

6281

METHODE D'EVALUATION RAPIDE DE LA THERMIQUE DU BATIMENT: "MERATH"

R.Camponovo

**CETAH, Ecole d'Architecture de l'Université de Genève
Genève, Suisse**

L.Cotton, P.Merminod, J.Perreten

**Centre d'Etudes pour l'Amélioration de l'Habitat
Ecole d'Architecture de l'Université de Genève
Genève, Suisse**

PREMISSE

La prise de conscience actuelle des différents problèmes liés à l'environnement, et notamment la diminution de la consommation des énergies fossiles et de la pollution, entraîne souvent dans le cadre de l'habitat existant des travaux d'amélioration thermique. Cette problématique intervient notamment au moment des travaux de réhabilitation architectonique. D'où la nécessité de disposer de moyens rapides et conventionnés d'analyse et d'estimation des travaux. La méthode MER a été développée à cet effet.

INTRODUCTION

La Méthode d'Evaluation Rapide MER HABITAT [1] s'intéresse aux bâtiments d'habitation. Cette méthode décompose les bâtiments en groupes: structure, façades, logement, installations techniques,... et les lie à des fonctions communes comme par exemple l'aspect thermique. La finalité étant de donner une évaluation de l'état du bâtiment, par un diagnostic qui conduit à estimer le coût de remise en état. La méthode MER se présente sous forme de plusieurs fascicules (un par groupe, dont le Groupe thermique MERATH). Chaque fascicule comporte la partie "Manuel de l'enquêteur" qui contient tous les textes conventionnés et les images permettant le diagnostic, et la partie de "Report des diagnostics et de calcul des coûts des travaux". A noter encore que chaque diagnostic tient compte des standards de confort prédéfinis par les usages et normes en vigueur et comporte une échelle d'importance à quatre codes plus un code d'attente, qui sont:

- 4 - bon état, conforme
- 3 - facilement réparable
- 2 - difficilement réparable
- 1 - à remplacer ou refaire
- 0 - en attente, à reporter

Les fonctions spécifiquement thermiques concernent le système de production et de distribution de chaleur, la qualité thermique des éléments de l'enveloppe, et le taux de renouvellement d'air.

METHODE

Un premier classement de l'immeuble peut s'effectuer à partir de sa consommation spécifique exprimée en $[MJ/m^2 \text{ de } \Sigma SHO.an]$, ΣSHO étant le total de la surface brute de plancher chauffé. Si la consommation est excessive, alors il faut poursuivre l'analyse et regarder si les défauts sont dûs à la chaufferie, ou à la qualité de l'enveloppe ou encore à un taux exagéré de renouvellement d'air. Pour cette raison le Groupe thermique comporte deux modules qui sont le Module Chaufferie et le Module des Facteurs de Forme Partiels - FFP.

MODULE CHAUFFERIE ou MERATH-CHAUFFERIE

Ce module comporte une division thématique qui consiste en:

- submodules .01 à .07 : l'analyse de l'installation du point de vue de ses performances thermiques et sa conformité aux normes.
 - submodules .08 à .10 : l'état et l'entretien des locaux techniques chauffage.
 - submodules .11 à .14 : l'analyse des équipements techniques de l'installation.
- Chaque submodule est un *objet* et comporte des *ascendants*.

Pour l'instant nous nous limiterons qu'aux submodules .01 à .07. traitants des performances thermiques.

POINTS ET LOGIQUE D'ANALYSE

Les submodules de cette partie sont 7, avec au total 12 points de diagnostic (fig. 1 et 1bis). Le processus d'évaluation diagnostique est décrit de façon exhaustive et univoque pour chaque point dans le Manuel de l'enquêteur. Aucune marge d'interprétation n'est donc possible en dehors de cette "logique d'analyse modélisée".

GR IV M1.01 CONSUMMATION D'ENERGIE DU BATIMENT		GR IV M1.08 LOCAL CHAUFFERIE	
GR V M1.01	Consommation d'énergie du bâtiment	GR IV M1.08.a	Sols et relevés
GR IV M1.02 CONFORMITE DE L'INSTALLATION		GR IV M1.08.b	Murs et cloisons, porte
GR V M1.02	Rapport du plus petit radiateur par m ² a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o, p, q, r, s, t, u, v, w, x, y, z	GR IV M1.08.c	Plafond
GR V M1.02.a	Rapport de contrôle des gaz de combustion	GR IV M1.08.d	Équipement et sécurité du local
GR V M1.02.b	Puissance installée	GR IV M1.08.e	Adductions (eau, électricité)
GR V M1.02.c	Echelonnement de la puissance	GR IV M1.09	SAS DU LOCAL CHAUFFERIE
GR IV M1.03	PRODUCTION D'EAU CHAUDE SANITAIRE	GR IV M1.09.a	Dimensions et équipement réglementaire
GR V M1.03	Production d'eau chaude sanitaire	GR IV M1.10	LOCAL CITERNE
GR IV M1.04	SECTEURS DE REGULATION	GR V M1.10.a	Local: disposition, dimensions, équipements
GR V M1.04	Secteurs de régulation	GR IV M1.10.b	Local: face, sols-murs-plafond
GR IV M1.05	CONDUITS DE FUMEE	GR IV M1.10.c	Ventilation du local
GR V M1.05.a	Conduite de fumée	GR IV M1.10.d	Quers: état, alimentation fuel, aération
GR IV M1.06	CITERNES	GR IV M1.11	CHAUDIERES ET ACCESSOIRES
GR V M1.06	Citernes	GR IV M1.11.a	Composants
GR IV M1.07	TRAVAUX D'AMELIORATION ANNEXES	GR IV M1.11.b	Électrique
GR V M1.07.a	Calorifugeage de la tuyauterie	GR IV M1.11.c	Sanitaire
GR V M1.07.b	Panorama, réhabilitation	GR IV M1.11.d	Alimentation en combustible
GR V M1.07.c	Peinture des vannes et supports	GR IV M1.12	BOUILLEUR ET ACCESSOIRES
GR V M1.07.d	Entretien du local chaufferie	GR IV M1.12.a	Composants
		GR IV M1.12.b	Électrique
		GR IV M1.12.c	Sanitaire
		GR IV M1.13	COLLECTEUR-DISTRIBUTEUR ET ACCESSOIRES
		GR IV M1.13.a	Composants
		GR IV M1.13.b	Électrique
		GR IV M1.13.c	Sanitaire
		GR IV M1.14	TABEAU ELECTRIQUE OU ARMOIRE, EQUIPEMENTS
		GR IV M1.14.a	Composants
		GR IV M1.14.b	Électrique

Fig.1: submodules .01 à .07, découpage

Fig.1bis: submodules .08 à .14, découpage

Les diagnostics .01 et .02 sont déterminants: le premier va dire si l'installation est une forte consommatrice d'énergie ou bien si elle se trouve dans une plage de consommation normale et cela compte tenu de Σ SHO, de la consommation annuelle moyenne du bâtiment (exprimée en litres de mazout ou en [MWh]), du type de construction (courante à faible isolation ou bien isolé selon la norme Suisse SIA 180/1) et du mode de production de l'eau chaude sanitaire (production intégrée ou séparée).

Le deuxième submodule comporte trois ascendants qui sont: le contrôle des gaz de combustion, la puissance installée, et le mode de commande et d'échelonnement de la puissance. Si par exemple l'installation ne montre pas une consommation excessive, que le rapport du service officiel de ramonage est favorable et qu'il n'y a pas de surdimensionnement de l'installation, alors il ne sera pas nécessaire de poursuivre l'analyse des performances et seuls les submodules de maintenance de l'équipement de l'installation et du local seront à exécuter. Inversement si l'installation est forte consommatrice et polluante, alors il sera nécessaire de poursuivre l'analyse des performances de l'installation afin d'effectuer une réhabilitation. Cet enchaînement (ou logique d'analyse) se retrouve pratiquement dans tous les objets et surtout au niveau des ascendants; par exemple si le brûleur n'est plus conforme aux normes antipollution, alors il ne sera pas nécessaire de changer les gicleurs, la bougie, ou autre. La logique d'analyse est gérée et formalisée au sein de la Méthode par un réseau de codes obligés.

LE MANUEL DE L'ENQUÊTEUR

Outre la description conventionnée pour chaque état de dégradation possible et pour chaque *objet* ou *ascendant*, il contient des schémas explicatifs avec la description des composants et l'énumération correspondante à leur position diagnostique, ainsi que la liste des codes obligés.

GROUPE IV INSTALLATIONS COMMUNES
GR IV N°1 submodules 11 à 14. Composants de l'installation de chauffage

MODULE 1 CHAUFFAGE

Déagnostic d'ensemble

Déagnostic détaillé

11.a Composants

11.a.1. Chauffage, des généraux, équipements	11.a.2. Brûleur, des généraux, équipements, composants, accessoires	11.a.3. Contrôle de l'air, des généraux, équipements, composants, accessoires	11.a.4. Régulateur de chauffage, des généraux, équipements, composants, accessoires	11.a.5. Radiateur, des généraux, équipements, composants, accessoires
11.a.6. Pompe à chaleur, des généraux, équipements, composants, accessoires	11.a.7. Système de distribution, des généraux, équipements, composants, accessoires	11.a.8. Système de distribution, des généraux, équipements, composants, accessoires	11.a.9. Système de distribution, des généraux, équipements, composants, accessoires	11.a.10. Système de distribution, des généraux, équipements, composants, accessoires

11.b. Diagnostic

11.c. Service

11.d. Alimentation en combustible

11.e. Maintenance

11.f. Sécurité

11.g. Autres

11.h. Autres

11.i. Autres

11.j. Autres

11.k. Autres

11.l. Autres

11.m. Autres

11.n. Autres

11.o. Autres

11.p. Autres

11.q. Autres

11.r. Autres

11.s. Autres

11.t. Autres

11.u. Autres

11.v. Autres

11.w. Autres

11.x. Autres

11.y. Autres

11.z. Autres

Fig.2: Extrait de la "Grille de Diagnostic pour les composants de l'installation de chauffage".

RESULTATS

En fonction des codes obtenus lors de l'analyse, la Méthode donne un plan spécifique d'intervention pour améliorer les performances de l'installation ainsi que les coûts qui sont associés à l'opération de réhabilitation.

"UN BREF APERCU"

L'exemple qui suit est extrait du Manuel de l'enquêteur et permettent de mieux se rendre compte du principe de fonctionnement et de découpage en objets des diagnostics de la Méthode MERATH-CHAUFFERIE.

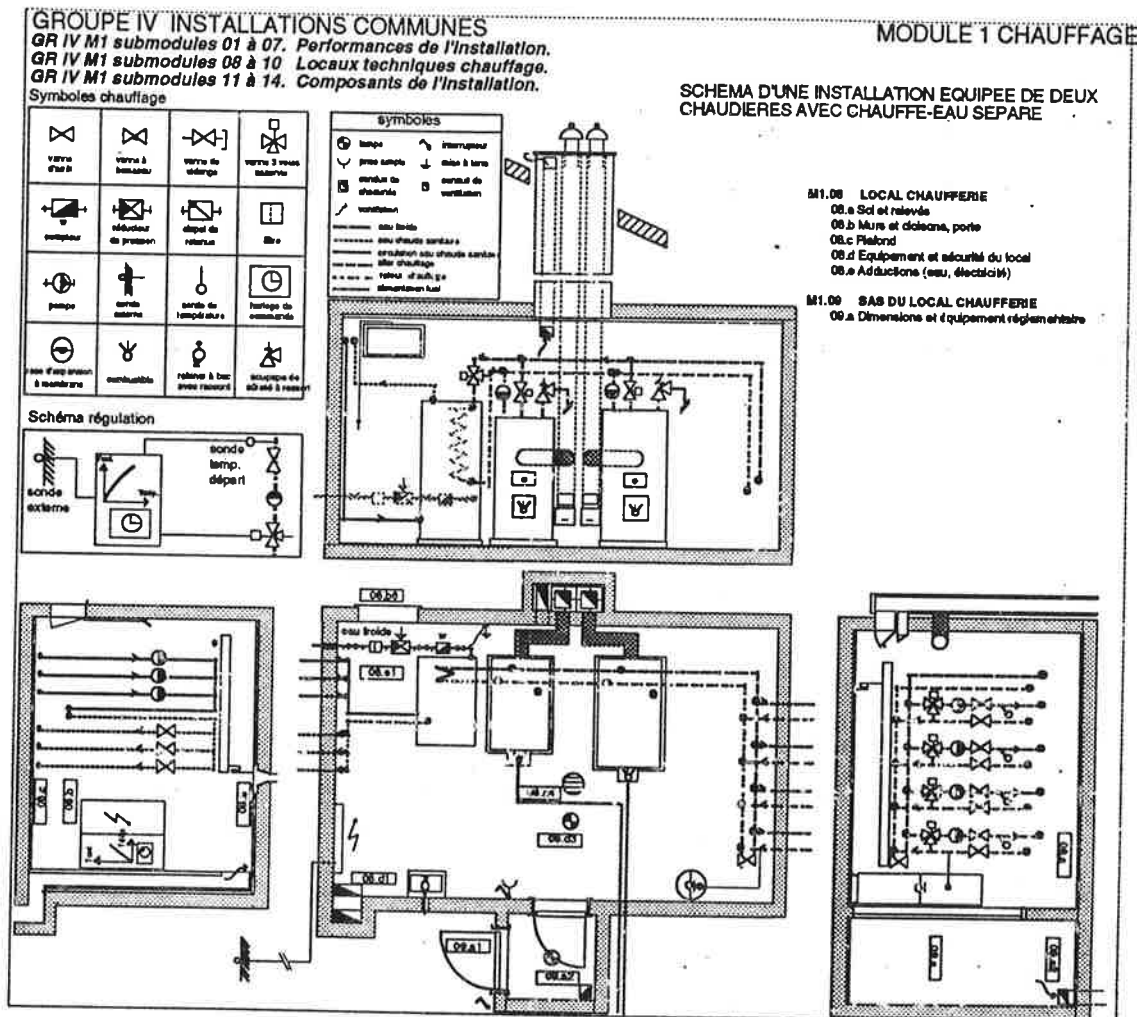


Fig.3 : Synoptique d'une installation de chauffage avec la nomenclature des équipements de l'installation (objets).

METHODE DES FACTEURS DE FORME PARTIELS - FFP

PRINCIPE

La méthode consiste à ramener les déperditions dues aux différents composants, puis les consommations y relatives, à l'unité de surface habitable $\Sigma SHAB$ (le volume effectivement chauffé vaut donc $V = h \cdot \Sigma SHAB$, si h est le vide d'étage). De même les coûts et les gains seront ramenés à l'unité de surface habitable.

a) *Les déperditions* : les déperditions, pour un degré (1[K]) d'écart entre l'intérieur et l'extérieur, peuvent se mettre sous la forme:

$$\dot{Q} = \underbrace{T_t S_t k_t + \dots + T_m S_m k_m + \dots}_{\text{enveloppe}} + \underbrace{0,34 \cdot n \cdot V}_{\text{renouv. d'air}} \left[\frac{W}{K} \right]$$

indices: t = toit, m = mur, ...

$n [h^{-1}]$ = taux de renouvellement d'air $T [-]$ = coefficient réducteur

Les coefficients réducteurs T valent:

- 1 si la surface donne directement sur l'extérieur;
- une valeur inférieure à 1 si la surface donne sur un volume non chauffé (dessous de toiture, sous-sol, ...);
- 0 si le volume est chauffé (cas des murs mitoyens par exemple).

Pour ramener ces déperditions au m^2 de $\Sigma SHAB$, divisons Q par $\Sigma SHAB$:

$$\dot{q} = \frac{\dot{Q}}{\Sigma SHAB} = \underbrace{T_t k_t \frac{S_t}{\Sigma SHAB} + \dots}_{\text{enveloppe}} + \underbrace{0,34 \cdot n \cdot V}_{\text{renouv. d'air}} \left[\frac{W}{m^2 \Sigma SHAB \cdot K} \right]$$

Posons:

$F_t = \frac{S_t}{\Sigma SHAB} [-]$ F_t est dit **Facteur de Forme Partiel (FFP)** relatif à la "dalle" sous-toiture; on procéderait de la même manière pour tous les autres composants. Les FFP sont des nombres sans dimension et sont relativement constants pour une typologie donnée, et pour un composant donné (par exemple les fenêtres, ...).

Finalement:

$$\dot{q} = \underbrace{\sum T_j k_j F_j}_{\text{enveloppe}} + \underbrace{0,34 \cdot n \cdot h}_{\text{renouv. d'air}} \left[\frac{W}{m^2 \Sigma SHAB \cdot K} \right]$$

La somme Σ étant étendue à tous les composants. Remarquons que si l'on ramène les déperditions à l'unité de volume habitable on obtient la notation correspondante à la méthode française d'évaluation des déperditions, h étant le vide d'étage et G le coefficient de déperditions volumiques.

$$G = \frac{1}{h} \cdot \sum T_j k_j F_j + 0,34 \cdot n \left[\frac{W}{m^3 \text{ hab.} \cdot K} \right]$$

$$G = G_1 + 0,34 \cdot n$$

b) *La consommation* : la consommation annuelle dépend du climat extérieur, de la température moyenne de chauffage, d'une éventuelle baisse nocturne de température (ANT) et du rendement annuel du système de production et distribution de chaleur.

Cette consommation q [kWh/m² ΣSHAB.an] est alors donnée par:

$$q = \frac{24 \cdot DJ_{\theta_{NC}}}{1000 \cdot r} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \Sigma \text{SHAB.an}} \right]$$

Avec:

$DJ_{\theta_{NC}}$ Degrés-jours de base égale à la température de non-chauffage θ_{NC}

r Rendement annuel global de l'installation de chauffage

Posons:

$$cc = \frac{24 \cdot DJ_{\theta_{NC}}}{1000} [\text{h.K.d}]$$

cc est dit Coefficient Climatique et s'exprime en [heure.jour.kelvin]. Il tient compte du climat local du site et est normalement donné pour une température de non-chauffage θ_{NC} voisine de 15 à 16 [°C].

En conclusion: la consommation annuelle spécifique q [kWh/m² ΣSHAB.an] sera donnée par:

$$q = \frac{q \cdot cc}{r} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \Sigma \text{SHAB.an}} \right]$$

La consommation annuelle relative à un composant "j" donné sera:

$$q_j = T_j k_j F_j \frac{cc}{r} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \Sigma \text{SHAB.an}} \right]$$

Donc la consommation totale annuelle est:

$$q = \sum q_j + 0,34 \cdot n \cdot h \cdot \frac{cc}{r} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \Sigma \text{SHAB.an}} \right]$$

c) *Amélioration d'un composant*:

Gain énergétique : Si la valeur du coefficient k_j devient $(k_j - \Delta k_j)$ [W/m².K] le gain g_j sera:

$$g_j = T_j \Delta k_j F_j \frac{cc}{r} \left[\frac{\text{kWh}}{\text{m}^2 \Sigma \text{SHAB.an}} \right]$$

Gain financier : Si P [Frs.] est le prix du kWh, l'on économisera par an e_j :

$$e_j = P \cdot g_j \left[\frac{\text{Fr.}}{\text{m}^2 \Sigma \text{SHAB.an}} \right]$$

Temps de retour : Si C_j est le coût [Frs./m² de composant], le coût ramené au m² de ΣSHAB sera:

$$C_j \cdot F_j \left[\frac{\text{Fr.}}{\text{m}^2 \Sigma \text{SHAB.an}} \right]$$

Par la suite le temps de retour t_r sera:

$$t_r = \frac{C_j \cdot F_j}{e_j} [\text{an}]$$

MISE EN OEUVRE DES FFP

La première étape consiste en la décomposition de l'enveloppe du bâtiment en ses composants thermiques au travers desquels il y a des déperditions (murs, toit, dalle,... puis le taux de renouvellement d'air). Pour chaque élément il faut sa surface de déperdition et son coefficient k , choisi dans un catalogue de cas courants les plus probables.

Des fiches de saisie disponibles dans le Manuel de l'enquêteur aident l'utilisateur dans son travail d'acquisition.

Les opérations de réhabilitation décrites dans le catalogue tiennent compte des standards de confort définis par les usages et les normes en vigueur; de plus le coût de chaque opération est donné, ce qui rend aisé le calcul du temps de retour associé à l'opération d'amélioration envisagée, compte tenu des gains énergétiques engendrés par l'amélioration Δk , et de comparer le temps de retour avec la durée de vie du composant.

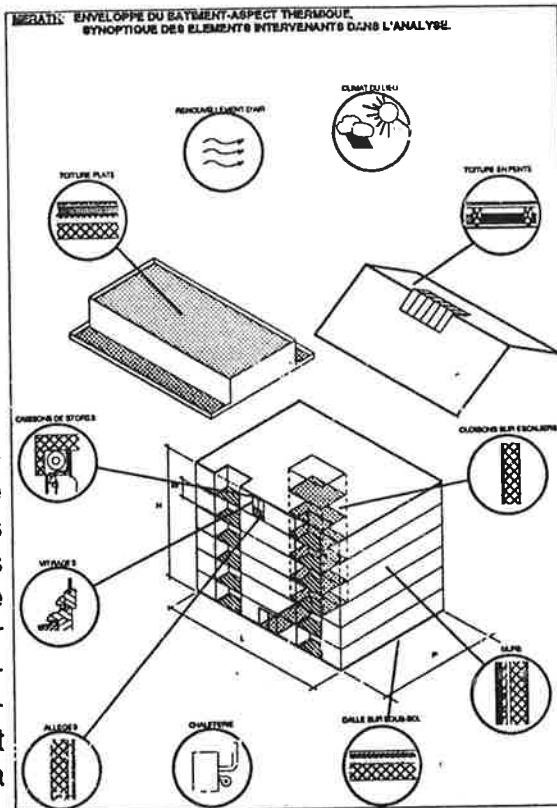


Fig.4: Aide au repérage des éléments de déperdition à considérer

GROUPE XI ENVELOPPE DU BATIMENT-ASPECT THERMIQUE
QR XI M2 selon codes 61 à 69. Catalogue des composants thermiques de l'enveloppe.

MODULE 2 CATALOGUE DES COMPOSANTS THERMIQUES

Décrire le composant. **Généralités.**
Composants d'enveloppe opaques, coefficients de transmission thermique U .
Les tableaux indiquent la variation du coefficient de transmission thermique entre les différents cas. Attention, pas toutes les combinaisons sont possibles.

Décrire le cas. **Généralités.**

01a Corps de mur épais

01a.1 Mur épais, sans isolation

cas	description	U [W/m ² ·K]	k [W/m ² ·K]
1	isolant à la chaux	0	0
2	isolant à la chaux en creux	41	0
3	isolant à la chaux en plein	0	0
4	isolant à la chaux en plein	0	0
5	isolant à la chaux en plein	0	0
6	isolant à la chaux en plein	0	0
7	isolant à la chaux en plein	0	0
8	isolant à la chaux en plein	0	0
9	isolant à la chaux en plein	0	0
10	isolant à la chaux en plein	0	0
11	isolant à la chaux en plein	0	0
12	isolant à la chaux en plein	0	0
13	isolant à la chaux en plein	0	0
14	isolant à la chaux en plein	0	0
15	isolant à la chaux en plein	0	0
16	isolant à la chaux en plein	0	0
17	isolant à la chaux en plein	0	0
18	isolant à la chaux en plein	0	0
19	isolant à la chaux en plein	0	0
20	isolant à la chaux en plein	0	0
21	isolant à la chaux en plein	0	0
22	isolant à la chaux en plein	0	0
23	isolant à la chaux en plein	0	0
24	isolant à la chaux en plein	0	0
25	isolant à la chaux en plein	0	0
26	isolant à la chaux en plein	0	0
27	isolant à la chaux en plein	0	0
28	isolant à la chaux en plein	0	0
29	isolant à la chaux en plein	0	0
30	isolant à la chaux en plein	0	0
31	isolant à la chaux en plein	0	0
32	isolant à la chaux en plein	0	0
33	isolant à la chaux en plein	0	0
34	isolant à la chaux en plein	0	0
35	isolant à la chaux en plein	0	0
36	isolant à la chaux en plein	0	0
37	isolant à la chaux en plein	0	0
38	isolant à la chaux en plein	0	0
39	isolant à la chaux en plein	0	0
40	isolant à la chaux en plein	0	0
41	isolant à la chaux en plein	0	0
42	isolant à la chaux en plein	0	0
43	isolant à la chaux en plein	0	0
44	isolant à la chaux en plein	0	0
45	isolant à la chaux en plein	0	0
46	isolant à la chaux en plein	0	0
47	isolant à la chaux en plein	0	0
48	isolant à la chaux en plein	0	0
49	isolant à la chaux en plein	0	0
50	isolant à la chaux en plein	0	0
51	isolant à la chaux en plein	0	0
52	isolant à la chaux en plein	0	0
53	isolant à la chaux en plein	0	0
54	isolant à la chaux en plein	0	0
55	isolant à la chaux en plein	0	0
56	isolant à la chaux en plein	0	0
57	isolant à la chaux en plein	0	0
58	isolant à la chaux en plein	0	0
59	isolant à la chaux en plein	0	0
60	isolant à la chaux en plein	0	0
61	isolant à la chaux en plein	0	0
62	isolant à la chaux en plein	0	0
63	isolant à la chaux en plein	0	0
64	isolant à la chaux en plein	0	0
65	isolant à la chaux en plein	0	0
66	isolant à la chaux en plein	0	0
67	isolant à la chaux en plein	0	0
68	isolant à la chaux en plein	0	0
69	isolant à la chaux en plein	0	0

01a.2 Mur épais, avec isolation

cas	description	U [W/m ² ·K]	k [W/m ² ·K]
1	isolant à la chaux	0	0
2	isolant à la chaux en creux	41	0
3	isolant à la chaux en plein	0	0
4	isolant à la chaux en plein	0	0
5	isolant à la chaux en plein	0	0
6	isolant à la chaux en plein	0	0
7	isolant à la chaux en plein	0	0
8	isolant à la chaux en plein	0	0
9	isolant à la chaux en plein	0	0
10	isolant à la chaux en plein	0	0
11	isolant à la chaux en plein	0	0
12	isolant à la chaux en plein	0	0
13	isolant à la chaux en plein	0	0
14	isolant à la chaux en plein	0	0
15	isolant à la chaux en plein	0	0
16	isolant à la chaux en plein	0	0
17	isolant à la chaux en plein	0	0
18	isolant à la chaux en plein	0	0
19	isolant à la chaux en plein	0	0
20	isolant à la chaux en plein	0	0
21	isolant à la chaux en plein	0	0
22	isolant à la chaux en plein	0	0
23	isolant à la chaux en plein	0	0
24	isolant à la chaux en plein	0	0
25	isolant à la chaux en plein	0	0
26	isolant à la chaux en plein	0	0
27	isolant à la chaux en plein	0	0
28	isolant à la chaux en plein	0	0
29	isolant à la chaux en plein	0	0
30	isolant à la chaux en plein	0	0
31	isolant à la chaux en plein	0	0
32	isolant à la chaux en plein	0	0
33	isolant à la chaux en plein	0	0
34	isolant à la chaux en plein	0	0
35	isolant à la chaux en plein	0	0
36	isolant à la chaux en plein	0	0
37	isolant à la chaux en plein	0	0
38	isolant à la chaux en plein	0	0
39	isolant à la chaux en plein	0	0
40	isolant à la chaux en plein	0	0
41	isolant à la chaux en plein	0	0
42	isolant à la chaux en plein	0	0
43	isolant à la chaux en plein	0	0
44	isolant à la chaux en plein	0	0
45	isolant à la chaux en plein	0	0
46	isolant à la chaux en plein	0	0
47	isolant à la chaux en plein	0	0
48	isolant à la chaux en plein	0	0
49	isolant à la chaux en plein	0	0
50	isolant à la chaux en plein	0	0
51	isolant à la chaux en plein	0	0
52	isolant à la chaux en plein	0	0
53	isolant à la chaux en plein	0	0
54	isolant à la chaux en plein	0	0
55	isolant à la chaux en plein	0	0
56	isolant à la chaux en plein	0	0
57	isolant à la chaux en plein	0	0
58	isolant à la chaux en plein	0	0
59	isolant à la chaux en plein	0	0
60	isolant à la chaux en plein	0	0
61	isolant à la chaux en plein	0	0
62	isolant à la chaux en plein	0	0
63	isolant à la chaux en plein	0	0
64	isolant à la chaux en plein	0	0
65	isolant à la chaux en plein	0	0
66	isolant à la chaux en plein	0	0
67	isolant à la chaux en plein	0	0
68	isolant à la chaux en plein	0	0
69	isolant à la chaux en plein	0	0

01a.3 Isolation, sans isolation

cas	description	U [W/m ² ·K]	k [W/m ² ·K]
1	isolant à la chaux	0	0
2	isolant à la chaux en creux	41	0
3	isolant à la chaux en plein	0	0
4	isolant à la chaux en plein	0	0
5	isolant à la chaux en plein	0	0
6	isolant à la chaux en plein	0	0
7	isolant à la chaux en plein	0	0
8	isolant à la chaux en plein	0	0
9	isolant à la chaux en plein	0	0
10	isolant à la chaux en plein	0	0
11	isolant à la chaux en plein	0	0
12	isolant à la chaux en plein	0	0
13	isolant à la chaux en plein	0	0
14	isolant à la chaux en plein	0	0
15	isolant à la chaux en plein	0	0
16	isolant à la chaux en plein	0	0
17	isolant à la chaux en plein	0	0
18	isolant à la chaux en plein	0	0
19	isolant à la chaux en plein	0	0
20	isolant à la chaux en plein	0	0
21	isolant à la chaux en plein	0	0
22	isolant à la chaux en plein	0	0
23	isolant à la chaux en plein	0	0
24	isolant à la chaux en plein	0	0
25	isolant à la chaux en plein	0	0
26	isolant à la chaux en plein	0	0
27	isolant à la chaux en plein	0	0
28	isolant à la chaux en plein	0	0
29	isolant à la chaux en plein	0	0
30	isolant à la chaux en plein	0	0
31	isolant à la chaux en plein	0	0
32	isolant à la chaux en plein	0	0
33	isolant à la chaux en plein	0	0
34	isolant à la chaux en plein	0	0
35	isolant à la chaux en plein	0	0
36	isolant à la chaux en plein	0	0
37	isolant à la chaux en plein	0	0
38	isolant à la chaux en plein	0	0
39	isolant à la chaux en plein	0	0
40	isolant à la chaux en plein	0	0
41	isolant à la chaux en plein	0	0
42	isolant à la chaux en plein	0	0
43	isolant à la chaux en plein	0	0
44	isolant à la chaux en plein	0	0
45	isolant à la chaux en plein	0	0
46	isolant à la chaux en plein	0	0
47	isolant à la chaux en plein	0	0
48	isolant à la chaux en plein	0	0
49	isolant à la chaux en plein	0	0
50	isolant à la chaux en plein	0	0
51	isolant à la chaux en plein	0	0
52	isolant à la chaux en plein	0	0
53	isolant à la chaux en plein	0	0
54	isolant à la chaux en plein	0	0
55	isolant à la chaux en plein	0	0
56	isolant à la chaux en plein	0	0
57	isolant à la chaux en plein	0	0
58	isolant à la chaux en plein	0	0
59	isolant à la chaux en plein	0	0
60	isolant à la chaux en plein	0	0
61	isolant à la chaux en plein	0	0
62	isolant à la chaux en plein	0	0
63	isolant à la chaux en plein	0	0
64	isolant à la chaux en plein	0	0
65	isolant à la chaux en plein	0	0
66	isolant à la chaux en plein	0	0
67	isolant à la chaux en plein	0	0
68	isolant à la chaux en plein	0	0
69	isolant à la chaux en plein	0	0

01a.4 Isolation, avec isolation

cas	description	U [W/m ² ·K]	k [W/m ² ·K]
1	isolant à la chaux	0	0
2	isolant à la chaux en creux	41	0
3	isolant à la chaux en plein	0	0
4	isolant à la chaux en plein	0	0
5	isolant à la chaux en plein	0	0
6	isolant à la chaux en plein	0	0
7	isolant à la chaux en plein	0	0
8	isolant à la chaux en plein	0	0
9	isolant à la chaux en plein	0	0
10	isolant à la chaux en plein	0	0
11	isolant à la chaux en plein	0	0
12	isolant à la chaux en plein	0	0
13	isolant à la chaux en plein	0	0
14	isolant à la chaux en plein	0	0
15	isolant à la chaux en plein	0	0
16	isolant à la chaux en plein	0	0
17	isolant à la chaux en plein	0	0
18	isolant à la chaux en plein	0	0
19	isolant à la chaux en plein	0	0
20	isolant à la chaux en plein	0	0
21	isolant à la chaux en plein	0	0
22	isolant à la chaux en plein	0	0
23	isolant à la chaux en plein	0	0
24	isolant à la chaux en plein	0	0
25	isolant à la chaux en plein	0	0
26	isolant à la chaux en plein	0	0
27	isolant à la chaux en plein	0	0
28	isolant à la chaux en plein	0	0
29	isolant à la chaux en plein	0	0
30	isolant à la chaux en plein	0	0
31	isolant à la chaux en plein	0	0
32	isolant à la chaux en plein	0	0
33	isolant à la chaux en plein	0	0
34	isolant à la chaux en plein	0	0
35	isolant à la chaux en plein	0	0
36	isolant à la chaux en plein	0	0
37	isolant à la chaux en plein	0	0
38	isolant à la chaux en plein	0	0
39	isolant à la chaux en plein	0	0
40	isolant à la chaux en plein	0	0
41	isolant à la chaux en plein	0	0
42	isolant à la chaux en plein	0	0
43	isolant à la chaux en plein	0	0
44	isolant à la chaux en plein	0	0
45	isolant à la chaux en plein	0	0
46	isolant à la chaux en plein	0	0
47	isolant à la chaux en plein	0	0
48	isolant à la chaux en plein	0	0
49	isolant à la chaux en plein	0	0
50	isolant à la chaux en plein	0	0
51	isolant à la chaux en plein	0	0
52	isolant à la chaux en plein	0	0
53	isolant à la chaux en plein	0	0

GRILLE RECAPITULATIVE ET D'ANALYSE FINALE

Une grille récapitulative sur double page (fig.6 et 6 bis) regroupe toutes les données précédemment citées et permet d'estimer composant par composant les déperditions et l'intérêt d'une réhabilitation thermique éventuelle. Cette grille autorise naturellement l'étude comparative des diverses stratégies d'intervention.

GROUPE XI M3 ENVELOPPE DU BATIMENT, ASPECT THERMIQUE									
GR XI M3 submodule 01. Analyse par les facteurs de forme partiels.									
DONNEES DU PROJET:				ANNEE CONST.		1950			
Immeuble Rentes Genevoises				IMPLANTATION		TETE		[Soleil, moyen, angle, tête]	
Adresse: Rue Hoffmann, 3				MODELE BAT.		GENEVOIS		[ORL, Genevois, Alémanique]	
Ville: 1205 Genève									
DONNEES DE BASE:									
données géométriques					données d'exploitation et climatiques				
$\Sigma SHO = 3449.9$ [m ²] $\Sigma SPC = 385.0$ [m ²] $\Sigma SHAB = 2405.3$ [m ²] $h_v = 2.6$ [m] $VCHN = 6378.2$ [m ³]					Cons. ann. FOD = 61000 [l/an] Mode de production ECS = INTEGREE [Intégrée, séparée] $n_{actuel} = 0.9$ [1/h] M 2.06 $r_{actuel} = 0.74$ [-] $CC_{seu} = 48.0$ [h.K.d] $CCC_{actuel} = 64.9$ [h.K.d]				
DIAGNOSTIC									
Composant	Identif. selon catalogue	S_i [m ²]	F_i [-]	T_i [-]	k_i [W/m ² .K]	$F_i.T_i.k_i$ [W/m ² .K]	Déperditions par rapport:		
							à l'enveloppe [%]	au total [%]	
MURS	M 2.01.c.1	981.7	0.400	1.0	1.7	0.679	29.7	21.9	
ALLEGES	M 2.02.	0.0	0.000	1.0	0.0	0.000	0.0	0.0	
FENETRES / P.F.	M 2.06.a.1	620.0	0.258	1.0	2.5	0.644	28.1	20.8	
CAISSONS DE STORE	M 2.03.a.3	87.7	0.036	1.0	1.8	0.066	2.9	2.1	
TOITURE	M 2.04.b.1	444.7	0.185	1.0	2.6	0.480	21.0	15.5	
MURS SUR ESCALIERS	M 2.05.a.2	727.8	0.302	3.3	2.6	0.236	10.3	7.6	
DALLE SUR SOUS-SOL	M 2.07. _7_	495.2	0.206	0.5	1.8	0.185	8.1	6.0	
BOUS SURF. HABITABLE									
SUR PASSAGE	M 2.07. _	0.0	0.000	1.0	0.0	0.000	0.0	0.0	
TOTAL enveloppe ($\Sigma F_i.T_i.k_i$)						2.291	100	73.9	
Renouvellement d'air pour $n = 0.90$ [1/h]						($0.34 \cdot n \cdot V / \Sigma SHAB$)	0.811	26.1	
TOTAL [W/m ² $\Sigma SHAB.K$]						3.102		100	
TRAITEMENT DES RESULTATS:									
Déperditions : $3.102 \times (\Sigma SHAB / \Sigma SHO \times CC \times 3.6) = 372$ [MJ/m ² $\Sigma SHO.an$]									
Coeff. de déperditions volumiques, G : $3.102 / h_v = 1.195$ [W/m ³ .K]									
Indices énergétiques:									
Ech. calculé (ecs exclue) : $3.102 \times (\Sigma SHAB / \Sigma SHO \times CC \times 3.6) / r_{actuel} = 505$ [MJ/m ² $\Sigma SHO.an$]									
Eecs. probable(*) : (*) Eecs entre - 120 et 140 [MJ/m ² $\Sigma SHO.an$] = 130 [MJ/m ² $\Sigma SHO.an$]									
Etotel calculé: Ech. + Eecs. = 635 [MJ/m ² $\Sigma SHO.an$]									
Etotel mesuré: Cons. FOD $\times 36.86 / \Sigma SHO = 636$ [MJ/m ² $\Sigma SHO.an$]									
Ecart entre Etotel calculé et Etotel mesuré [%] = 0.2 % = 0									
Vérification du taux de renouvellement d'air, n :									
avec $n = \frac{q \cdot \Sigma F_i.T_i.k_i}{0.34 \cdot h_v \cdot cc} = 0.811$ [1/h] -1.06% Ecart de n [%]									
q , consommation annuelle ramenée au m ² de $\Sigma SHAB$ (tirée de Ech. mesuré) = 201 [kWh/m ² $\Sigma SHAB.an$]									
$\Sigma F_i.T_i.k_i$ cc, consommation annuelle relative aux composants = 148 [kWh/m ² $\Sigma SHAB.an$]									
$0.34 \cdot h_v \cdot cc = 37$									

Fig.6: Grille informatisée pour l'acquisition des données et la simulation de plusieurs variantes. La partie de gauche diagnostique l'état actuel du bâtiment.

Fig.6 bis: Partie droite de la "Grille récapitulative" pour l'analyse des possibilités d'améliorations sont décrites dans des catalogues (fig.5).

MODULE 3 GRILLE RECAPITULATIVE ET D'ANALYSE									
DONNEES SUPPLEMENTAIRES ET D'ANALYSE:			Nouveau τ probable après amélioration de l'installation de chauffage, τ amélioré [-]: <input type="text" value="0.81"/>						
Coût fuel [Fr./lit.]: <input type="text" value="0.38"/> * [Fr./kWh]: <input type="text" value="0.04"/>			Nouveau n probable (si VMC code obé) = <input type="text" value="0.9"/> [1/h] M 2.09. _						
* Remarque: le τ amélioré est à considérer uniquement au cas où une remise au état de l'installation de chauffage serait aussi prévue; si ce n'est pas le cas, pour τ exist. = τ amélioré.									
CALCUL DU COEFFICIENT CLIMATIQUE ET DE CHAUFFERIE PROBABLE, CCC amélioré:									
CCC amélioré = CCC LIEU / τ amélioré = <input type="text" value="59.3"/> [h.K.d]									
AMELIORATIONS									
Nature de l'intervention	Identif. selon catalogue	Δk [W/m ² .K]	Economie au m ² de SHAB par an [kWh]	litres FOD	par an [litres]	Coût en Fr. par m ² de composant	de SHAB	Temps de retour [an]	
	M 2.01. _	0.00	3.008	0.38	0.14	0.00	0.00	0	
	M 2.02. _	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0	
	M 2.03. _	0.00	3.311	0.36	0.14	0.00	0.00	0	
	M 2.04. _	0.00	0.368	0.04	0.01	0.00	0.00	0	
isol. 8 cm	M 2.05. _	1.80	19.713	1.97	0.75	250.00	48.20	62	
	isl. 2.06. _	0.00	1.322	0.13	0.05	0.00	0.00	0	
	M 2.07. _	0.00	1.038	0.10	0.04	0.00	0.00	0	
	M 2.07. _	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0	
TOTAL économies / enveloppe			29.861	2.99	1.13				
Nouveau renouv. d'air pour $\Delta n = 0.0$			0	0.00	0.00		0	0	
TOTAL économies			29.861	2.99	1.13		48	62	
ANALYSE ET SIMULATION									
Déperditions :			2.596 x (SHAB / SHO x CC x 3.6) <input type="text" value="113"/> [MJ/m ² SHO.an]						
Coeff. de déperditions volumiques, G :			2.596 / h <input type="text" value="0.999"/> [W/m ³ .K]						
Indices énergétiques:									
Ech. calculé (ecs exist.):			2.596 x (SHAB / SHO x CC x 3.6) / τ exist. <input type="text" value="117"/> [MJ/m ² SHO.an]						
Eecs. probable(*) :			(*) Eecs. entre - 120 et 140 [MJ/m ² SHO.an] <input type="text" value="130"/> [MJ/m ² SHO.an]						
Etotel calculé:			Ech. + Eecs. <input type="text" value="117"/> [MJ/m ² SHO.an]						
Nouvelle consommation, chauffage seul:			<input type="text" value="113"/> [kWh/m ² SHO.an]						

CONCLUSIONS

Le développement de ces méthodes repose sur plusieurs années d'analyses de centaines d'immeubles et sur des chantiers pilotes de réhabilitation, conduits par le CETAH. Il s'agit de Méthodes de diagnostic permettant d'avoir en un temps très court une idée technique et économique des coûts de réhabilitation des bâtiments existants.

REFERENCES, BIBLIOGRAPHIE

- MER HABITAT OFL 2. 1992, CETAH/EAUG Genève - OFL Berne.
- Manuel MER, Bulletin du logement 28. 1980 CETAH/EAUG Genève - OFL Berne.
- MERATH-AIE "Energy Audit". 1985, CETAH/EAUG J.Perreten & all. Genève
- Règles Th-k 77. CSTB Paris.
- Diagnostic hygrothermique et de confort. L.Cotton in "Habitat & Jardin '89".
- Analyse MERATH d'un parc d'immeubles en Suisse, rapports de recherche. 1989, CETAH/EAUG Genève. L.Cotton, R.Camponovo. Genève.
- Installations techniques Rue Hoffmann 12-18, rapport d'exploitation N°2, Mai '91, CETAH/EAUG Genève. L.Cotton, R.Camponovo. Genève.

