

**Zeitschrift:** Ingénieurs et architectes suisses  
**Band:** 109 (1983)  
**Heft:** 4

**Artikel:** Fenêtres et isolation thermique  
**Autor:** Spörri, René  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-74924>

### **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:** 02.07.2025

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

# Fenêtres et isolation thermique

par René Spörri, Altstätten/SG

**D'une manière générale, on sait que les fenêtres sont des éléments qui constituent des points faibles sur le plan de la technique énergétique. Comme nous l'exposons ci-après, chacun peut néanmoins contribuer à économiser de l'énergie.**

## 1. Pertes thermiques par aération

Aujourd'hui, on parvient à réduire le renouvellement de l'air dans un local dont les fenêtres sont fermées moyennant la pose généralisée de joints d'étanchéité dans les battues. Pour des raisons propres à l'hygiène et à la physique du bâtiment, il est toutefois indispensable de garantir un certain renouvellement minimum de l'air dans un local, sans quoi l'humidité ambiante peut atteindre un niveau suffisant pour entraîner une formation d'eau de condensation sur les parties de construction imparfaitement isolées.

Malgré ces problèmes, il est judicieux — et même indispensable pour obtenir une bonne isolation acoustique — de réaliser des fenêtres offrant la meilleure herméticité possible. Le renouvellement de l'air doit s'opérer en fonction de l'usage ou de l'affectation du local. En hiver, il convient d'ouvrir complètement les fenêtres pendant 3 à 5 minutes au maximum (aération de choc). Les dispositifs d'aération permanente provoquent généralement un refroidissement important des éléments de construction disposés sur le pourtour de la fenêtre, ce qui favorise la formation d'eau de condensation et de moisissure.

## 2. Pertes thermiques par transmission

Lorsqu'il est question de pertes thermiques par transmission, la discussion se concentre généralement sur le choix du bon vitrage. Or, avec une construction moderne caractérisée par des éléments à large section, le cadre peut fréquemment représenter une part atteignant jusqu'à 40%. Il est donc parfaitement justifié d'accorder toute l'attention nécessaire au matériau du cadre. A cet égard, il est intéressant de relever que le bois — matériau traditionnel des fenêtres — ne craint nullement une comparaison avec des matériaux modernes (tableau 1).

Pour le vitrage, nous disposons de différents moyens pour atténuer la transmission de chaleur, à savoir:

- le matelas d'air (l'écartement idéal des vitres étant de 30-40 mm);
- des remplissages de gaz spécial en lieu et place d'air normal dans l'espace délimité par les vitres;

- des vitrages à vitres multiples (vitrages triples principalement);
- des pellicules réfléchissantes qui renvoient le rayonnement infrarouge à ondes longues émis à l'intérieur.

Pour des raisons techniques, il n'est pas possible de réaliser des vitrages isolants avec matelas d'air de 30-40 mm. Aujourd'hui, l'écartement usuel varie de 10-18 mm. Les remplissages spéciaux consistent généralement en des mélanges d'air et de gaz qui présentent un coefficient de conductibilité plus faible que celui de l'air normal. On utilise des gaz tels que CO<sub>2</sub>, argon, SF<sub>6</sub>.

Les vitrages isolants à vitres multiples sont déjà bien introduits en Suisse; on estime que 30-35% de tous les éléments fabriqués aujourd'hui le sont en version de vitrage isolant triple. Les couches réfléchissantes qui renvoient en particulier le rayonnement thermique à ondes longues émis par les objets chauds en tout genres (y compris les radiateurs), tout en empêchant autant que possible le passage du rayonnement solaire à ondes courtes, peuvent très sensiblement améliorer l'isolation thermique du vitrage. On parvient même maintenant à réaliser de pareilles pellicules de couleur pratiquement neutre et à minimiser une certaine réflexion du rayonnement à ondes courtes.

En appliquant et en optimisant les mesures susmentionnées, on est parvenu à réaliser des vitrages thermo-isolants présentant un coefficient  $k$  de l'ordre de 1,3-1,1 W/m<sup>2</sup> K. D'une manière générale, les vitrages isolants comportent cependant un inconvénient constitué par le pont thermique sur le périmètre du volume. Cela signifie qu'avec de petites surfaces vitrées (inférieures à 1,5 m<sup>2</sup>), et notamment avec des vitrages thermo-isolants, la transmission effective de chaleur est sensiblement plus importante que les valeurs officielles établies en laboratoire.

## 3. Gain thermique par rayonnement solaire

Selon l'orientation de la façade, les fenêtres sont des capteurs solaires bon marché et d'un fonctionnement sûr. Le verre offre en effet une faible résistance au rayonnement solaire à ondes courtes, mais il ne laisse pratiquement pas passer le rayonnement à ondes longues émis par les objets réchauffés. En l'occurrence, on parle d'« effet de serre ».

Ce sont surtout les surfaces vitrées orientées du sud-est au sud-ouest qui profitent de ce rayonnement. Selon le type de verre, l'épaisseur et le nombre des vitres ainsi que la présence éventuelle de couches réfléchissantes, l'énergie rayonnée à travers le vitrage peut varier considérablement. Le coefficient de passage énergétique global  $g$  (tableau 2) représente à cet égard un élément très intéressant.

Malheureusement, on pense souvent aujourd'hui qu'en raison du rayonnement énergétique incident sur la façade sud d'un immeuble, des vitrages doubles sont supérieurs en hiver à des vitrages thermo-isolants spéciaux. Il est certes vrai que le coefficient de passage énergétique global de pareils vitrages spéciaux est de 10 à 20% inférieur à celui de vitrages isolants traditionnels. Mais comme ces vitrages présentent un coefficient  $k$  sensiblement plus faible, le bilan thermique de vitrages thermo-isolants est finalement bien meilleur même pour des fenêtres orientées au sud.

En partant du coefficient  $k$  du verre, du coefficient de passage énergétique global  $g$  et du facteur d'exploitation solaire  $S$ , on cherche maintenant à calculer un coefficient  $k$  équivalent  $k_{eq}$  ( $= k_{verre} - g \times S$ ). Sur la base des dernières expériences réalisées, ce coefficient  $k_{eq}$  est celui qui devrait le plus se rapprocher du véritable coefficient de transmission de chaleur. Le tableau 2 précise les coefficients  $k_{eq}$  pour différentes orientations de façade et différents types de vitrages thermo-isolants.

## 4. Conclusions

Aujourd'hui, les fenêtres modernes sont généralement munies d'un joint d'étanchéité élastique supplémentaire dans la battue entre le vantail et le dormant. De cette manière, il est possible de réduire

TABLEAU 1: Coefficient  $k$  de différents matériaux utilisés pour les cadres de fenêtre

| Matériau                                     | Coefficient $k$ W/m <sup>2</sup> K |
|----------------------------------------------|------------------------------------|
| Aluminium non isolé                          | 5,5-5,8                            |
| Aluminium isolé thermiquement                | 2,4-3,2                            |
| Acier non isolé                              | 5,2-5,7                            |
| Acier isolé thermiquement                    | 2,4-3,0                            |
| Plastique (PVC) sans renforcement métallique | 1,7-2,0                            |
| Plastique (PVC) avec renforcement en acier   | 1,9-2,2                            |
| Bois épaisseur 74-54 mm                      | 1,5-1,8                            |



TABLEAU 2: Coefficient  $k$  équivalent en fonction de l'orientation de la façade. Attention: pour calculer les pertes thermiques en orientation sud, est et ouest, ces coefficients ne doivent s'utiliser qu'en l'absence d'ombre portée partielle ou totale sur la façade (par exemple en raison de la présence d'autres maisons, d'une forêt, etc.), sans quoi il convient de procéder à la calculation en utilisant le coefficient  $k_{eq}$  valable pour la façade nord.

| Structure                                | Exécution                                                                               | Coefficient $k$<br>W/m <sup>2</sup> K | Coefficient $g$<br>% | $k_{eq}$ pour façade orientée au |           |      |
|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|----------------------|----------------------------------|-----------|------|
|                                          |                                                                                         |                                       |                      | sud                              | est/ouest | nord |
| Vitrage isolant double<br>4/5/4 mm       | Remplissage d'air normal                                                                | 2,9                                   | 78                   | 1,03                             | 1,50      | 1,96 |
|                                          | Remplissage d'air spécial                                                               | 2,6                                   | 78                   | 0,73                             | 1,20      | 1,66 |
| Vitrage isolant triple<br>4/10/4/10/4 mm | Remplissage d'air normal                                                                | 2,1                                   | 73                   | 0,35                             | 0,79      | 1,22 |
|                                          | Remplissage d'air spécial                                                               | 1,8                                   | 73                   | 0,05                             | 0,49      | 0,92 |
| Vitrage isolant double<br>4/16/4 mm      | Pellicule réfléchissante « or » et remplissage d'air spécial                            | 1,5                                   | 57                   | 0,13                             | 0,47      | 0,82 |
| Vitrage isolant double<br>4/16/4 mm      | Pellicule réfléchissante « S <sub>n</sub> O <sub>2</sub> » et remplissage d'air spécial | 1,5                                   | 72                   | -0,23                            | 0,20      | 0,64 |
| Vitrage isolant double<br>4/14/4 mm      | Pellicule réfléchissante « argent » et remplissage d'air spécial                        | 1,3                                   | 61                   | -0,16                            | 0,20      | 0,57 |
| Vitrage isolant triple<br>4/10/4/10/4 mm | Pellicule réfléchissante « S <sub>n</sub> O <sub>2</sub> » et remplissage d'air spécial | 1,15                                  | 62                   | -0,34                            | 0,03      | 0,41 |

les pertes thermiques par aération au taux de renouvellement d'air nécessaire en fonction des impératifs de l'hygiène et de la physique du bâtiment. Il vaut mieux aérer volontairement que se contenter d'un renouvellement d'air incontrôlé par les battues non hermétiques des fenêtres.

A part le bois et le plastique qui sont des matériaux qui conviennent particulièrement bien pour réaliser le cadre, on dispose aujourd'hui de toute une série de vitrages thermo-isolants pour réduire les

pertes thermiques par transmission. Malgré le gain d'énergie solaire légèrement plus faible procuré par de pareils vitrages, leur bilan énergétique sur des façades orientées du sud-est au sud-ouest est néanmoins meilleur que celui de vitrages doubles traditionnels.

Etant donné le prix croissant de l'énergie, l'investissement supplémentaire consenti pour un meilleur vitrage s'amortit plus ou moins rapidement aussi bien pour des immeubles neufs que pour la modernisation de bâtiments

anciens. Comme les prix des vitrages thermo-isolants fluctuent beaucoup actuellement, il vaut la peine d'établir dans chaque cas un calcul de rentabilité correspondant.

Adresse de l'auteur:

René Spörri, responsable du département  
« Recherches et développements »  
Ego Kiefer SA  
9450 Altstätten/SG

## Industrie et technique

### Le Chemin de fer rhétique commande des locomotives à thyristors

Le Chemin de fer rhétique a commandé une nouvelle série de 13 locomotives à hautes performances à voie métrique Ge 4/4<sup>II</sup> à quatre essieux moteurs à la Société suisse pour la construction de locomotives et de machines (SLM), à Winterthur (partie

mécanique) et à SA Brown, Boveri & Cie (BBC), à Baden (partie électrique).

La puissance unihoraire de cette locomotive à thyristors est de 1700 kW à une vitesse de 52 km/h. La masse en ordre de service se situe autour de 50 tonnes. Afin de pouvoir remorquer en toute sécurité la charge exigée de 170 t sur une rampe de 45‰, les bogies sont équipés d'un dispositif à traction basse.



Locomotive à thyristors Bo'Bo' Ge 4/4<sup>II</sup> des Chemins de fer rhétiques.  
(Photo SLM)

Des cylindres pneumatiques d'égalisation compensent le moment résiduel, de sorte que les deux essieux d'un même bogie accusent toujours la même charge. Des moteurs de traction à excitation mixte contribuent de plus à atteindre une utilisation maximale de l'adhérence. Ils sont réglés de telle façon que le bogie arrière transmette un effort de traction plus grand en rapport avec des charges par essieu plus élevées.

La première série comprenant 10 locomotives à thyristors Ge 4/4<sup>II</sup> a été mise en service en 1973. Les bonnes expériences en exploitation réalisées depuis lors ont évidemment été déterminantes pour cette nouvelle commande.

Ce type de locomotive est très proche — caisse exceptée — des locomotives Ge 4/4<sup>III</sup> du chemin

de fer Furka-Oberalp (« Ingénieurs et architectes suisses », n° 12 du 10 juin 1982).

Cette commande annonce la mise hors service progressive des locomotives Ge 6/6 401-415 livrées de 1921 à 1929, les caractéristiques « petites crocodiles » à entraînement par bielles. Leur vitesse limitée à 55 km/h et leur faible puissance — selon les critères actuels — de même que des frais d'entretien croissants entraînent inéluctablement leur disparition du réseau grison, à l'exception d'une machine qui sera préservée. Si l'on peut le regretter en ce qui concerne le côté pittoresque, force est de relever que ce renouvellement s'inscrit dans un indispensable effort de rationalisation et d'amélioration des prestations offertes à la clientèle.

#### Caractéristiques comparées des Ge 4/4<sup>II</sup> et des Ge 6/6 401-415

|                                 | Ge 4/4 <sup>II</sup>        | Ge 6/6  |
|---------------------------------|-----------------------------|---------|
| Longueur hors-tout              | 12,96 m                     | 13,30 m |
| Disposition des essieux         | Bo'Bo'                      | C'C'    |
| Puissance unihoraire            | 1700 kW                     | 795 kW  |
| à                               | 52 km/h                     | 30 km/h |
| Effort de traction au démarrage | 178,5 kN                    | 215 kN  |
| Masse en service                | 50 t                        | 66 t    |
| Alimentation                    | 11 kV/16 <sup>2</sup> /3 Hz |         |
| Vitesse maximum                 | 90 km/h                     | 55 km/h |