

Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses
Band: 119 (1993)
Heft: 24

Artikel: Effets comparés de l'isolation et de l'inertie thermiques: une expérience sur la fonte de la glace
Autor: Guex, Jacques / Barde, Olivier
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-78086>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 22.05.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Effets comparés de l'isolation et de l'inertie thermiques

Par Jacques Guex,
ing. civil SIA
Case postale 238
1066 Epalinges
et Olivier Barde,
ing. civil SIA
Case postale 1212
1227 Carouge/GE

Une expérience sur la fonte de la glace

Il n'est pas courant que des ingénieurs privés se lancent bénévolement dans une expérience à grande échelle, destinée à explorer un domaine technologique encore peu connu. On peut donc féliciter le Groupe E3 d'avoir pris l'initiative d'une expérience destinée à faire apparaître comparativement les effets de deux propriétés distinctes, celle de l'isolation thermique, dont on parle beaucoup depuis 20 ans, et celle de l'inertie thermique, mise en application de façon intuitive depuis des millénaires, mais trop rarement mentionnée aujourd'hui.

Rédaction

En procédant à cette expérience, les auteurs ont voulu mettre en évidence le phénomène de l'inertie thermique, qui est fonction de la masse d'une construction, en comparant ses effets à ceux de l'isolation thermique, qui seule est prise en compte actuellement dans les calculs des déperditions thermiques.

Les fournisseurs de matériaux d'isolation et les fournisseurs de matériaux de construction qui ont pris part à ces essais ont construit, chacun avec son matériau, une enceinte contenant un même récipient cubique rempli de glace pilée et appelé «cube de glace». Les conditions de fonte de cette glace ont été observées et enregistrées et l'action des différents matériaux, calorifuges ou non, en a alors été déduite.

1. But de la recherche

Le but de l'expérience était de montrer dans quelle mesure les divers matériaux réduisent les déperditions thermiques, que cela soit par isolation ou par stockage.

Il faut bien voir les limites de cette recherche. Les enceintes cubiques sont intrinsèquement différentes les unes des autres par tout ce qui les constitue:

- matériau
- couleur
- porosité
- grain du parement
- dimensions extérieures
- rapport surface/volume
- poids
- étanchéité à l'air
- constitution de la surface externe
- coefficient de conductibilité thermique.

Il n'était pas question de comparer entre eux des matériaux différents, mais de se faire une idée des phénomènes physiques liés aux échanges thermiques, en extrapolant l'isolation thermique.

Il convient encore de relever qu'il ne s'agit pas d'une expérience de laboratoire, mais d'une expérience pratique!

Summary

The idea behind this experiment was to bring out the aspect of the «thermal mass», which corresponds to the construction weight, as opposed to the aspect of the «thermic insulation», which is the only one considered for the last twenty years. The suppliers of *insulation materials* and the suppliers of *building materials* as well have participated in this experiment, built «boxes» with their material, boxes which were filled with crushed ice. The melting time was measured in order to deduce the characteristics of the observed material.

2. Description de l'expérience

Les participants à l'expérience étaient invités à construire une enceinte cubique au moyen du matériau qu'ils fabriquent — ou qu'ils représentent. Le cube de glace serait placé à l'intérieur de cette enceinte. La fonte de la glace serait mesurée journalièrement d'après la quantité d'eau s'écoulant par le tuyau.

Toute liberté était laissée aux participants; seule l'épaisseur du matériau étant limitée à 40 cm. La figure 1 illustre le dispositif.

L'idée émise par le Groupe E3 a été accueillie très favorablement et ce ne sont pas moins de 13 fabricants ou représentants qui, à leurs frais et à

Zusammenfassung

Dieses Experiment beabsichtigt, den Aspekt des *Wärmebeharrungsvermögens* — entsprechend der Masse des Bauteils, im Verhältnis zur *Wärmeisolation*, die als alleiniger Faktor in den letzten zwanzig Jahren in Betracht gezogen wurde, aufzuzeigen. Die Lieferanten von Isolations- und Baumaterialien, die am Experiment teilnahmen, haben mit ihren Produkten normierte Würfel gebaut, welche beim Versuch mit Eis gefüllt wurden. Die Schmelzzeiten des Eises wurden gemessen, um damit Rückschlüsse auf das Verhalten der verwendeten Materialien sowie Vergleiche zu ziehen.

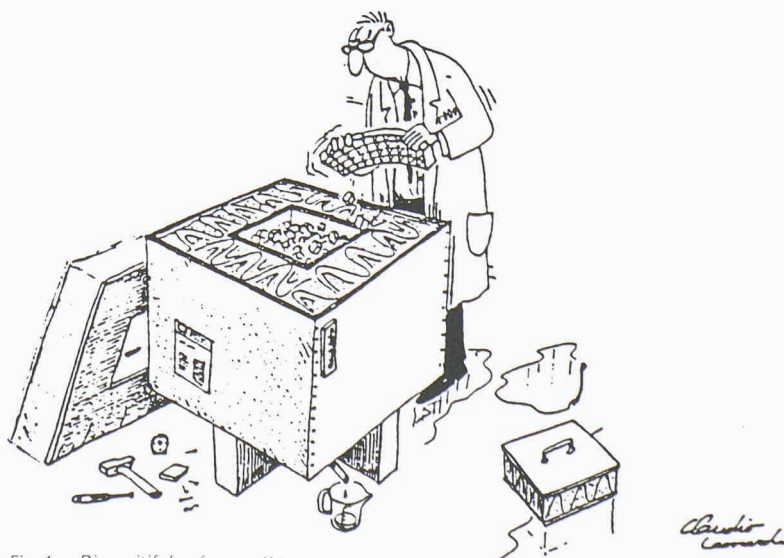


Fig. 1. — Dispositif des éprouvettes

leurs risques, ont accepté de participer à ce défi.

3. Utilisation du froid

D'une manière générale, à notre connaissance, les tests et mesures concernant les isolants thermiques et les matériaux de construction sont toujours fait «à chaud». L'idée d'utiliser de la glace a été retenue pour les avantages particuliers de cette «phase», car il faut autant de chaleur pour fondre un volume de glace à 0°C que pour élever l'eau produite à 80°C.

Il est intéressant de relever en passant que dans le monde des frigoristes, l'inertie thermique est reconnue depuis plus de 80 ans, alors qu'elle est encore souvent négligée par les chauffagistes.

4. Définition de l'isolation thermique

Si le terme «isolation thermique» est souvent employé, il est frappant de constater la difficulté d'en trouver une définition!

D'une manière générale, il s'agit des mesures destinées à:

- obtenir dans les locaux une atmosphère agréable et saine,
- éviter les condensations,
- réaliser des installations économes en énergie.

D'une manière particulière, il s'agit de l'effet propre à un matériau en vue de réduire la diffusion de chaleur entre deux milieux.

Pour calculer l'effet calorifuge d'un élément de construction on utilise la notion de résistance thermique R , qui est l'inverse de la transmission thermique k dont l'unité est W/m^2K .

5. Définition de l'inertie thermique

Il est encore plus difficile de trouver une définition de cette seconde notion, qui constitue cependant depuis des millénaires une caractéristique essentielle de nos constructions!

On appelle inertie thermique le pouvoir que possède une construction ou un élément de construction d'accumuler de la chaleur. Il en résulte un effet de diminution et de déphasage du transfert, conduisant en hiver à une économie d'énergie et en été à une

atténuation de l'inconfort dû à la chaleur du climat.

Il est frappant de constater, en 1993, que le calcul du coefficient de transmission thermique k ne tient pas compte de la position de l'isolation thermique!

Au nombre des unités employées, on trouve le poids de l'élément par unité de surface ou par unité du volume de construction.

6. Matériaux utilisés

On peut classer les matériaux utilisés dans cette expérience en 4 catégories:

- I. *Matériaux d'isolation thermique, sans inertie thermique*
 - A - laine de pierre
 - B - verre cellulaire
 - L,H - polystyrène
 - I - polyuréthane PUR
 - J - laine de pierre injectée

II. Matériaux d'isolation thermique avec inertie thermique

- C - polystyrène + laine de bois
- E - brique de pierre ponce
- F - laine de verre + béton
- M - brique de terre-cuite T 36
- G - polystyrène + 1 brique terre-cuite

III. Matériaux avec inertie thermique pure

- K - pisé
- O - béton faiblement armé

IV. Paroi sans isolation ni inertie thermique

- D - plâtre
- N - boîte de tôle témoin.

7. Caractéristiques des enceintes cubiques

Les indications données aux concurrents ne concernaient que les dimensions de la boîte de tôle destinée à contenir la glace pilée. La seule limi-

Caractéristiques des éprouvettes

N°	Matériaux	Conductibilité thermique [W/m.K]	Masse volumique [kg/m³]	Dimensions [cm]	Epaisseur v
A	laine de pierre Flumroc	0,042	165	100x100x100	29
B	verre cellulaire Foamglas	0,038	120	120x120x120	40
C	polystyrène + laine de bois Saglan	0,032	30	120x120x120	15 + 25
D	plâtre Alba	0,40	1000	48x48x48	6
E	brique pierre ponce Heklatherm	0,13	500	120x120x120	30
F	laine de verre + béton Isover	0,032	50	92x92x92	8 + 8
G	polystyrène + brique TC S. Keller	0,038	20	88x88x88	15 + 10
H	polystyrène + parois bois Samvaz	0,040	38	73x73x73	4 + 12 + 4
I	polyuréthane + aggloméré Homisol	0,028	(30)	120x120x120	40
J	laine de pierre injectée Novoroc	0,038	-	120x120x120	2 + 36 + 2
K	terre crue pisé Bâti Renove	(0,9)	(1700)	120x120x120	40
L	polystyrène Sagex	0,032	40	120x120x120	40
M	brique TC T36 + crépi Union tuil. rom. UTR	0,210	(140)	120x120x120	40
N	Bac tôle témoin	-	-	35x35x35	-
O	béton faiblement armé Soc. Chaux Ciments	1,800	2400	120x120x120	40

tation était l'épaisseur de la paroi de l'enceinte, qui ne devait pas être supérieure à 40 cm.

Pour le reste, les enceintes cubiques étaient très dissemblables, tant par leurs dimensions, que par leurs qualités d'isolation thermique.

Aspects techniques

Il est possible de faire toutes sortes de calculs et de simulations concernant les coefficients k de transmission thermique et de tenir compte des

«ponts thermiques» créés par les arêtes.

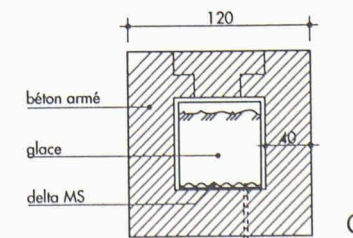
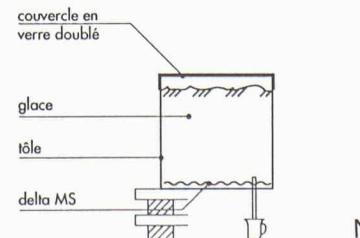
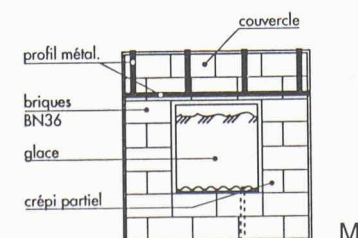
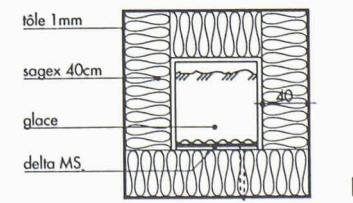
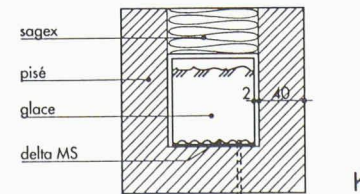
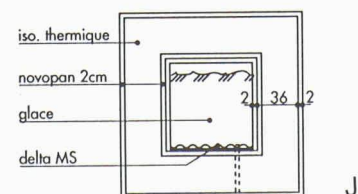
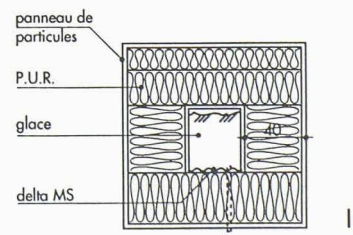
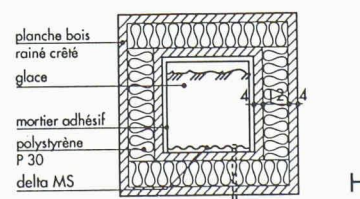
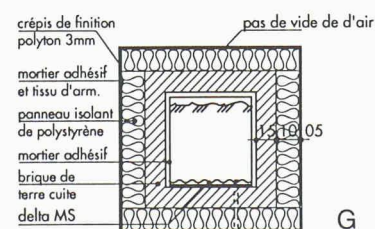
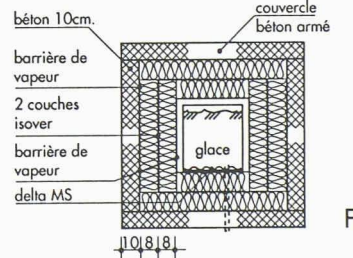
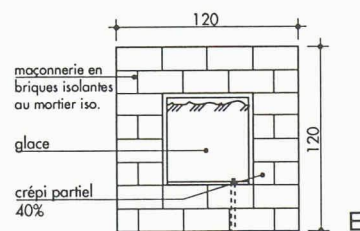
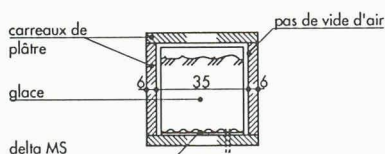
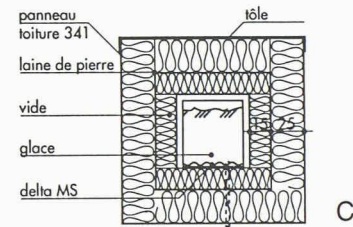
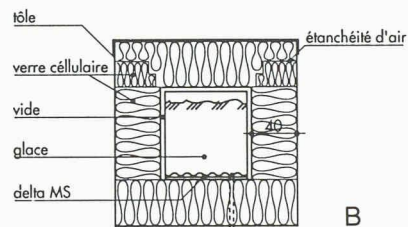
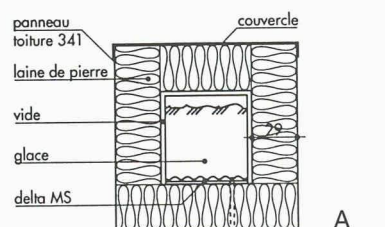
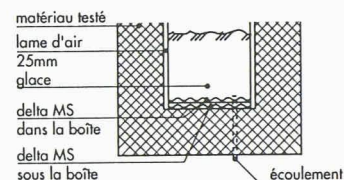
Instruments d'enregistrement

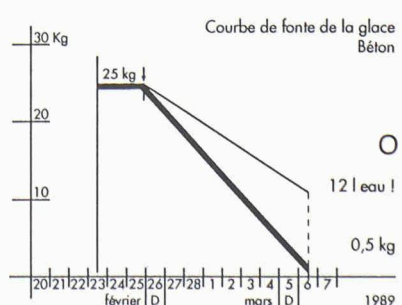
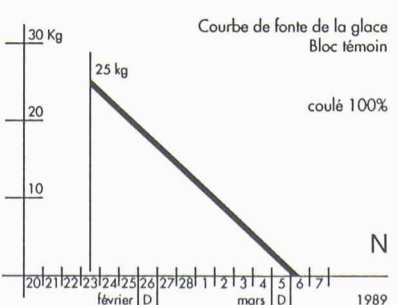
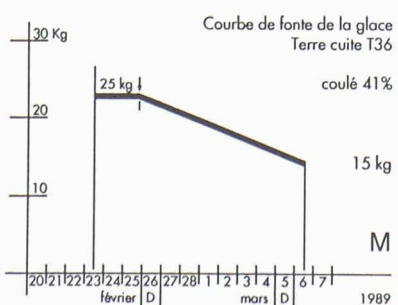
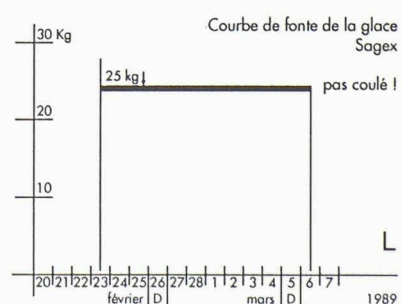
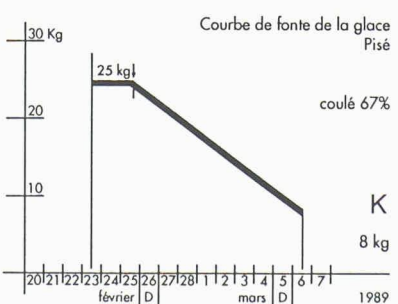
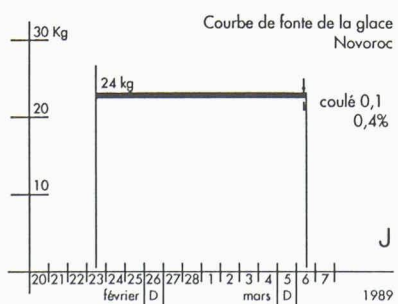
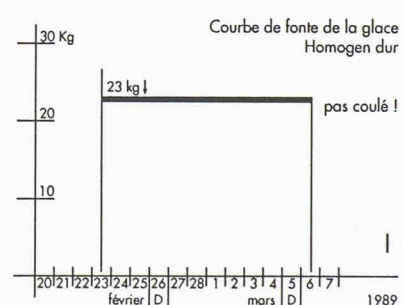
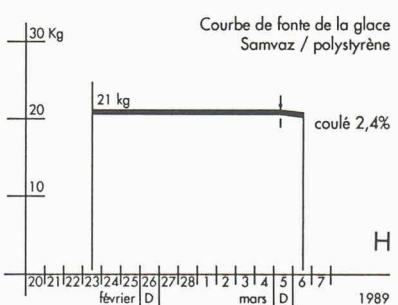
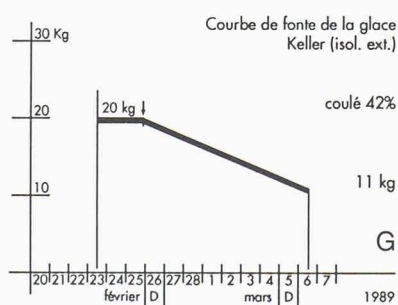
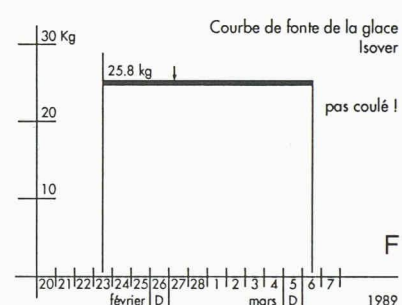
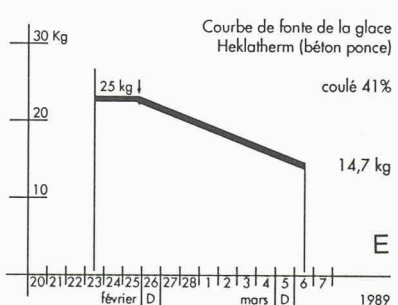
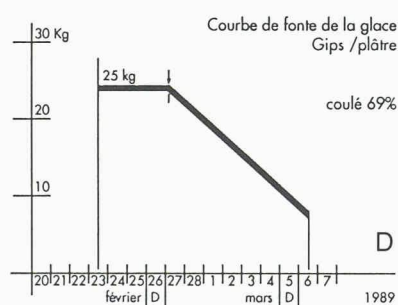
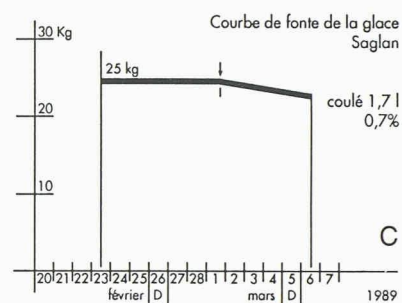
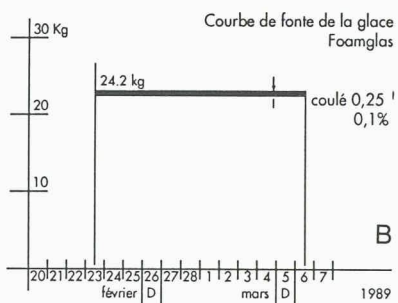
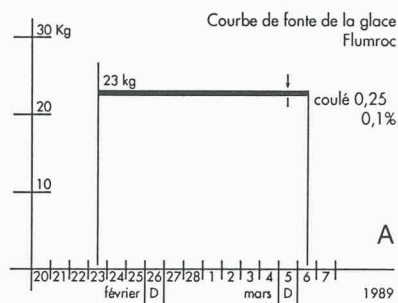
Il aurait été possible, dans chaque cas, de prévoir des instruments d'enregistrement permettant de suivre le processus de fonte en fonction des variations de la température extérieure.

Seules quelques maisons ont pris cette peine et tiennent les résultats à disposition.

Fig. 3. — Diagrammes des courbes de fonte (ci-contre)

Fig. 2. — Principe et exécution des épreuves





8. Déroulement de l'expérience

C'est dans le cadre du salon «Habitat et Jardin» de 1989 à Lausanne, que cette expérience s'est déroulée. Rappelons que cette exposition annuelle représente une véritable «Swissbau» pour la Suisse romande. Elle se déroule à la fin du mois de février et au début mars, avec des températures moyennes proches de $+5^{\circ}\text{C}$, idéales pour une telle expérience.

L'équipe du Groupe **E3** assura une surveillance permanente du comportement de ces blocs et enregistra régulièrement les écoulements d'eau de fonte.

9. Interprétation des résultats

Cette expérience a permis de comparer des enceintes dont les caractéristiques thermiques, isolation et inertie, ont été poussées au-delà de ce qui se fait dans la construction courante:

- isolation dont l'épaisseur n'est plus négligeable par rapport aux autres dimensions
- inertie thermique élevée par rapport au volume protégé thermiquement
- confinement de l'isolation plus ou moins parfait supprimant tout ou partie de la circulation d'air à travers la couche isolante.

Il ne faut pas confondre les désordres dus à la circulation de l'air dans les couches et la diffusion de vapeur dans les parois.

Dans la construction courante, les échanges de chaleur dus à la circulation de l'air peuvent être très importants, voire préjudiciables pour des isolations dépassant 8 cm ($k < 0,40 \text{ W/m}^2\text{K}$).

En effet, l'air chaud et humide peut provoquer une abondante condensation dès qu'il côtoie une surface plus froide, tandis que l'air froid et sec assèche le matériau et absorbe d'importantes quantités de chaleur.

Or l'expérience montre qu'il y a toujours des mouvements d'air dus à de multiples percages des murs par les entreprises du second œuvre, des fentes à la jonction des encadrements de portes et de fenêtres, des fissures dans les murs qui ne manqueront pas de se faire avec le temps.

Le cube en béton de pierre ponce n'a été crépi que partiellement, afin de

montrer la mise en œuvre du matériau. Or, par suite du manque d'étanchéité d'une partie de l'enceinte, la glace a commencé à fondre très rapidement...

Les cubes à fortes isolations sans inertie thermique appréciable

L'isolant étant confiné dans une enveloppe étanche à l'air, ces cubes se sont bien comportés. Le coefficient k calculé [$\text{W/m}^2\text{K}$] variant de 0,07 à 0,21, la perte de glace a été de 0 à 0,4%. Ce ne sont pas ceux qui avaient le coefficient k le plus favorable qui ont le moins coulé.

Un excellent résultat a été constaté sur le cube *Isover*, dont les parois étaient composées de 16 cm de laine de verre confinée entre deux barrières de vapeur, avec un mur en béton de 10 cm pour l'inertie thermique. Le couvercle avait été soigneusement jointoyé et étanché à l'air.

$k = 0,21$ Perte: 0%

Entrent encore dans la catégorie à perte nulle:

- le cube *Homisol*, isolant P.U.R., 40 cm, dans panneau de particules $k = 0,07$
- le cube *Sagex*, isolant Polystyrol 40 cm, dans enceinte métallique $k = 0,09$.

Dans ces deux cas, l'isolant était pratiquement étanche à l'air.

Les cubes à grande inertie thermique, sans isolation rapportée

Le cube en béton, de 1,20 m d'arrête, a nécessité la mise en œuvre de plus de 4 t de matériau. Le dégagement de chaleur dû à la prise s'est prolongé pendant les essais. Il a fallu refroidir un volume de béton important avant que les échanges de chaleur par résistance thermique puissent commencer. Il restait 2% de glace à la fin des essais.

Pour le cube en pisé (terre crue), l'évaporation de l'eau du pisé est à l'origine d'un certain refroidissement de l'enceinte. Un gramme d'eau qui s'évapore absorbe une quantité de chaleur de 2500 J (soit 600 cal).

Dans ces deux cubes, le coefficient de transmission de chaleur k [$\text{W/m}^2\text{K}$] n'a aucun sens. Les éléments déterminants sont la capacité d'accumulation thermique [$\text{Wh/m}^2\text{K}$], l'amortissement

d'amplitude, le déphasage (en heures) ainsi que d'autres éléments, tels que la condensation interne – transformation exothermique et évaporation – la transformation endothermique de l'eau contenue dans le matériau, l'insolation de la façade, le grain du parement, sa couleur, etc. L'analyse mathématique du comportement d'un mur en pisé est très complexe. A l'ouverture, il restait 10% de la glace.

Le cube en plâtre, constitué de carreaux *Alba* de 6 cm d'épaisseur, sans manteau d'air, avait un résidu de glace de 30%.

Cette expérience, patronnée par les praticiens du Groupement **E3** techniques du bâtiment, a fait sourire de nombreux sceptiques. En fait, des privés éprouvent les plus grandes difficultés à entreprendre une expérience de cette importance, faute de ressources financières, car aucun sponsor, aucune banque, ni les autorités fédérales ne se sont intéressés à ces essais jugés beaucoup trop terre-à-terre.

Aussi, cette expérience n'aurait-elle pu être réalisée sans la participation inconditionnelle des fournisseurs de matériaux de construction et d'isolation, que les responsables remercient ici, de même que les personnalités suivantes dont l'intervention a permis de réaliser le projet:

- M. J.-P. Umiglia, président de «Habitat et Jardin»
- M. E. Debétaz, commissaire de «Habitat et Jardin»
- M. P.-A. Berthoud, délégué à l'énergie du canton de Vaud
- MM. C.-A. Roulet et J.-B. Gay, du Laboratoire LESO de l'EPFL.

