Zeitschrift: Ingénieurs et architectes suisses

Band: 105 (1979)

Heft: 22

Artikel: Isolation thermique: k = k: vers de nouveaux coefficients ou la fin de la facilité

Autor: Barde, Olivier

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-73864

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. 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. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

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. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

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. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 14.08.2025

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

Isolation thermique: $k = k$

Vers de nouveaux coefficients ou la fin de la facilité[1]

par Olivier Barde, Carouge-Genève

Le concept d'« isolation thermique » recouvre — pour beaucoup de personnes — la notion d'économie d'énergie. De là vient l'idée qu'il faut « renforcer l'isolation » pour réduire la consommation de combustibles.
Il y a là deux préjugés qu'il faut dénoncer.
Premièrement l'isolation thermique — en tant que telle — n'est qu'un des moyens de réduire la consommation de combustible. La conception de l'installation de chauffage et la régulation sont tout aussi importants — si ce n'est plus — pour obtenir le résultat désiré.
Secondement il n'est pas prouvé qu'un renforcement de l'isolation, au-delà d'une certaine limite, aboutisse à des consommations moindres.
Le but de cet exposé est d'essayer d'éclaircir ce dernier aspect.

1. Le coefficient de déperditions thermiques « k »

L'isolation thermique d'un élément est caractérisée par l'addition des résistances des divers composants et des résistances superficielles (fig. 1).

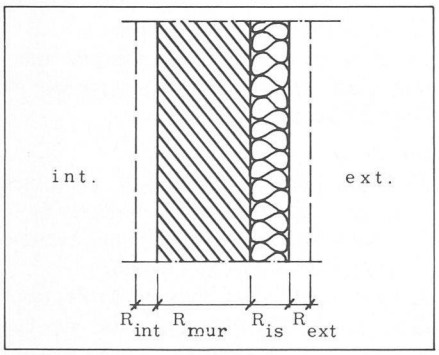

Fig. 1.
$R_{tot} = \Sigma R_{superficielles} + \Sigma R_{éléments}$
$(°C \cdot m^2/W)$

On utilise traditionnellement l'inverse de cette valeur pour obtenir le « coefficient global de transmission de chaleur k » :

$$k = \frac{1}{R_{tot}} \qquad [W/m^2 \cdot °C]$$

Utilité du coefficient k

— On utilise ce coefficient pour le dimensionnement de l'installation de chauffage, pour choisir les corps de chauffe, pour déterminer les conditions de confort et enfin pour estimer la consommation de combustible.

— La réglementation SIA 180/1 concernant la protection thermique en hiver y fait également appel pour vérifier les isolations thermiques choisies.

Réserve

Le coefficient k traditionnel est très sévère pour des murs lourds, sans isolation rapportée.

Dans certains cas, il semble que les calculs d'installation devraient être faits avec un facteur k plus petit que celui que donne le calcul.

Rappel

— La résistance superficielle est donnée par $1/\alpha$

avec α = coefficient de transfert $(W/m^2 \cdot °C)$

— La résistance d'un élément est donnée par e/λ

avec e = épaisseur de l'élément (m)
λ = coefficient de conduction thermique de matériau $(W/m \cdot °C)$

— On trouve dans la littérature l'expression :

$$k = \frac{1}{1/\alpha_i + \Sigma e/\lambda + 1/\alpha_e} \quad (W/m^2 \cdot °C)$$

équivalente, mais plus difficile à appréhender que

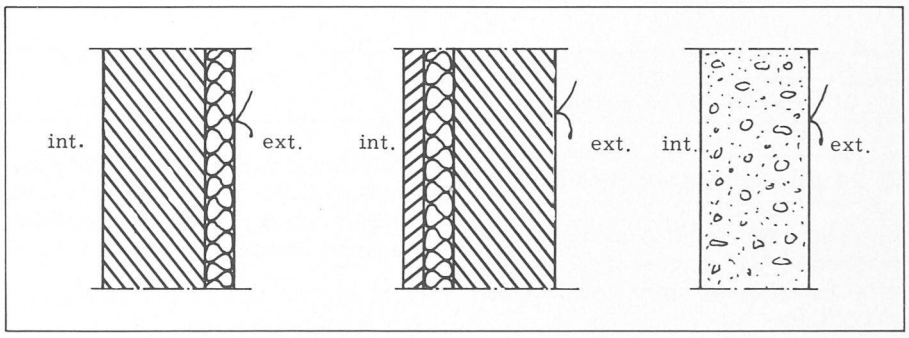

Fig. 2. — Position de l'isolant.
A résistance thermique égale : k = k, quelle que soit la position de l'isolant.

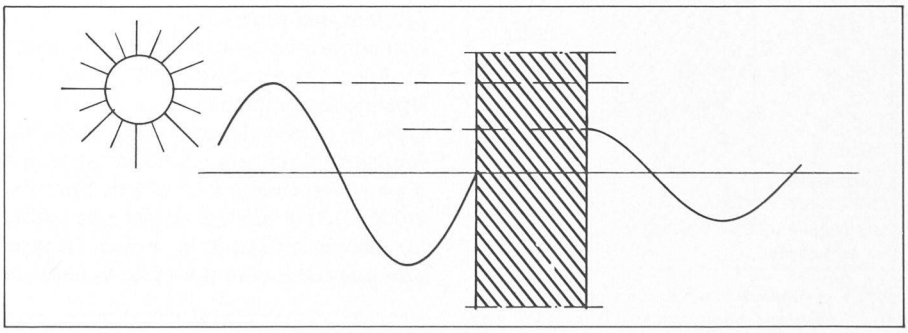

Fig. 3. — Inertie thermique.
k = k, quelle que soit l'inertie interne.

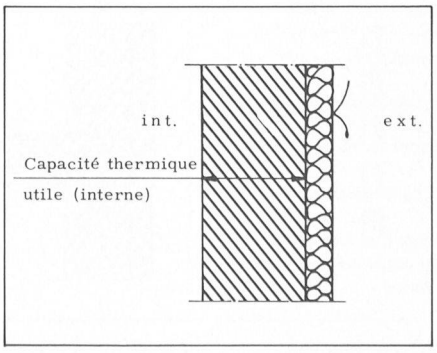

Fig. 4. — Répartition de la capacité de stockage thermique.

$$R_{tot} = \Sigma \text{ Résistances et } k = 1/R_{tot}$$

Remarque introductive

L'utilisation exclusive du coefficient k constitue une approche simplifiée. Celle-ci n'est plus suffisante à l'heure actuelle parce qu'elle ne tient pas compte de certains aspects importants.
Pour des éléments de construction différents, on peut obtenir cependant des coefficients k semblables.
Les exemples des figures 2 à 7 illustrent ce fait.
Nous allons maintenant détailler ces divers points.

[1] Ce texte a fait l'objet d'une conférence à l'Ecole polytechnique de Zurich le 26 avril 1979 et a été publié — en langue allemande — par la Société suisse des fabricants de ciment, chaux et gypse [4].

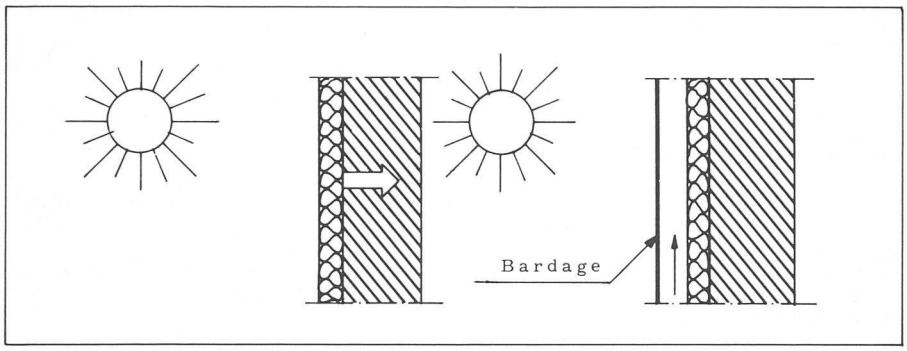

Fig. 5. — Capacité de transmettre des apports extérieurs.
k = k : les flux provenant de l'extérieur sont différents.

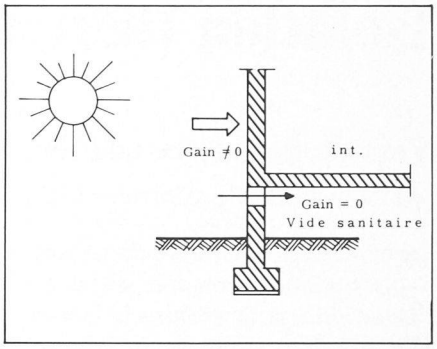

Fig. 6. — Régime auquel est soumis l'élément.

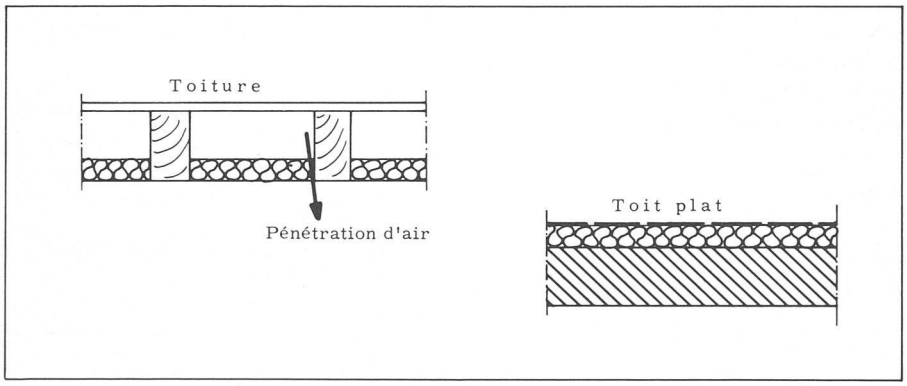

Fig. 7. — Etanchéité à l'air.
k = k : l'étanchéité à l'air est différente.

2. Le rôle de la position de l'isolant

Ce point a fait l'objet d'une publication particulière [1] [2] et nous ne ferons que d'en rappeler les principaux aspects (fig. 8 à 10).

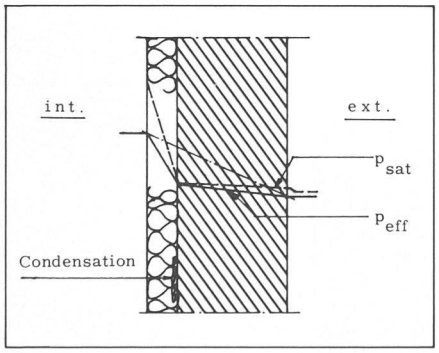

Fig. 8. — Influence sur les condensations.
Les isolations intérieures posent des problèmes à ce point de vue !

L'influence de la position de l'isolant joue un grand rôle sur *l'inertie thermique* et sur la répartition des *capacités de stockage*. Ces points sont repris ci-après.

3. L'inertie thermique

L'inertie thermique, alias la masse de la construction, a simplement été « oubliée » pendant une génération.
Son importance a été redécouverte depuis quelques années et les publications à son sujet ne se comptent plus.
C'est le mérite de la Société suisse des fabricants de ciment, chaux et gypse, que d'avoir demandé au LFEM de faire une étude [2, 3] destinée à vérifier en pratique les théories de Heindl à ce sujet. Rappelons que celles-ci sont les plus applicables pour les cas courants. La corrélation entre les valeurs calculées et les valeurs mesurées est excellente et l'on peut en conséquence admettre que ces critères sont valables.
Les avantages de l'inertie thermique sont les suivants :

Pendant la saison de chauffe :

1. Possibilité d'utiliser partiellement les apports gratuits du rayonnement solaire.
2. Amélioration du confort par plus grande stabilité de température.
3. Economie d'énergie : une forte inertie diminue les pointes des températures extérieures et supplée avantageusement à une faible isolation.

En d'autres termes, c'est l'inertie thermique qui permet l'utilisation passive de l'énergie solaire !

En été :

4. Seule l'inertie thermique, combinée avec la protection des fenêtres et la ventilation, peut garantir une relative fraîcheur des locaux en été.

Actuellement, nous pouvons avoir, pour deux murs différents au point de vue inertie, un coefficient *k* équivalent (fig. 11).
Nous savons bien cependant que le comportement de ces 2 murs est fondamentalement différent et que les consommations ne seront pas égales (fig. 12). Les deux murs ne sont donc pas comparables !
Les matrices de calcul des valeurs caractéristiques de l'inertie thermique donnent des coefficients dynamiques, dont la signification n'est pas encore complètement établie.

[2] Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

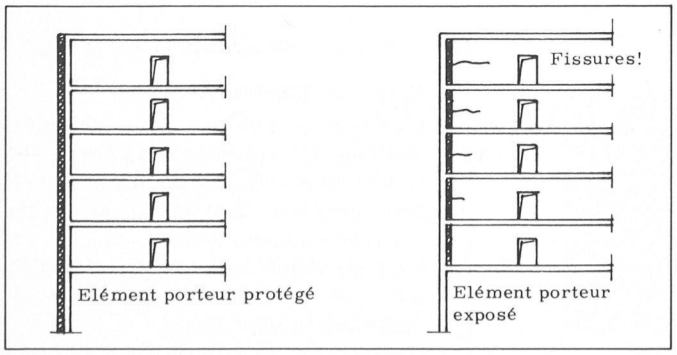

Fig. 9. — Protection contre les influences thermiques extérieures.
Dans certains cas une protection thermique extérieure est nécessaire.

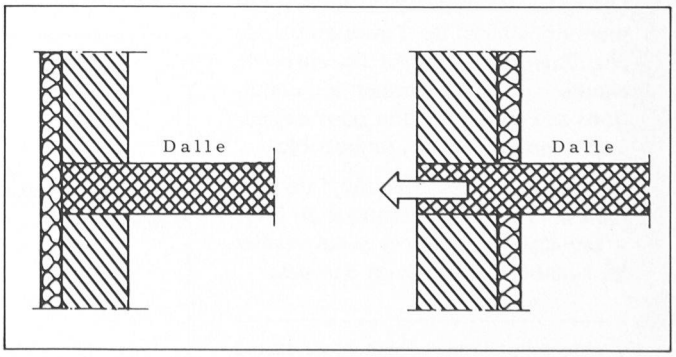

Fig. 10. — Les ponts thermiques.
Leur action est encore sous-estimée ; ils sont en relation directe avec la position de l'isolant.

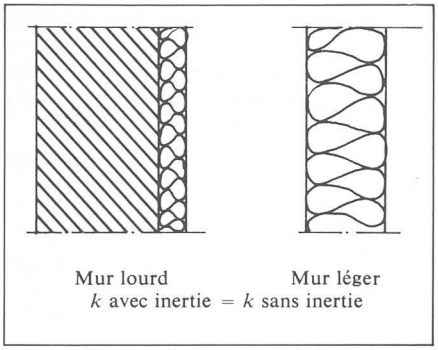

Fig. 11.

L'action de l'inertie thermique sur les apports extérieurs est encore mal connue. Il y a d'une part une réduction des déperditions et dans certaines conditions, un apport réel.
On peut supposer en l'état, par comparaison avec des parois dont l'action est connue, que la valeur ν d'amortissement ne devrait pas dépasser une certaine limite, en d'autres termes l'inertie thermique doit être limitée ! Nous touchons là le point capital de notre exposé :

La meilleure isolation n'est pas la plus forte, mais celle qui permet la meilleure utilisation des énergies.

Des isolations renforcées, réclamées par certains, risquent de ne pas conduire au résultat recherché !
Il ne faut pas oublier que, pour tous les éléments d'une construction, les déperditions (plus ou moins permanentes) sont plus faibles que les apports extérieurs (temporaires et aléatoires).
La conception du mur doit donc être telle qu'elle retienne les calories internes, sans empêcher les calories extérieures de pénétrer et qu'elle assure un stockage de ces dernières, afin d'augmenter la durée de leur action.

4. Répartition de la capacité de stockage thermique

La position de l'isolant dans le mur détermine la partie « utile » du stockage thermique, en contact avec l'intérieur du local. Suivant l'utilisation cherchée, on peut donc la faire varier (fig. 13).
Par exemple, en cas de chauffage intermittent, une inertie interne faible est recherchée.

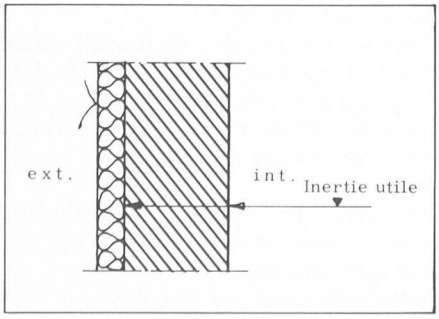

Fig. 13.

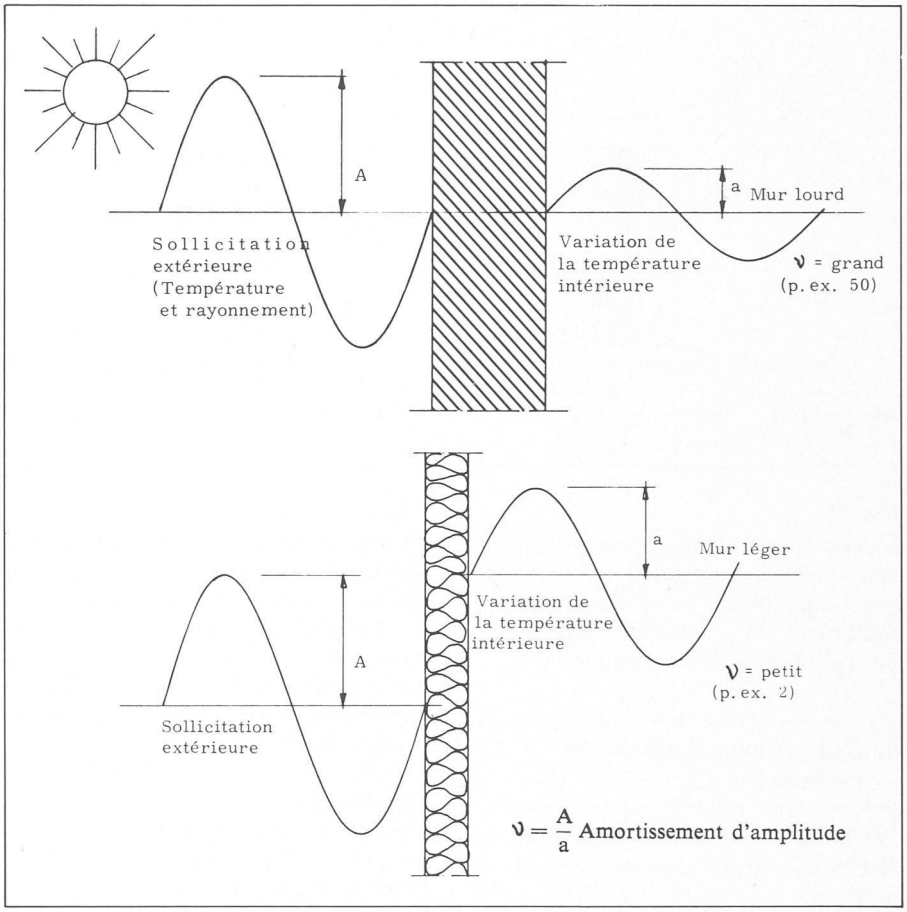

Fig. 12.

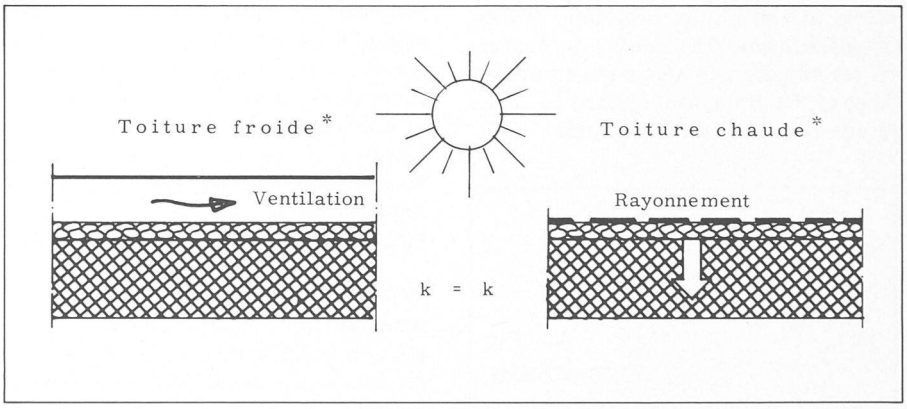

Fig. 14.
* Le bien-fondé de ces dénominations est évident !

Note :
Il ne faut pas perdre de vue que si l'on parle d'inertie thermique interne, il s'agit de celle de tous les composants de la pièce et non seulement de celle des éléments porteurs.

5. Capacité de transmettre les apports extérieurs

Le souci de mieux utiliser les apports extérieurs est récent.
On savait cependant depuis longtemps que les « degrés-jours » devaient se compter jusqu'à +18°C seulement (alors que l'on chauffe au moins à +21°C) si l'on voulait obtenir un semblant de corrélation avec les consommations.
Cette différence de 3°C représente environ 20 % de la consommation ! C'est dire l'importance de ces apports (fig. 14).
Il faut donc concevoir les surfaces extérieures de façon à tirer le meilleur parti possible des apports gratuits.

Note :
Pour les toitures chaudes, l'action de la protection en gravier devra être étudié. Une toiture nue est sans doute intéressante en hiver.
La situation est semblable pour les murs (fig. 15).
Dans tous les cas, le coefficient k peut être égal, mais les consommations seront différentes !

Note 1 :
Il est rappelé que la texture et la couleur du revêtement extérieur jouent un rôle non négligeable dans ces phénomènes.

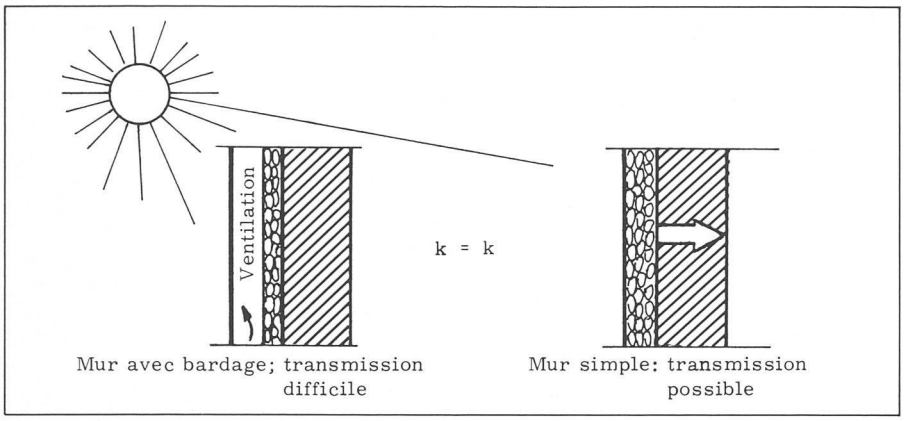

Fig. 15.

Note 2 :

L'importance des apports extérieurs est telle, qu'il ne faut pas donner trop de crédit aux divers calculs économiques concernant la rentabilité de l'isolation. Ces calculs négligent ces apports.

6. Régime auquel est soumis l'élément

Les calculs traditionnels admettent un état stationnaire rarement réalisé en pratique.

Régime interne

Les pièces principales pouvent être considérées à température constante. Il n'en est pas de même des chambres à coucher, vu les longues périodes d'ouverture des fenêtres. Un traitement différentiel de ces locaux pourrait donc être justifié.

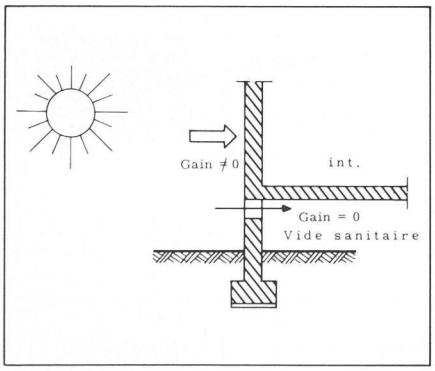

Fig. 16. — Dalles sur vides sanitaires.

Régime externe

La nouvelle version de la réglementation SIA 180/1 introduit pour les vitrages une pondération suivant l'exposition.

La différenciation des façades est ainsi introduite.

Après avoir varié la surface des fenêtres, il deviendra nécessaire d'adapter la constitution des façades.

Certains cas particuliers doivent être signalés (fig. 16).

Dans ce cas, l'exposition à la température extérieure est constante et les apports extérieurs sont nuls. Le régime stationnaire est presque réalisé. Une isolation importante serait justifiée !

En poussant plus loin le raisonnement concernant les vides sanitaires, on s'aperçoit qu'il s'agit là d'une disposition défavorable concernant les déperditions d'énergie et qui ne se justifie plus avec les conceptions actuelles (fig. 17).

De jour, pendant la mi-saison l'espace tampon peut se réchauffer fortement en cas d'insolation.

Une isolation faible peut donc se justifier.

Note :

Attention aux conditions d'été !

La norme DIN allemande admet 20 % de diminution des déperditions pour la toiture !

7. Etanchéité à l'air

Si les problèmes liés à l'étanchéité à l'air sont bien connus pour les fenêtres, ceux liés aux surfaces opaques sont souvent ignorés.

L'expérience montre cependant souvent que cette étanchéité à l'air joue un rôle important.

Les cas suivants doivent être signalés (fig. 18).

Bardages industriels

Le manque d'étanchéité à l'air de ces constructions est bien connu.

$$k = k$$

étanche à l'air — non étanche à l'air

Note :

Il est bien évident qu'il ne faut pas confondre les pertes par renouvellement d'air avec les déperditions par les surfaces opaques.

Les coefficients $k = 12$ (W/m^2·°C) par exemple pour les toitures tôle sont représentatifs de cette confusion !

8. L'isolation phonique à la rescousse

Il n'existe — à l'heure actuelle — aucune obligation de prévoir une certaine inertie thermique pour les murs extérieurs.

Par contre, ceux-ci devraient présenter une certaine isolation phonique qui, pour le moment, est laissée à l'appréciation de l'architecte. Dans les zones bruyantes cependant, la Recommandation SIA prescrit une masse de 450 kg/m^2 pour les parties opaques.

Ceci correspond à 18 cm de béton armé
ou
30 cm de maçonnerie en T.C.

Pour fixer les idées, on peut dire qu'un mur extérieur ne devrait pas peser moins de 300 kg/m^2, (12 cm de béton).

La norme DIN 4108 prescrit une augmentation de la résistance thermique pour les murs dont le poids n'atteint pas ce chiffre, cette résistance supplémentaire devant compenser l'absence d'inertie.

9. Le cas des fenêtres

Les mauvaises qualités d'isolation des fenêtres en régime stationnaire ont incité les rédacteurs des recommandations d'isolation thermique à tenter de réduire les surfaces vitrées.

Depuis cette époque, on connaît mieux l'importance des apports solaires et le nouveau projet de recommandation SIA en tient compte et autorise des surfaces plus importantes en fonction de l'orientation.

En parlant des fenêtres, il faut signaler qu'elles représentent par excellence des éléments sans inertie.

Elles permettent de laisser passer une grande proportion des apports thermiques extérieurs.

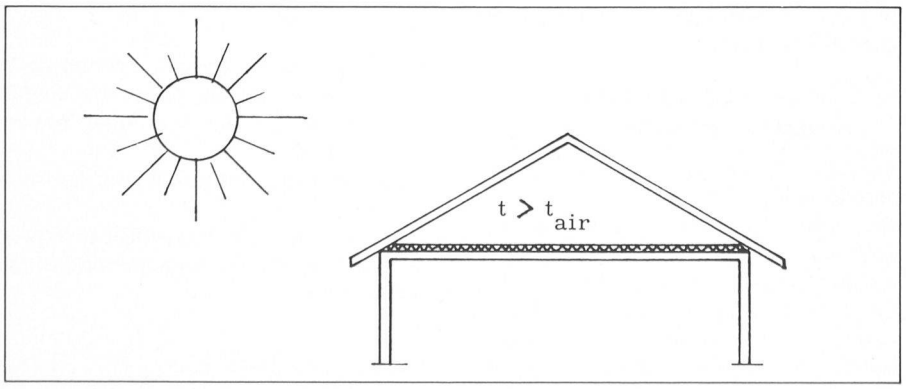

Fig. 17. — Planchers des combles non habités.

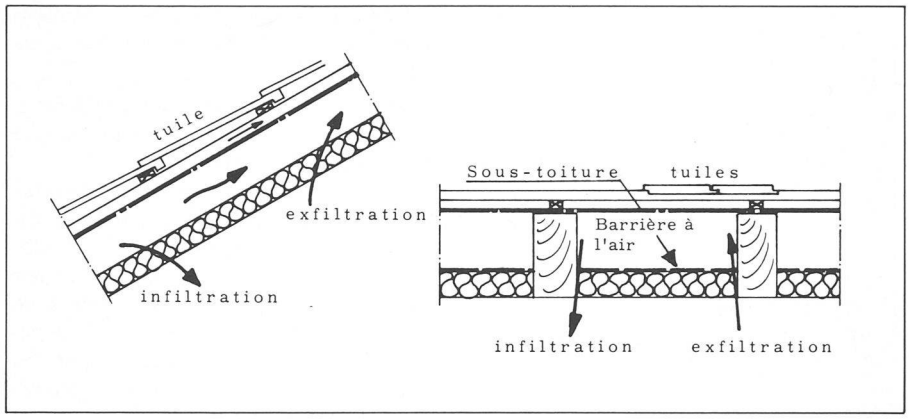

Fig. 18. — Toiture tuile.

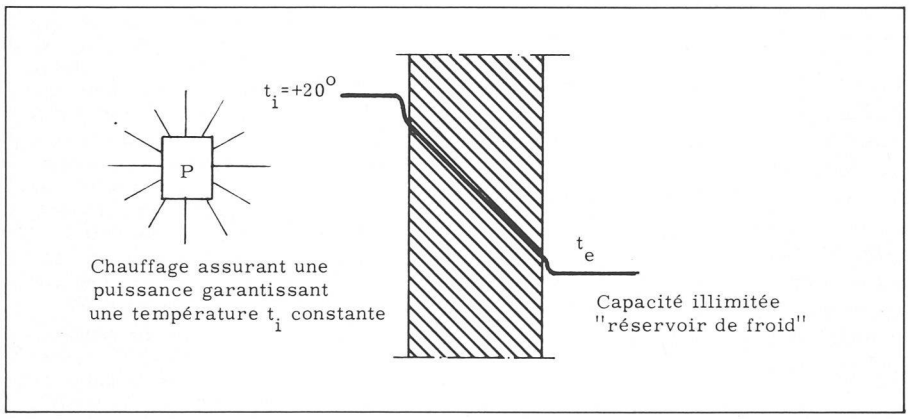

Fig. 19.

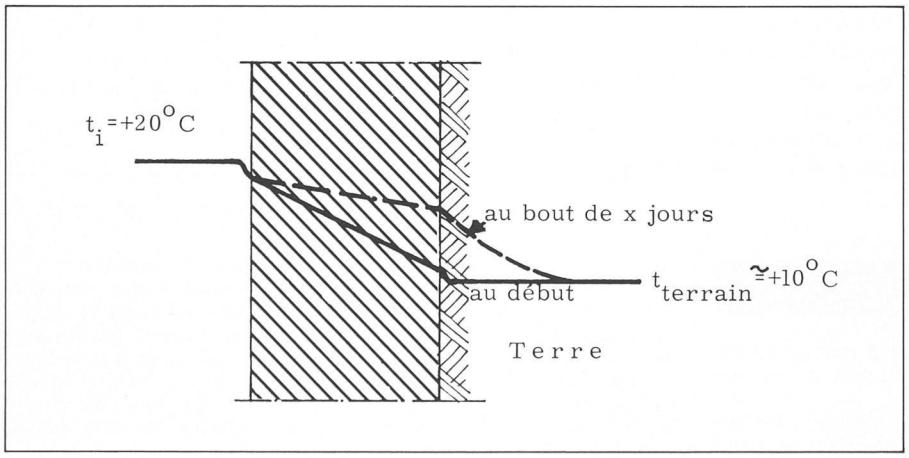

Fig. 20.

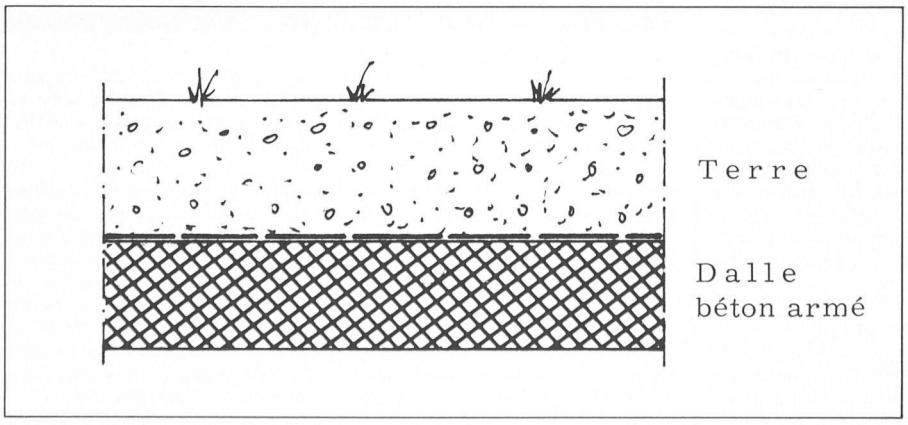

Fig. 21.

En hiver, et en mi-saison, il est donc intéressant de disposer d'une protection *intérieure*, par exemple un store à lamelles.
L'effet de serre ainsi créé à l'intérieur permet de réduire le chauffage.
En été par contre, une protection *extérieure* est indispensable si l'on veut conserver un minimum de fraîcheur relative aux locaux. Ces protections, jointes à l'action des voilages et rideaux, permettent d'améliorer substantiellement le coefficient K des fenêtres pendant la nuit, si l'on veut bien les utiliser.
On pourrait donc, comme en France, adopter un coefficient *k* moyen jour-nuit, tenant compte de la réduction des déperditions.

10. Les conditions aux limites

Le calcul du coefficient *k* se fait avec les hypothèses suivantes :

Conditions hivernales (fig. 19).
La condition extérieure n'est pas toujours réalisée, notamment en cas de *murs contre terre*. Dans ce cas, la condition à la limite est totalement différente (fig. 20).
A la place d'un « réservoir de froid » nous avons une « capacité thermique illimitée » !
Il semble qu'une isolation ne soit pas justifiée !

Note :
Il convient de soulever l'intérêt croissant pour la prise en considération de l'inertie thermique ainsi créée.
Les cas des *dalles-toitures chargées de terre* est semblable (fig. 21).

— k = ?
— une isolation thermique est-elle justifiée en hiver ?
— en été elle ne l'est sans doute pas !

Conditions estivales
Les conditions aux limites jouent un grand rôle pour les calculs concernant l'inertie thermique (fig. 22).
Les deux calculs donnent des résultats non comparables. Dans la plupart des cas la réalité est à chercher pour des conditions intermédiaires.

Peut-on encore parler de coefficient k pour les conditions estivales ?

11. La consommation annuelle d'énergie, le critère absolu

Comme nous l'avons dit dans la préface, le but recherché est d'économiser l'énergie, non de réaliser un coefficient *k* minimum pour l'enveloppe.
Cet exposé a énuméré certains aspects concernant l'enveloppe. Leur complexité ne permet pas facilement une mise en équation.

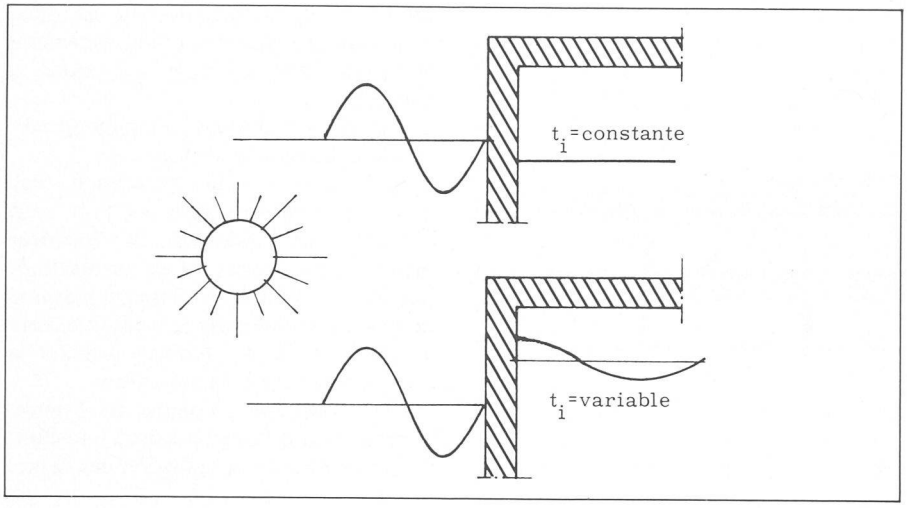

Fig. 22.

Il existe par contre un critère absolu, qui intègre tous les facteurs : c'est celui de la consommation annuelle d'énergie.
Seules des statistiques et l'étude des consommations des nouveaux immeubles « bien isolés » permettront de se faire une idée précise de ces questions.
Peut-être pourrons-nous une fois disposer d'un coefficient k correspondant aux consommations :

$$k_{\text{consom}} = ?$$

Note :
Il est cependant bien entendu que si l'on veut comparer des consommations, un coefficient volumique est indispensable.

12. La répartition des charges de chauffage, une tâche actuelle

Parmi les moyens destinés à motiver les gens pour économiser l'énergie, l'individualisation des charges est souvent citée. Actuellement, le calcul des paramètres de répartition se fait certainement en utilisant les coefficients k traditionnels.
Au vu de ce qui vient d'être exposé, il semble important de considérer également les autres facteurs, auxquels il conviendra d'ajouter l'isolation entre appartement et le taux de ventilation ! Comme on peut le deviner, la tâche ne sera pas facile.

13. Recommandations et conclusions

Le facteur k, dont on a montré les limites, sera sans doute utilisé encore longtemps. Cependant, si l'on veut réellement économiser l'énergie et construire des maisons ne présentant que peu de problèmes, une analyse plus complète est indispensable.
Notre connaissance des flux de chaleur dans une construction est cependant encore insuffisante.
Dans l'avenir, de nouveaux coefficients permettront sans doute de tenir compte de ces différents aspects.
En attendant, et compte tenu de l'outil que nous avons maintenant à disposition, nous proposons, comme unique recommandation, de calculer et d'indiquer avec chaque coefficient k, la valeur v de l'amortissement d'amplitude. L'expérience montrera vite qu'elles sont les valeurs maximum à ne pas dépasser.

Bibliographies

[1] *Contributions actuelles à la physique du bâtiment... des constructions en béton.* Séminaire nº 2, 31 octobre 1978, Lausanne. Société suisse des fabricants de ciment, chaux et gypse.

[2] U. Stähli : *Influence de l'inertie thermique sur la consommation de combustible sur le confort.* Société suisse des fabricants de ciment, chaux et gypse. (Traduction française à paraître.)

[3] Stähli-Bericht — Empa Nr. 35363 : *Einfluss des Bauweise auf Heizenergiebedarf und Behaglichkeit*, 1977.

[4] Aktuelle Beiträge zur Bauphysik... Seminar 3 — 26 März 1979, Zürich. O. Barde : *Thermische Isolation — Suche nach dem relevanten K-Wert.*

Adresse de l'auteur :
Olivier Barde, ing. dipl. EPF-SIA
Service conseil en isolation thermique
Boulevard des Promenades 4
1227 Carouge

Actualité

Association internationale des ponts et charpentes (AIPC)

L'Association internationale des ponts et charpentes (AIPC), présidée actuellement par le professeur B. Thürlimann de l'EPFZ, fête cette année ses cinquante ans d'existence. Pour commémorer cet événement, les journées d'étude annuelles de l'association se sont déroulées, les 20 et 21 septembre derniers, dans son pays d'origine, à Zurich. Cette manifestation a été couronnée de succès si l'on en juge par le nombre très important de participants et par la qualité, en général excellente, des exposés. Près de mille personnes se sont déplacées à Zurich, dont environ six cents étrangers venus de plus de quarante pays du globe. Signalons que l'AIPC compte actuellement 2800 membres qui représentent près de septante pays des cinq continents. Cette rencontre a donc permis d'innombrables et fructueux échanges entre collègues du monde entier.
Le thème du colloque a été volontairement choisi assez général, mais néanmoins passionnant : les ponts. Au cours de quatre séances de travail, les orateurs invités se sont exprimés sur de nombreux aspects de ce très vaste sujet. Après un historique de la construction des ponts, les conférenciers ont abordé tour à tour les étapes successives de la vie d'un ouvrage : idée initiale, projet, construction, performance, rénovation... Finalement, auteur de projet, entrepreneur et professeur ont été confrontés autour d'une table ronde pour une discussion libre sur les perspectives d'avenir.
La semaine précédant le colloque a été consacrée aux séances des organes officiels et groupes de travail de l'association. Mentionnons à ce sujet que l'AIPC contribue activement à l'évolution des connaissances dans divers domaines scientifiques et techniques. Elle apporte son soutien à de nombreuses manifestations et publie notamment *IABSE Periodica* qui paraît quatre fois par année. Ce dernier est un recueil d'articles et de rapports destinés avant tout aux ingénieurs de la pratique. Il constitue un précieux document de travail et de référence.
Le 22 septembre, une excursion de caractère technique et touristique a permis aux participants de gagner le Tessin par la ligne du Gothard, de franchir le San Bernardino en car, puis de rejoindre Zurich en train depuis Coire.

JD/Bx

Bibliographie

Ponts

Rapport du Colloque de Zurich 1979. — Volume 32, Rapport des commissions de travail, 216 pages, 170×240 mm, 120 illustrations. 17 exposés (3 en français, 5 en allemand, 9 en anglais), résumés en anglais, français et allemand. Prix : Fr. s. 57.— (membres AIPC : Fr. s. 38.—), + frais d'envoi. Publié par l'Association internationale des ponts et charpentes, ETH - Hönggerberg, CH - 8093 Zurich (1979).
Le rapport du colloque contient le texte intégral des dix-sept exposés présentés par des experts européens, nord-américains et japonais, lors du colloque AIPC sur les ponts, les 20-21 septembre 1979.
Les problèmes envisagés concernent l'évolution passée, les méthodes de projet et les processus de décision, les aspects esthétiques, les différentes formes de concours, le comportement au cours des années, l'entretien et la transformation des ponts. (Les problèmes du calcul statique ne sont pas traités.)
Les articles sont en français, allemand ou anglais avec résumés dans les trois langues.