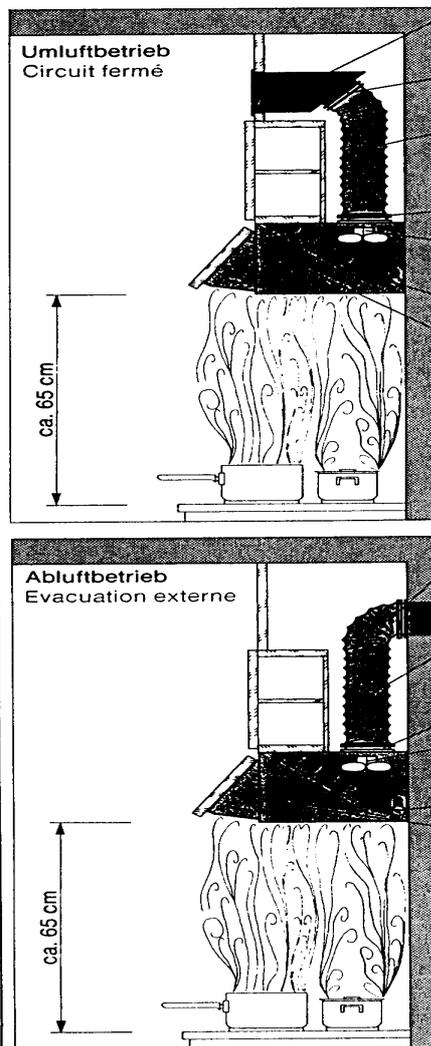


Förderleistungsdiagramm für die Typen EVM-25/45/50/55/60/90  
Courbe caractéristique des types EVM-25/45/50/55/60/90



Förderleistungsdiagramm für den Typ EVM-25/100/110  
Courbe caractéristique du type EVM-25/100/110

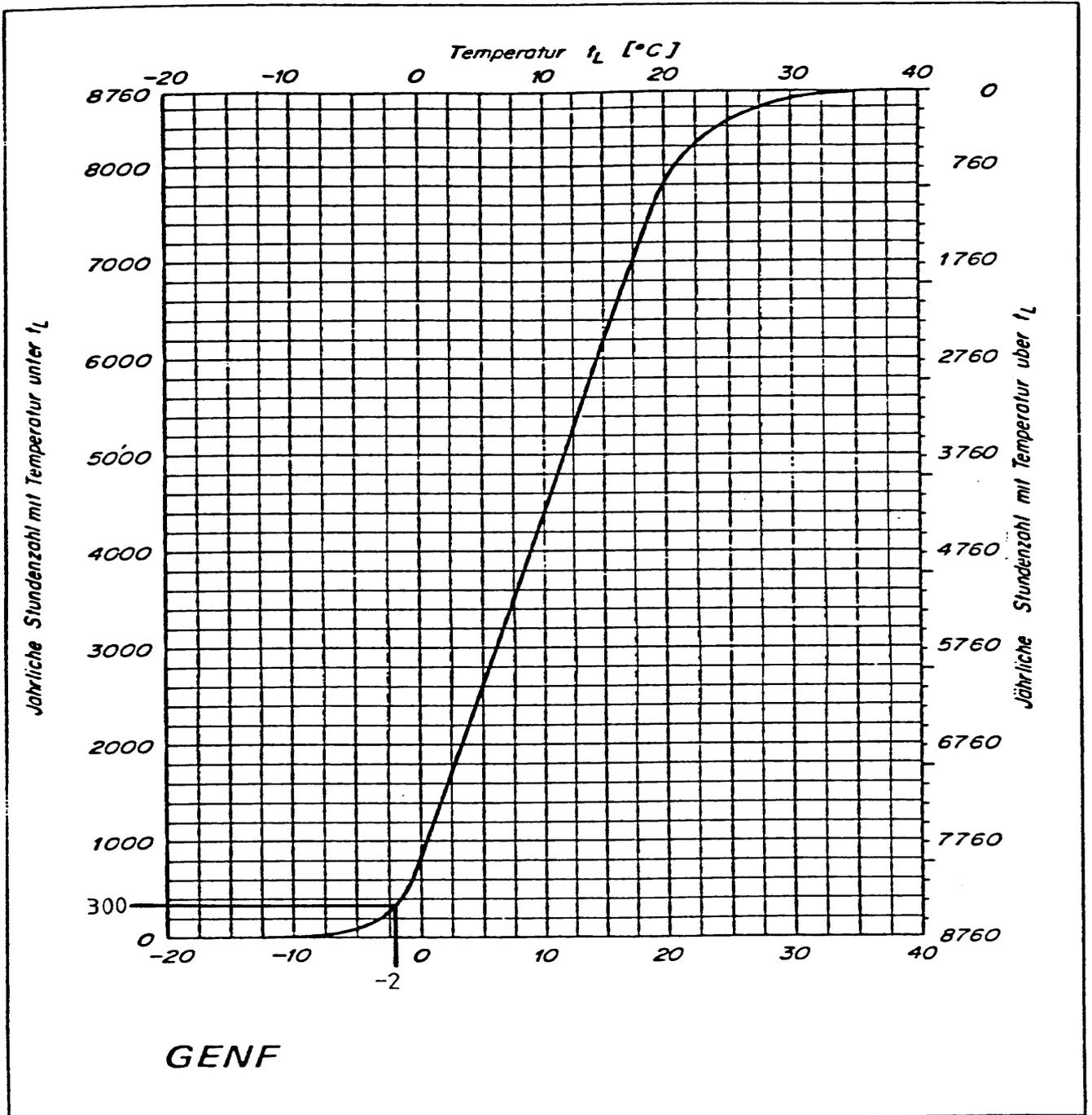
**Einbaubeispiele**  
Exemples de montage

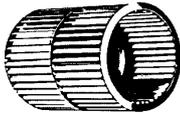


**Sonderzubehör**  
Accessoires spéciaux

- Aktiv-Kohlefilter  
Blatt 5.04  
Filtre à charbon actif  
Page 5.04
- Briden  $\varnothing$  125  
Brides  $\varnothing$  125
- Flexible Rohre in Kunststoff  
oder Aluman  
Tuyau flexible synthétique  
ou alu
- Briden  $\varnothing$  125 oder 150  
Brides  $\varnothing$  125 ou 150
- Ventilator  
Ventilateur centrifuge
- Beleuchtung  
Bandeau lumineux
- Abzugshaube EVM-25  
Hotte de ventilation EVM-25
- Briden  $\varnothing$  125 oder 150  
Brides  $\varnothing$  125 ou 150
- Teleskop-Mauerrohr  
Grille de façade  
télescopique
- Flexible Rohre in Kunststoff  
oder Aluman  
Tuyau flexible synthétique  
ou alu
- Briden  $\varnothing$  125 oder 150  
Brides  $\varnothing$  125 ou 150
- Ventilator  
Ventilateur centrifuge
- Beleuchtung  
Bandeau lumineux
- Abzugshaube EVM-25  
Hotte de ventilation EVM-25

Änderungen vorbehalten / Modifications réservées





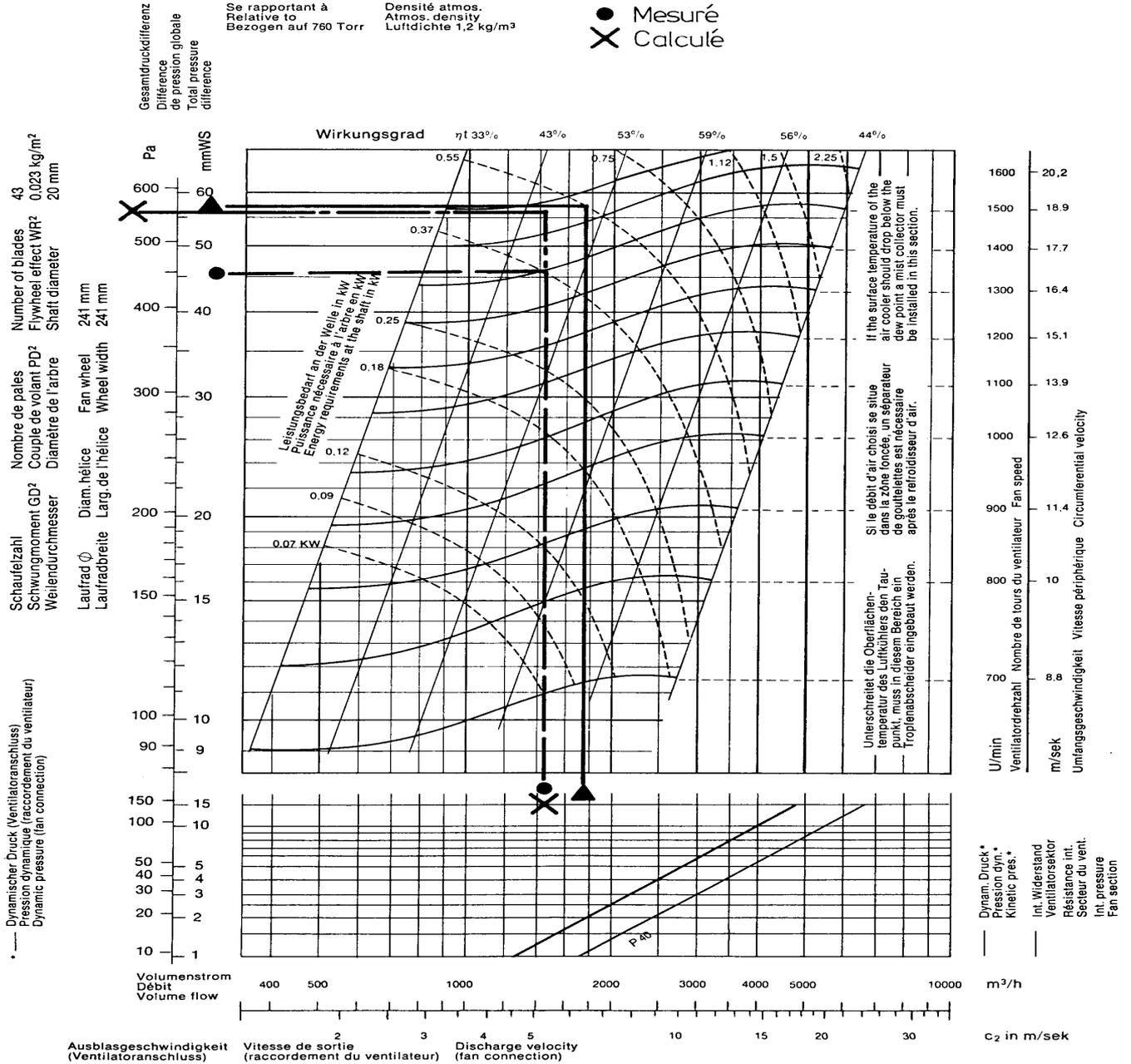
Doppelseitig ansaugend  
 Laufrad aus Stahlblech  
 Vorwärts gekrümmte Schaufeln

Aspirant des deux côtés  
 Hélice en tôle d'acier  
 Pales coudées avant

Intake from either side  
 Wheel of sheet steel  
 Forward curved blades

# Ventilator BDC 241-241 Typ P 40

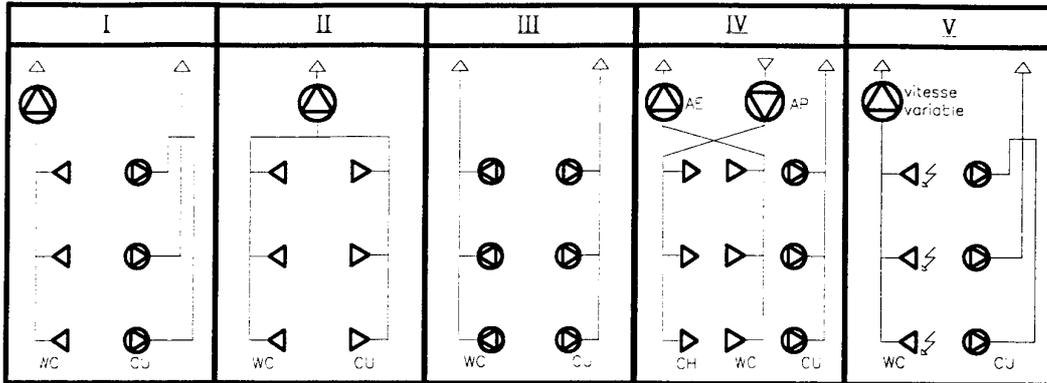
- ▲ Catalogue + mesuré
- Mesuré
- ✕ Calculé



### 8.5 SYSTEME V - SDB + WC centralisés avec ventilateur à débit variable, (soupapes motorisées)

SM WC individuels (turbinettes motorisées) dans les combles

CU : hottes individuelles motorisées



Une installation de ventilation de ce type est installée dans l'immeuble HLM au chemin du Stade 7, 7a et 7b à Meinier et est en fonction depuis 1987.

#### 8.5.1 Description de l'installation

Le bâtiment étudié est constitué de 3 immeubles sur 3 niveaux (rez-de-chaussée, étages, combles) qui totalisent 18 appartements. Au rez-de-chaussée se trouvent 3 appartements de 4 pièces + cuisine et 3 appartements de 2 pièces + cuisine. A l'étage se trouve 3 appartements de 4 pièces + cuisine et 3 appartements de 3 pièces + cuisine. Les combles abritent 2 appartements de 4 pièces + cuisine et 4 appartements de 3 pièces + cuisine.

Les soupapes sont commandées par l'enclenchement de l'éclairage. Le programme de fonctionnement du ventilateur, réglé par une horloge électrique, est de 6h.00 à 23h.00. Pendant la nuit (23h.00 - 6h.00), le ventilateur est arrêté.

Les cuisines sont ventilées par des hottes du type "WESCO", à vitesse variable au rez-de-chaussée et étage et par des hottes du type "BOSCH" à trois vitesses pour les combles.

#### 8.5.2 Mesures effectuées

Les hottes de cuisines et les turbinettes ont été mesurées sur place en utilisant les appareils mentionnés au points 6.2.1 à 6.2.3 et 6.2.6.

**INSTALLATION VENTILATION**  
**8.5.1 FICHE I : MESURES ELECTRIQUES - Hotte cuisine + Turbinette, combles**

Point de mesure	OBJET : Programme RAVEL LIEU : Ch. du Stade 7/7A - 7B, Meinier DATE : 04.11.91	Emplacement	Grandeurs physiques mesurées						Observations			
			U [V]		I [A]		cos $\phi_{hi}$			P [W]		
			GV	PV	GV	PV	GV	PV		GV	PV	
1	Hotte cuisine, Combles	225		0,4		1				94		S = 93 VA ( vitesse 1 )
1	"	225		0,54		1				123		S = 121 VA ( vitesse 2 )
1	"	225		0,59		0,98				130		S = 132 VA ( vitesse 3 ), ( P = 249 W avec les 2 lampes x 60 W )
2	SDB turbinette, Combles	227		0,09		0,64				13		S = 20 VA

**INSTALLATION VENTILATION**  
**8.5.2 FICHE II: MESURES THERMODYNAMIQUES - Hotte cuisine + Turbinette + Soupape motor.**

Point de mesure	Emplacement	OBJET : Programme RAVEL		DEBUT (heures) : 13,35		Observations						
		LIEU : Ch. du Stade 7/7A - 7B, Meinier		FIN (heures) : 14,20		Grandeurs physiques mesurées						
		DATE : 04.11.91		RELEVES DE : W. ULRICH, J.P. GIGNOUX								
T [°C]	D [mm]	T ext. [°C]	V [m/s]			dB(a)			P [Pa]			
			GV	PV	GV	PV	GV	PV	GV	PV	GV	PV
1	Hotte cuisine - Combles	21,2	125		3,5	5,05	57					Vitesse 1
1	"	21,2	125		5,05		69					Vitesse 2
1	"	21,2	125		6,7		75					Vitesse 3
2	Turbinette SDB - Combles	20,9	115		1,8		54					
3	Hotte cuisine - 1er	22,6	170		5,25	1,05	80	47				Démontage hotte inaccessible, pour effectuer mesures électriques
	Soupape SDB - 1er Et.						50					

Pour le ventilateur central à vitesse variable, nous avons utilisé un montage du type indiqué au point 6.2.7 et les mesures ont été faites pendant quatre jours - du vendredi 18.10.1991 à 9h.00 26', jusqu'à mardi 22.10.1991 à 10h.00 09', pendant des jours ouvrables et fériés. 580 valeurs ont été enregistrées avec une intervalle de 10 minutes.

Les points de mesures sont indiqués sur le schéma de principe (figure 8.5. 1)

1. Hotte cuisine combles.
2. Turbinette combles.
3. Hotte cuisine étage.
4. Ventilateur sous-sol (tableau électrique).

Les résultats des mesures sont présentés dans les fiches techniques de mesures 8.5 pour les hottes de cuisines et les turbinettes, quant au ventilateur dans les figures 8.5.2 et 8.5.3.

La puissance moyenne absorbée par le ventilateur central à débit variable a été calculée en divisant l'énergie consommée par le temps réel de fonctionnement de l'installation 68,5 heures - et non pas par le temps d'enregistrement (96,5 heures), et ce, en raison de l'arrêt du ventilateur pendant la nuit (23h.00 - 6h.00).

L'appareil a enregistré pendant la durée des mesures où le ventilateur a été à l'arrêt (28 heures de nuit) une puissance active nulle.

La comparaison entre les valeurs mesurées et planifiées est présentée dans le tableau 8.5.1.

### 8.5.3 Principaux appareils de l'installation de ventilation

#### Ventilateur

Marque	FISCHBACH
Type	D640 / E250-4
D	645 / 2705 m <sup>3</sup> /h
p	20 / 1000 Pa
P	370 / 770 W
Bruit	38 / 78 dB (A)
Régulation	FISCHBACH
Type	FRA-N45

Hotte cuisine (RC + étage)

Marque	WESCO
Type	RVM-130-4
P	148 W + 1 lampe fluorescente à 15 W
$\omega$	1460 rot/min

Hotte cuisine (combles)

Marque	BOSCH
Lampes	2 x 60 W

Turbinette (combles)

Marque	BENZIG
Vitesse	variable

Soupape motorisée (RC + étage)

Marque	RT-100 A
D	15-180 m <sup>3</sup> /h
p	30-300 Pa
Bruit	20-50 dB (A)

## Remarque

Le taux de simultanéité de l'enclenchement des soupapes se situe entre 0,20 et 0,40.

RENOUVELLEMENT D'AIR									
Objet: Programme CAVEZ		No. d'installation: (Ventilation SAS+VCL- ZC → E+Vg)		SIA 380/4					
Lieu: ch. du stade 7701, 7b, Tournai		Volume ventilé: 114/6153 m <sup>3</sup>							
Date: 18/22 10. 1991		Surface ventilée: 621/2157 m <sup>2</sup>							
Classe de la prestation: 1									
Grandeurs mesurées:									
Grandeur spécifique	$\Delta p$ [Pa]	$V_s$ [ $\frac{m^3}{hm}$ ]	$n$ [ $\frac{1}{h}$ ]	$\rho$ [-]	$P$ [ $\frac{W}{m^2}$ ]	$h_b$ [ $\frac{h}{o}$ ]	$E$ [ $\frac{kWh}{m^2o}$ ]	Grandeurs caractéristiques	
zl 1								$P_o = 124/0,35$ [ $\frac{W}{m^2}$ ]	
zl 2								$h_o = 8760$ [ $\frac{h}{o}$ ]	
abl 1	-	Régime moyen 6935/0,7	1,35/0,25	-	3,18/0,09	6205	197/656	$P_m = 225/0,064$ [ $\frac{W}{m^2}$ ]	
abl 2								$P_{max} = 618/0,118$ [ $\frac{W}{m^2}$ ]	
installation complète 1-ère allure								$f_b = 0,54$ [-]	
installation complète 2-ème allure					$P_{max} = 418/0,012$			$E_{RN} = 35,6/1,12$ [ $\frac{kWh}{m^2o}$ ]	
Grandeurs planifiées:									
	$\Delta p$ [Pa]	$V_s$ [ $\frac{m^3}{hm}$ ]	$n$ [ $\frac{1}{h}$ ]	$\rho$ [-]	$P_{max}$ [ $\frac{W}{m^2}$ ]	$f_b$ [-]	$h_a$ [ $\frac{h}{o}$ ]	$E_{RN}$ [ $\frac{kWh}{m^2o}$ ]	$P_i$ [ $\frac{W}{m^2}$ ]
prestation complète	150	50,54/1,2	15,5/0,44	0,15	12,38/0,35	0,18	8760	108,65/3,066	12,38/0,35

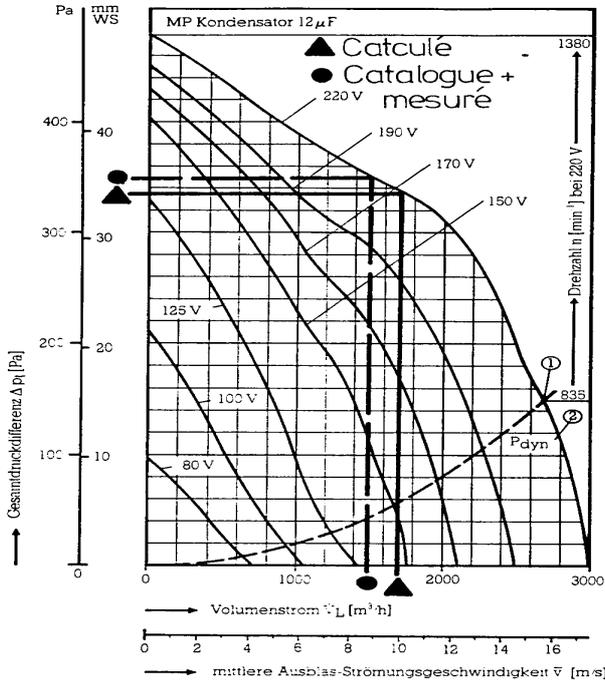


**Typ: D = doppelseitig saugend**

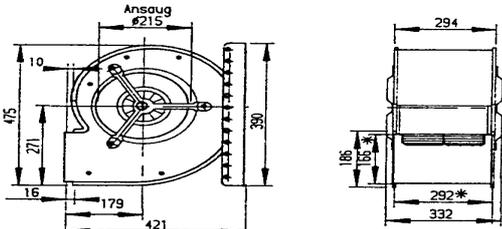
**Leistungen/Abmessungen**



**Best.-Nr.: D 640/E 250-4 (Wechselstrom)**



- ① freiausblasend bezogen auf Gebläse-Austrittsfläche 0,0478 m², max. zul. Umgebungstemperatur 60 °C
- ② dyn. Druckanteil Druckgewinn aus dem dyn. Druckanteil siehe Beispiel Seite 8



\* Außenmaße der Ausblööffnung

Erläuterungen und Montagebeispiele siehe Seite 6/7.



Der Leiseläufer



Spannung Volt	Volumenstrom $\dot{V}_L$ [m³/h] bei $\rho = 1,2 \text{ kg/m}^3$ und Stromaufnahme [A] (zweite Zeile)							
	frei ausbl.	Gesamtdruckdifferenz $\Delta p_t$ [Pa]						
		100	150	200	250	300	350	400
80	645 1,66							
100	940 2,00	515 1,87	315 1,76	55 1,67				
125	1245 2,50	1015 2,36	825 2,19	625 2,00	405 1,84	145 1,72		
150	1670 2,97	1520 2,86	1385 2,71	1165 2,48	885 2,21	640 2,01	295 1,80	
170	1940 3,26	1900 3,20	1745 3,04	1575 2,84	1300 2,61	955 2,30	630 2,06	
190	2260 3,60	2290 3,67	2125 3,39	1965 3,24	1750 2,99	1380 2,63	875 2,28	470 2,08
220	2705 3,90	2820 4,01	2700 3,90	2485 3,67	2305 3,49	2070 3,28	1615 2,84	865 2,42

**Strom sparen und garantiert noch leiser werden mit FISCHBACH-DREHZAHL-REGLER und FISCHBACH-REGEL-AUTOMATIC**

Regeln über die Spannung	FISCHBACH intern	Best.-Nr.
Jede Stufe von 0 bis 100% und von 100% bis C. stufenlos	FDR 45 *	6132
in 7 Stufen, stufenweise	FDR 420 *	6151
vollautomatisch mit FISCHBACH-REGEL-AUTOMATIC**	6392	FRA-N 45

\* Angaben beziehen sich auf anschließende Regler im Gehäuse. weitere Auswahl siehe Seite 28.  
 \*\* erforderliche Istwertfühler und Sollwertgeber siehe Seite 28.

**Schalldruckpegel  $L_p$  in dB (A)**

angelegte Spannung [V]

Volt	80	100	125	150	170	190	220
saugseitig *	31	40	49	53	57	64	65
druckseitig **	20	28	35	43	48	50	55

\* Schalldruckpegel A - bewertet im Abstand von 4 m von der Ansaugöffnung. Raumdämpfung 6 dB  
 \*\* Schalldruckpegel A - bewertet im Freien im Abstand von 4 m von der Ausblööffnung

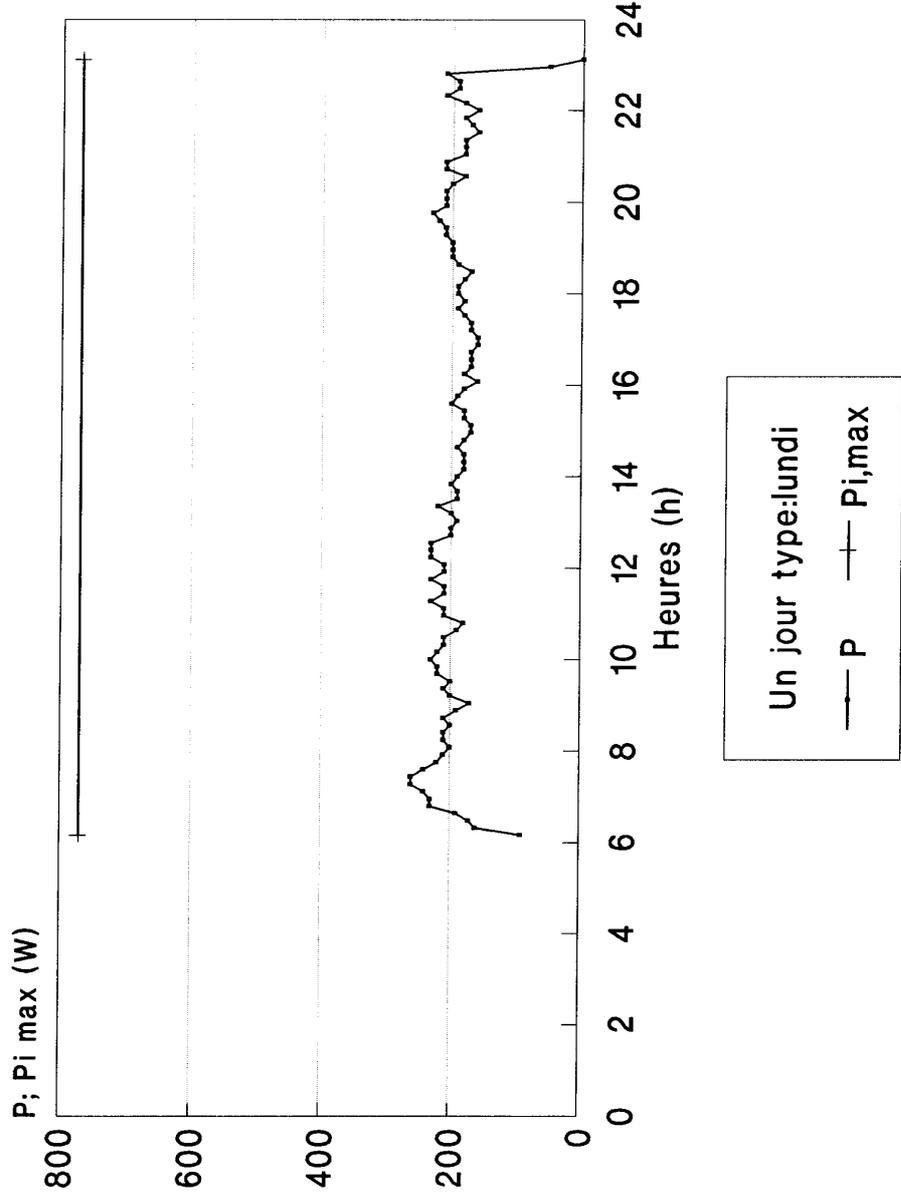
Bitte unterscheiden Schalldruckpegel  $L_p$  in dB (A) oder Schalleistungspegel  $L_w$  in dB. Lesen Sie dazu unseren Hinweis auf Seite 28.

**Schalleistungspegel  $L_w$  in dB (linear)** bei Mittenfrequenzen der Oktavbänder [Hz]

Spannung Volt	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	Gesamt 45-11200
<b>saugseitig</b>									
80	38	40	43	37	33	27	20	16	46
100	48	47	50	45	43	39	35	28	55
125	56	56	57	53	51	50	47	43	62
150	59	60	60	58	56	54	52	49	66
170	64	66	65	63	61	59	58	57	71
190	70	73	71	68	66	65	64	63	78
220	70	72	71	67	67	65	65	64	78
<b>druckseitig</b>									
80	43	44	41	39	35	30	24	22	48
100	48	48	47	46	42	39	36	31	54
125	54	53	52	52	49	47	47	44	59
150	61	62	58	60	57	55	55	54	67
170	64	64	62	65	62	60	60	60	71
190	67	67	64	68	64	61	62	62	74
220	70	71	69	69	66	66	67	67	78

**Ihr Nutzen: niedrigste Schallpegelwerte**

# Puissances P et $P_{i,max}$ du ventilateur à débit variable en f de la pression



RAVHR1F/18.3.92 E.S.

Figure 8.5.3

## **9. OBSERVATIONS GENERALES**

Les mesures faites sur place sont pratiquement toujours différentes de celles du laboratoire, en raison des conditions locales. Pour cette raison, nous avons été obligé d'introduire des valeurs recalculées selon les mesures les plus précises et d'ajouter pour d'autres que nous n'avons pu mesurer (pression) des valeurs corrigées selon le catalogue. La classe de précision des appareils de mesure utilisés (cf 6.2), ainsi que l'élimination des erreurs systématiques ou grossières assurent une précision suffisante pour analyser les 5 systèmes.

La manière dont la variation des conditions de mesures influence les résultats obtenus dépend des paramètres mesurés et de l'ampleur de leur fluctuation.

1. Us calculs que nous avons effectués conduisent à la conclusion que l'influence de l'humidité de l'air sur les pertes de charge dynamiques est négligeable (moins de 1 %). Par conséquent, l'on peut ignorer l'apport de l'humidité dans les calculs de pertes de charges pour les conditions moyennes de fonctionnement.
2. L'influence de la température de l'air très variable durant l'année sur les pertes de charges dynamiques se situe dans les limites de 15-18 %, mais se réduit à 5-7 % pour les pertes de charges totales. Les résultats s'expliquent par l'effet peu significatif de la masse volumique de l'air par rapport à la vitesse de l'air. On peut affirmer que, pour l'appréciation du fonctionnement des installations de ventilation du bâtiment dans des conditions moyennes, on peut négliger la variation de la température de l'air, sans pour autant trop affecter les résultats de mesures d'énergie.
3. L'effet de l'encrassement du filtre des hottes de cuisines sur la vitesse de l'air et la puissance absorbée était étonnamment faible : 1-5 % ... Nous n'avons pas trouvé d'explication et le sujet mérite d'être approfondi, d'autant plus que nous ne sommes pas les seuls à avoir rencontré ce "problème" parmi nos collègues du programme Ravel.
4. L'ouverture des fenêtres modifie les résultats des mesures de la vitesse de l'air que très faiblement, ce qui permet de les négliger également pour les calculs de la consommation d'électricité.
5. Les caractéristiques techniques des équipements de l'installation de ventilation, selon les étiquettes qui les accompagnent, sont des valeurs de référence pour le(s) régime(s) nominal (aux). Plus on s'écarte de ce régime, plus les valeurs enregistrées s'éloignent de ces dernières et l'efficacité diminue.

6. Quelque soit le système - sauf à priori le système IV - les problèmes d'odeurs sont monnaies courantes et sont très difficiles à maîtriser à 100 %. Lors de basses pressions météorologiques et/ou des vents notamment, il peut s'installer des refoulements d'air dans les gaines qui s'infiltreront dans les appartements par les soupapes et les hottes. Le sens olfactif de l'humain est suffisamment sensible pour déceler immédiatement des mauvaises odeurs, même très faibles, régnant dans les canaux de ventilation.

## **10. CONCLUSIONS**

Afin de pouvoir tirer des conclusions sur les mesures, nous avons dressé un tableau comparatif des installations analysées (cf tableau 10. 1).

Les valeurs des grandeurs physiques mesurées et/ou calculées ont été réduites à un dénominateur commun, soit en divisant l'énergie électrique consommée (ou la puissance active) par une surface ou un volume.

Nous avons ensuite extrait de ce tableau les résultats les plus importants et les plus significatifs et les avons présentés sous forme de graphiques plus synthétiques que les chiffres (fig. 10.1 à 10.18).

Ces graphiques parlent d'eux mêmes et nous les commentons uniquement lorsque certaines informations ne peuvent y être intégrées.

### Figure 1.1

Le rapport surface ventilée/surface de référence est en général assez constant pour l'ensemble des bâtiments se situant entre 15 et 20 % (exception système IV). Ce rapport peut augmenter sensiblement lorsque les cuisines sont généreusement dimensionnées et atteindre plus de 27 % (système II).

Cela permet d'utiliser la surface de référence énergétique (SRE) bien connue pour établir des valeurs spécifiques comme dans le chauffage avec une précision suffisante et de surcroît comparable entre elles et faciles à obtenir.

### Figure 10.2

Le taux de renouvellement de l'air par rapport au volume de référence (VRE) varie du simple au double et se situe entre 0,8 et 1,4, valeurs assez élevées. Le taux de renouvellement d'air par rapport au volume ventilé net des locaux (VVN) se situe entre 4,5 et 8,2 (exception système IV).

Aujourd'hui, le renouvellement d'air forcé peut se situer entre 0,20 à 0.50 sans diminution de confort et dégâts aux bâtiments à condition que le concept ventilation soit bien conçu et adapté.

### Figure 10.17

Certaines installations sont surdimensionnées compte tenu de la durée réduite du fonctionnement à grande vitesse. Le "surdimensionnement" d'une installation de ventilation pourrait être défini soit en fonction de la puissance active (FDP), soit en fonction du débit d'air transporté (FDV). Par conséquent, les systèmes 1, II et surtout V présentent une large réserve côté puissance électrique, tandis que du point de vue débit uniquement, le système V est fortement surdimensionné.

## Système 1

## Avantages

Séparation du réseau sanitaire des cuisines  
 Séparation des réseaux des cuisines entre eux  
 Risque de refoulement faible  
 Confort élevé (hotte de cuisines)  
 Frais d'énergie et d'entretien des hottes de cuisines chez l'utilisateur

## Inconvénients

Puissance installée élevée

## Système II

## Avantages

1 seul ventilateur pour tous les appartements  
 Puissance installée et absorbée très faible  
 Pertes de charge par m linéaire faible  
 Faibles frais d'énergie

## Inconvénients

Risque très élevé de raccordement sauvage de hottes de cuisines motorisées sur les soupapes  
 Risque de refoulement élevé

## Système III

## Avantages

Séparation du réseau sanitaire de celui des cuisines  
 Confort élevé  
 Ventilation selon demande  
 Décompte individuel des frais de ventilation (DIFV)  
 Consommation d'énergie très faible

## Inconvénients

Puissance installée élevée  
 Risque de refoulement élevé (réseau cuisine unique)  
 Risque de problèmes d'humidité si commande manuelle des turbinettes  
 Nuisance acoustique, notamment nocturne si commande automatique exclusivement (appareils souvent bruyants). Ces deux derniers points sont diamétralement opposés, à moins que les turbinettes soient très silencieuses.

## Système IV

## Avantages

Séparation du réseau sanitaire des cuisines  
Séparation des réseaux des cuisines entre eux  
Risque de refoulement minimal car aération permanente  
Confort et hygiène de l'air maximale  
Récupération de la chaleur de l'air vicié

## Inconvénients

Economie d'énergie  
Puissance installée élevée  
Consommation d'électricité élevée  
Coût élevé

## Système V

## Avantages

Séparation du réseau sanitaire des cuisines  
Séparation des réseaux des cuisines entre eux  
Confort élevé

## Inconvénient

Ventilation selon demande (débit variable)  
Puissance installée élevée  
Risque de problèmes d'humidité si commande manuelle des turbinettes  
Nuisance acoustique, notamment nocturne si soupapes bruyantes

## **11. POTENTIEL D'ECONOMIE D'ENERGIE**

Le parc immobilier suisse concerné par les systèmes de ventilation étudiés (immeubles d'habitation et mixtes, petits bureaux, etc.) représente environ 500'000 unités ou 22 % de l'ensemble des bâtiments\*.

La surface de référence énergétique (SRE) de ces bâtiments s'élève à 250 mio m<sup>2</sup> et le volume (admis en tant que VRE) est de 1'000 mio m<sup>3</sup>.

### **11.1 Energie thermique**

En admettant un taux de renouvellement d'air de 0,5 h-l, l'on obtient un débit d'air total de 500 mio m<sup>3</sup>/h. L'énergie thermique nécessaire pour chauffer cet air en hiver s'élève à environ 800'000 tonnes de mazout (9'500 GWh/an). Par rapport à la consommation d'énergie finale suisse des produits pétroliers, cela représente environ 7 % et en comparaison à la consommation de l'huile extra-légère environ 15 %.

Cette part est en forte hausse pour les bâtiments neufs et très bien isolés et peut atteindre facilement 25 à 40 %. Le potentiel d'économie thermique est donc énorme et des efforts sur les concepts de ventilation doivent alors être effectués si l'on veut être à la hauteur des progrès réalisés dans le domaine des économies d'énergie de chauffage (isolation, chaudière, régulation, etc.).

### **11.2 Energie électrique**

L'évaluation du potentiel d'économie d'électricité s'avère difficile. En effet, il n'est pas aisé d'extrapoler à partir de la consommation d'électricité de cinq systèmes de ventilation mesurés sur l'ensemble du parc immobilier suisse.

Toutefois, ce potentiel doit très certainement se situer entre 500 et 1000 GWh/an, ce qui représente environ 1 à 2 % de la consommation d'électricité totale et est assez proche de la consommation d'électricité des circulateurs qui est de l'ordre de 3,5 %.

“Gebäudepark Schweiz” Sozio-ökonomische Energieforschung, 1991 von Wüest + Gabathuler (neu Wüest + Partner).

Le potentiel d'économie d'électricité est tout de même important étant donné que le rendement des ventilateurs à débit d'air faible à moyen (max. 2'500 m<sup>3</sup>/h) sont médiocres (0,18 - 0,30) et que les renouvellements d'air peuvent être diminués.

Il est fort possible que l'économie sera alors compensée par des systèmes à double-flux qui consommeront légèrement plus d'électricité pour économiser le grand potentiel d'énergie thermique grâce à la récupération de la chaleur de l'air vicié.

**ANNEXES - GRAPHIQUES**

Tableau comparatif des installations	Tableau 1 0. 1
Rapport des surfaces SVN/SRE	Figure 10. 1
Taux de renouvellement d'air (n)	Figure 10. 2
Puissance installée par m2 (pi)	Figure 10.3
Puissance maximale absorbée par m2 (Pmax)	Figure 10.4
Puissance moyenne absorbée (Pm)	Figure 10. 5
Energie spécifique (E)	Figure 10. 6
Energie consommée par m3 d'air transporté (Esp)	Figure 10.7
Pertes de charge par nombre de soupape	Figure 10.8
Pertes de charge par m linéaire du tronçon le plus long	Figure 10.9
Facteur d'exploitation (fb)	Figure 10.10
Coûts spécifiques des installations	Figure 10.11
Coût spécifique de la consommation d'énergie annuelle	Figure 10. 12
Coûts par soupape et par appartement	Figure 10.13
Puissance des ventilateurs (MV), des hottes (HC) et des turbinettes (TU)	Figure 10.14
Rendements des ventilateurs (MV), des hottes (HC) et des turbinettes (TU)	Figure 10.15
Facteur de puissance cos# des ventilateurs MV et des hottes de cuisine CU	Figure 10.16
Surdimensionnement des ventilateurs	Figure 10. 17
Variation du rendement des ventilateurs en fonction du débit	Figure 10.18

PROJET RAVEL											
TABLEAU COMPARATIF DES INSTALLATIONS											
Tableau 10.1											
N° DE REPERE	GRANDEUR PHYSIQUE	UNITES DE MESURE	N° DE FORMULE	SYSTEME I RETUELLE 8 MEINIER	SYSTEME II MEYRIN 5-9 GENEVE	SYSTEME III JULES CROSNIER 6 GENEVE	SYSTEME IV COMMUNAUX 8 VEVEY	SYSTEME V CH STADE 7 MEINIER			
1	SRE	m2	-	920	4142	1471	1540	2197			
2	SVN	m2	-	164.5	1128	209	1540	410			
3	SVN/SRE	-	-	0.18	0.27	0.14	1.0	0.187			
4	VRE	m3	-	2800	11390	3825	4312	6153			
5	VVN	m3	-	411	3012	543	43.2	1150			
6	VSIA	m3	-	4160	19895	4480	6580	7600			
7	N soup	-	-	36	172	33	110	49			
8	N app	-	-	12	57	9	17	18			
9	L trajet	m	-	18	32	18.5	31	41.5			
10	Dv	m3/s	-	0.27	1.4939	-	0.392	0.43			
11	Dm	m3/h	-	2257	10405.5	4452	3766	5297			
12	D tot	m3/h	-	3921.2	16134	4452	3766	5297			

N° DE REPERE	GRANDEUR PHYSIQUE	UNITES DE MESURE	N° DE FORMULE	SYSTEME I RETUELLE 8 MEINIER	SYSTEME II MEYRIN 5-9 GENEVE	SYSTEME III JULES CROSNIER 6 GENEVE	SYSTEME IV COMMUNAUX 8 VEVEY	SYSTEME V CH STADE 7 MEINIER
13	Eh	kWh	5'	0.226	1.115	1.12	2.878	2.58
14	E 24h	kWh	6	5.425	26.75	3.88	24.12	7.38
15	Q	kWh/an	7	1980	9763	1242.7	8615	2511
16	Q tot	MJ/an	-	529860	1826622	-	-	716222
17	Pb, tot	W	-	2206	1677	3012	4420	3552
18	Pi	W	-	2250	2700	2632	4470	4355
19	Pm, tot	W	-	1444.5	1115	1752	1027	3545
20	Pmax, tot	W	-	2194	1677	2136	1316	4924
21	Pmax, tot. SRE	W/m2	-	2.32	0.405	1.45	0.85	2.24
22	Pmax, tot. SVN	W/m2	-	13.34	1.49	10.22	0.85	12
23	$\Delta Pv$	W	12, 12'	298	559	-	579	260
24	Pmax, disp, v	W	-	550	900	-	550	770
25	pv	Pa	-	110	235	-	170	-
26	Coût tot.	Fr.	-	32560	123100	21375	91200	39500

N° DE REPERE	GRANDEUR PHYSIQUE	UNITES DE MESURE	N° DE FORMULE	SYSTEME I RETUELLE 8 MEINIER	SYSTEME II MEYRIN 5-9 GENEVE	SYSTEME III JULES CROSNIER 6 GENEVE	SYSTEME IV COMMUNAUX 8 VEVEY	SYSTEME V CH STADE 7 MEINIER
27	E SRE	kWh/m2 an	9	2.15	2.357	0.845	5.594	1.143
28	E SVN	kWh/m2 an	9	12.036	8.655	5.946	5.594	6.124
29	Ev VRE	kWh/m3 an	10	0.71	0.857	0.325	1.998	0.408
30	Ev VVN	kWh/m3 an	10	4.82	3.241	2.289	1.998	2.183
31	n VRE	1/h	11	0.806	1.417	1.164	0.873	0.861
32	n VVN	1/h	11	5.491	5.350	8.199	0.873	4.606
33	nV VRE	1/h	11	0.347	1.417	-	0.327	0.252
34	nV VVN	1/h	11	2.365	5.350	-	0.327	1.346
35	Pb SRE	W/m2	13	2.398	0.405	2.048	2.870	1.617
36	Pb SVN	W/m2	13	13.410	1.487	14.411	2.870	8.663
37	Pi SRE	W/m2	14	2.446	0.652	1.789	2.903	1.982
38	Pi SVN	W/m2	14	13.678	2.394	12.593	2.903	10.622

N° DE REPERE	GRANDEUR PHYSIQUE	UNITES DE MESURE	N° DE FORMULE	SYSTEME I RETUELLE 8 MEINIER	SYSTEME II MEYRIN 5-9 GENEVE	SYSTEME III JULES CROSNIER 6 GENEVE	SYSTEME IV COMMUNAUX 8 VEVEY	SYSTEME V CH STADE 7 MEINIER
39	Pm SRE	W/m2	17	0.246	0.269	0.096	0.63	0.1304
40	Pm SVN	W/m2	17	1.374	0.988	0.678	0.63	0.699
41	Pm, vol. VRE	W/m3	17'	0.246	0.098	0.037	0.227	0.0465
42	Pm, vol. VVN	W/m3	17'	1.374	0.370	0.261	0.227	0.249
43	fb	-	18	0.66	0.665	0.066	0.75	0.068
44	E sp	J7m3	22	2304	374.191	114	939.2	194.7
45	(E sp)	(Wh/m3)	22	0.64	0.104	0.0317	0.26	0.054
46	E ch	MJ/m2 an	26	575.935	441.000	-	-	326.000
47	r sp	-	24	0.0163	0.019	-	-	0.013
48	D soup	m3/h soup	2'	108.922	93.802	134.909	34.2365	108.102
49	E soup	kWh/an soup	25	57.55	56.762	37.658	78.318	51.245
50	Pi soup_max	W/soup	14'''	62.500	15.698	79.758	40.6365	88.878

N° DE REPERE	GRAND PHYSIC
51	$\Delta P_v / N s$
52	E traject
53	Pi traject
54	$\Delta P_v / L t$
55	$\eta$ mesu
56	ventilat
57	$\eta$ catalog
58	ventilat
59	hotte
60	turbine
61	Vs S
62	Vs S