

L'inertie thermique

3731

Depuis quinze ans que l'on parle d'«isolation thermique» pour économiser l'énergie, la notion complémentaire d'«inertie thermique» n'est pratiquement jamais mentionnée.

Il est donc temps d'en rappeler la définition et de proposer des mesures permettant de la prendre en compte. Dans son article annuel, Olivier Barde explique cette notion et en relève l'importance.

Rédaction

1. Introduction

L'«inertie thermique» ou la «masse de la construction» est une notion peu connue et rarement évoquée par ceux qui parlent d'économiser l'énergie

PAR OLIVIER BARDE,
GENÈVE

dans le bâtiment. Son utilité est même généralement contestée sous prétexte que seule importerait l'isolation thermique. Le petit monde des spécialistes de la climatisation semble être seul à reconnaître l'utilité de l'inertie et il en tient compte dans ses calculs depuis le début du siècle ! La meilleure façon de faire saisir le sens du terme «inertie» est de décrire les grandes étapes dans l'évolution de la construction.

2. L'évolution de la construction

Depuis des millénaires, par tous les climats et sous toutes les latitudes, la

construction s'est développée en utilisant uniquement l'inertie des matériaux. La chose se vérifie aussi bien en climat chaud qu'en climat tempéré et en climat froid !

Les matériaux utilisés ont été la terre sous toutes ses formes (pisé, adobe, torchis, terre cuite), ainsi que le bois et la pierre. Pour ce dernier matériau, on peut penser que les premiers mortiers étaient destinés surtout à créer une «étanchéité à l'air» en remplaçant la terre.

L'exception la plus notable est celle des climats chauds et humides, dans lesquels les constructions sont légères, ventilées, et surtout séparées du terrain.

La «non-invention» de l'isolation thermique, ou du moins la «non-utilisation» de matériaux naturellement calorifuges - foin, paille, mousse, sciure - est extrêmement frappante. Cette réflexion laisse songeur quand on considère tous les perfectionnements de l'art de bâtir et le fait que dans les régions de climat froid le combustible a toujours été cher.

Cette époque est celle de l'inertie pure. Elle a duré jusqu'à la Dernière Guerre.

On connaît cependant de nombreux cas où une forme d'isolation thermique a bel et bien été utilisée : citons les murs composés chez les Romains, les doublages en bois au Moyen Age, les revêtements de liège au Portugal, et même les murs composés comprenant un calorifugeage interne au nord de l'Allemagne... Toutes ces utilisations ont cependant été locales et momentanées ; leur «oubli» renforce la thèse de la «non-invention».

Evolution moderne du mode de bâtrir

Ce n'est que tout récemment, disons depuis la fin des années trente, que pour des raisons d'économie les murs de nos maisons sont devenus de plus en plus minces et de plus en plus légers. Ils ont ainsi pratiquement perdu leur inertie...

Les conséquences de ces modifications se sont rapidement manifestées sous la forme de difficultés au point de vue phonique et par de la condensation menant (déjà) à des moisissures très désagréables. De là date l'invention de l'isolation thermique, tout d'abord sous la forme d'une lame d'air créée

Zusammenfassung

Das Wärmebeharrungsvermögen ist seit Jahrtausenden ein Grundelement der Baukunst, in jedem Klima. Zurzeit wenig bekannt, werden seine Qualitäten in Frage gestellt und beinahe nicht mehr angewendet. Die Wärmeisolierung dagegen ist eine Errungenschaft unserer Zeit. Sie wurde entwickelt, um die Unzulänglichkeiten der zu dünn und zu leicht gewordenen Mauern, die dadurch ihre Qualitäten der Wärmebeharrung verloren, zu beheben. In der Folge wurde die Wärmeisolierung vor allem eingesetzt, um Energie zu sparen.

Man unterscheidet das Wärmebeharrungsvermögen der Aussenhaut, d.h. der Außenmauern, und dasjenige der Innenkonstruktion.

Durch das Studium des spezifischen Energieverbrauchs hat man entdeckt, dass die alten, schweren und massiven Gebäude sparsam geheizt werden konnten, obwohl sie nicht wärmeisoliert sind.

Es bestehen verschiedene Methoden, um der Wärmebeharrung Rechnung zu tragen. Die Natur erschliesst uns das Wirken der Wärmebeharrung durch verschiedene physikalische Phänomene.

Neuere Bauten aus Backstein und Leca-Beton zeigen, dass die Verbindung von Wärmebeharrung und Wärmeisolierung Lösungen für die Zukunft erschliesst.

par un doublage, puis par l'utilisation de matériaux spécifiques. Le fait que ces constructions n'étaient pas économiques à chauffer était pratiquement ignoré !

En 1989, il sera difficile à beaucoup d'accepter cette idée que l'isolation thermique est un phénomène contemporain !

Toute cette mutation était en cours avant les années septante et il faut rendre ici hommage aux fabricants et aux marchands de «matériaux calorifuges» - et de matériaux de construction - qui assumèrent pendant des décennies la formation et la documentation des praticiens¹.

Lors de la crise du pétrole, en 1973, il fut facile d'élever le niveau des exigences en matière d'isolation thermique, ce qui parut être le moyen de réduire largement les déperditions de chaleur. *Cette époque, qui dure encore, peut donc être désignée comme étant celle de l'isolation thermique, assortie ou non d'une quote-part d'inertie dont l'influence est considérée comme négligeable².*

¹ Citons notamment les cahiers *Elément* de l'Association suisse des fabricants de briques et de tuiles, ceux de SAGER, l'aide-mémoire du liège et les publications d'Isover.

² En effet, dans aucune formule du coefficient *k*, la position de l'isolant thermique (à l'intérieur ou à l'extérieur) n'est mentionnée !

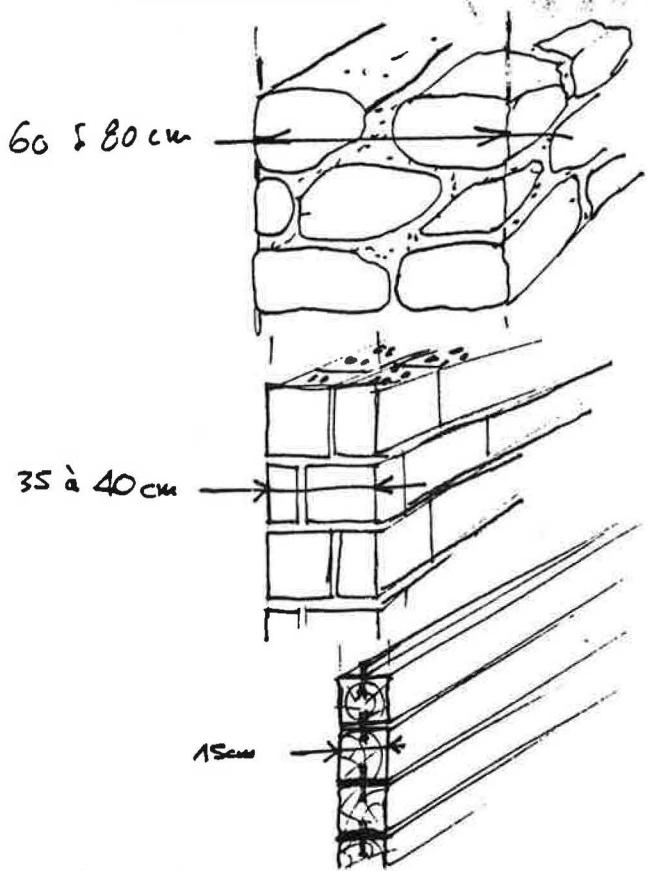


Fig. 1. - Composition d'un mur extérieur pour une inertie thermique optimale.

3. Redécouverte de l'inertie thermique

En 1980, on ne savait tout simplement rien de la consommation réelle de combustible de nos maisons. La chose paraît incroyable, elle est pourtant vraie ! A preuve : en 1976, le Prix SIA

de l'économie d'énergie est décerné à une construction « bien isolée », dont l'« indice de consommation » - établi après coup - correspondra en fait à la moyenne suisse ! C'est à la SAGES et à Bruno Wick [1]³ que revient le mérite d'avoir établi les premières « statistiques des consommations spécifiques » de nos immeu-

bles et de nos villas. Parmi les révélations de ces « indices » figurent les bonnes performances des constructions anciennes faites de murs lourds, sans isolation - en d'autres termes, avec de l'inertie thermique !

Ces bâtiments ont presque tous des indices énergétiques très bas et il est difficile de faire mieux avec les immeubles modernes, si bien isolés qu'ils soient ! Il convient ici de signaler que depuis des années il n'y a pratiquement plus de publications concernant les statistiques des immeubles construits récemment [2].

On cite souvent des « valeurs cibles » ou des « valeurs limites », mais on ignore la proportion des immeubles modernes qui atteignent ces valeurs. En d'autres termes, on continue à prescrire des « surisolations » sans être en mesure de les justifier.

C'est donc grâce aux « consommations spécifiques » que l'efficacité de l'inertie thermique a été révélée !

4. Définition de divers cas d'inertie thermique

Enveloppe de la construction

La bonne combinaison de murs extérieurs et de vitrages, en fonction de l'orientation, permet de réaliser des constructions utilisant de façon « passive » l'énergie, économiques à chauffer et restant confortables en été. L'inertie de l'enveloppe est reconnue par la SIA dans la norme de chauffage SIA 384/2 « Puissance thermique à installer dans les bâtiments », car elle permet de prendre en compte une température extérieure minimale moins basse. Les normes de l'époque montrent bien de quelles constructions il s'agissait (fig. 3).

Les murs extérieurs (fig. 1)

L'expérience montre que l'inertie thermique optimale des murs extérieurs dépend du matériau. On peut ainsi définir les compositions suivantes :

1. mur de maçonnerie de pierre de 60 à 80 cm d'épaisseur
2. mur en brique de terre cuite de 35 à 40 cm d'épaisseur
3. paroi en bois, madriers de 15 cm d'épaisseur environ.

L'intérieur de la construction

Les murs et cloisons intérieurs, ainsi que les dalles formant plancher ou plafond, constituent une masse thermique importante, dont l'influence n'est pratiquement mentionnée que dans les calculs de climatisation⁴.

³ Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

⁴ L'étude des « températures intérieures de locaux non chauffés » est très importante à ce point de vue.

L: constructions et les installations diverses

- 41 -

Date :	14-4-1988	L
Nouvelle tenue dès le :	11-6-1988	5 1

République et canton de Genève

TITRE III ÉCONOMIES D'ÉNERGIE

Art. 113

Principe

¹ Les constructions doivent être conçues et maintenues de manière que l'énergie nécessaire à leur fonction soit utilisée économiquement et rationnellement.

Réduction des déperditions d'énergie

² Lors de nouvelles constructions, des mesures sont prises afin de limiter les déperditions d'énergie.

Isolation thermique

³ A cet effet, l'enveloppe extérieure des constructions neuves, régulièrement chauffées, doit présenter une isolation et une inertie adéquates.

Fig. 2. - La loi sur les constructions de l'Etat de Genève fait allusion à l'inertie thermique depuis 1977 !

Dans les grandes pièces modernes et les bureaux paysagers, en revanche, on ne trouve plus cette caractéristique : les murs et les planchers, par exemple doublés d'une moquette, n'ont plus la qualité d'une masse thermique. Il en est de même des faux plafonds.

Citons divers autres cas :

- les murs et dalles contre terre, qu'il convient de ne pas calorifuger, malgré les normes SIA ;
 - les dalles toitures avec remblais de terre, où une isolation thermique est également inutile ;
 - les constructions en pierres sèches (trulli, bories et croti), dans lesquelles une climatisation naturelle est assurée par l'évaporation ;

et encore divers développements modernes :

 - les «lits de gravier», destinés à stocker des calories qui seront reprises par le passage de l'air de ventilation ;
 - les «murs Trombe», permettant une accumulation de chaleur et un déphasage des apports solaires ;
 - les «puits canadiens», dont l'action thermique sur l'air de ventilation, été comme hiver, peut être très intéressante ;

- et enfin, les «stocks de froid» qui correspondent aux «stocks de chaleur», mais qui font généralement appel à la chaleur latente de la glace. La présence d'une masse thermique dans le volume à chauffer peut conduire à une réduction substantielle des besoins. On connaît à Genève un dépôt de vins et de spiritueux qui n'a simplement pas été muni d'installation de chauffage!

Relevons enfin que depuis des millénaires, on a su conserver et transporter de la glace pendant tout l'été !

5. Description des effets de l'inertie thermique

Les différents éléments de construction énumérés ci-dessus peuvent présenter les avantages suivants.

Utilisation des apports solaires

Les murs extérieurs monolithiques, avec une certaine inertie, permettent une utilisation du rayonnement solaire. L'inertie interne d'une construction permet un stockage de la chaleur, surtout en cas de surchauffe due aux vitrages.

Climatisation naturelle

En été, une construction présentant une forte inertie sera peu sensible à la surchauffe. Il est cependant nécessaire de prendre diverses mesures, par exemple les protections extérieures des vitrages, pour obtenir cet effet.

Stockage de l'énergie

Une pièce chauffée à une certaine température réagira plus ou moins vite à un arrêt de fonctionnement du chauffage, ou à une forte ventilation amenant de l'air extérieur froid, selon son inertie interne !

Economie d'énergie

L'expérience montre que, en ce qui concerne tant le chauffage que la climatisation, les constructions «lourdes» sont économies en énergie.

Conform

Que cela soit en hiver ou en été, le confort d'une maison possédant une certaine inertie thermique ne peut pas se comparer avec celui d'une construction légère, si bien isolée qu'elle soit. Cette affirmation est particulièrement vraie pour l'été et l'expression « climat de baraque » l'explique bien.

Isolation phonique

La masse est l'une des conditions essentielles de l'isolation phonique.

6. Méthodes de calcul

L'importance prédominante donnée depuis des années à l'aspect isolation par rapport à l'aspect inertie a fait que le coefficient k de déperdition thermique

que est et reste le seul critère reconnu. Il est regrettable qu'aucune publication n'ait encore été faite des résultats acquis à propos des murs massifs, munis d'une isolation thermique rapportée. Dans tous les cas dont nous ayons connaissance, le résultat au point de vue consommation d'énergie est nul, mais personne n'ose le dire⁵. Les phénomènes physiques liés à l'inertie sont complexes et il convient de bien les définir :

- l'inertie de l'enveloppe a pour effet d'atténuer les répercussions des variations de la température extérieure ; on calcule l'«amortissement d'amplitude» et le «déphasage» résultant de ces variations ;
 - l'inertie interne atténue les répercussions des variations ou de l'interruption du chauffage ; on établit une «constante de temps» qui correspond à l'intervalle nécessaire pour que la moitié de la baisse de température se produise ;
 - les apports solaires : dans bien des cas, cet apport est simplement assimilé à une variation de température, alors que le phénomène est bien plus complexe et dépend, par exemple, de la couleur de l'enduit.

exemple, de la couleur de l'enduit. Signalons encore le coefficient « k_{24} » du professeur H. Hauri, correspondant à l'action de l'inertie sur l'isolation thermique.

7. Autres aspects de l'inertie thermique

La nature nous donne de nombreux exemples de phénomènes thermiques qui ne s'expliquent que par les effets complexes de l'inertie thermique :

- les «glacières souterraines», cavités naturelles où la glace se forme naturellement et subsiste depuis des millénaires⁶;
 - les phénomènes de surface des glaciers, sur lesquels les petites pierres s'enfoncent, alors que les gros blocs créent les célèbres «tables glaciaires» que nos peintres ont illustrées (fig. 4).

8. Conclusions

Le but de cet article est de présenter une notion ancienne, dont on peut voir des applications partout, mais dont les caractéristiques sont quasi inconnues. Il est intéressant de discerner, dans le flot de documentation concernant la construction, quelques indices d'une évolution selon laquelle la notion

⁵ Il faut mentionner ici la formidable controverse qui a lieu depuis bientôt dix ans en Allemagne sur les vertus du calorifugeage opposées aux effets de l'inertie.

⁶On en signale près de 25 pour le seul canton de Vaud!

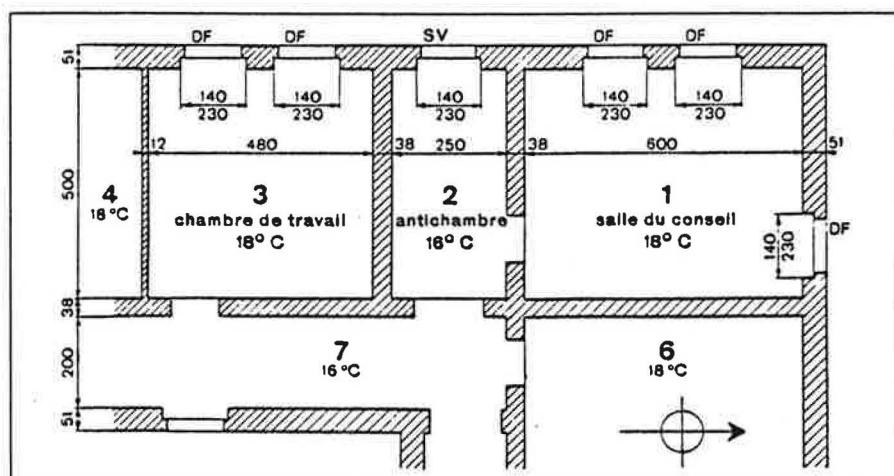


Fig. 3. – Extrait des Règles de calcul S2C3 de 1957... Les normes de l'époque montrent bien à quelles constructions fait allusion la loi sur les constructions de l'Etat de Genève (fig. 2).



Fig. 4. - Une «table glaciaire», telle que la représente, en page 301, le numéro 12/89 d'Ingénieurs et architectes suisses.
(Photo: M. Aellen, Zurich.)

d'inertie pourrait être peu à peu mieux prise en compte. J'en citerai un signe caractéristique : dans les cahiers *Elément* de l'Industrie suisse de la terre cuite on peut lire : « [...] de très faibles valeurs du coefficient k ne procurent aucun avantage, dans le cas de murs massifs » [3].

La voie ouverte par les murs monolithiques en brique de terre cuite est déjà un succès et on peut espérer qu'un calcul combinant l'isolation et l'inertie sera possible.

Une démarche équivalente est en cours à Genève, grâce à la clairvoyance du Département des travaux publics.

Bibliographie

- [1] WICK, BRUNO : *L'économie d'énergie dans les maisons individuelles*, Editions SEATU, Lausanne, 1981.
- [2] Documentation SIA 024 «Energiezahlen von Gebäudegruppen», juin 1988.
- [3] GUBLER, H. : «Terre cuite, technique et application», *Elément* 26, 1987, p. 23.
- [4] «Inertie thermique», «Mesures in situ» en énergétique du bâtiment, Documentation SIA 027, janvier 1989, pp. 313-323.
- [5] STÄHLI, U. : *Influence de l'inertie thermique sur les constructions*, Service de recherches de l'industrie du ciment, Wildegg, 1979.
- [6] GERTIS, K. ; HAUSER, G. : «Instationnaire Wärmeschutz, plus de 500 références analysées», *Bericht aus der Bauforschung*, cahier 103, 1975.
- [7] Literatur-Auslese, N° 415, «Energieeinsparung durch wärmespeichernde Bauteile», IRB Verlag, 1984.

Pour des recherches bibliographiques en anglais, consulter les mots clés «thermal mass» et «M-factor».

Des bâtiments scolaires sont en construction avec des murs en béton de léca, pratiquement sans isolation. Les résultats montreront dans quelle mesure l'effet de l'inertie remplace celui de l'isolation.

Adresse de l'auteur:

Olivier Barde, ing. civil
Ingénieur-conseil
en thermique du bâtiment
4, bd des Promenades
1227 Carouge-Genève