

**Zeitschrift:** Ingénieurs et architectes suisses  
**Band:** 113 (1987)  
**Heft:** 19

**Artikel:** Critères de choix dans la construction des fenêtres  
**Autor:** Spörri, René  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-76419>

### **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:** 19.11.2024

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

# La fenêtre, un élément de construction en pleine évolution

par Jean-Bernard Gay, Lausanne

Si la fenêtre est un élément architectural important qui détermine l'aspect tant extérieur qu'intérieur d'une construction, elle a également une grande influence sur les besoins énergétiques du bâtiment. C'est pourquoi, depuis quelques années déjà, de nombreux projets de recherche se sont déroulés, tant en Suisse qu'à l'étranger, autour du thème général « Fenêtre et énergie ». Ces efforts ont débouché, en 1983, sur un programme international commun, organisé dans le cadre de l'Agence internationale de l'énergie (AIE) [1]. Ce programme, qui a réuni la Belgique, les Etats-Unis, la Hollande, l'Italie, la Norvège, la République fédérale d'Allemagne, le Royaume-Uni et la Suisse, vient de se terminer.

Nous présentons ici certains des résultats obtenus en Suisse, dans le cadre de ce projet ainsi que dans le cadre d'autres recherches récentes sur le même thème. Si ces articles donnent une bonne idée des préoccupations actuelles, ils ne couvrent toutefois qu'une partie d'un domaine beaucoup plus vaste. En effet, parallèlement à ces projets de recherche, un gros effort de développement a également été entrepris par l'industrie, et des progrès très sensibles ont été faits dans le domaine des verres (couches et films

sélectifs), des cadres, des façades (à très haute isolation, ventilées, etc.) ainsi que des installations techniques.

Les principaux résultats relatifs au projet AIE ont été publiés dans 12 rapports: cinq sur le plan national et sept sur le plan international; nous en donnons ci-dessous une liste complète [2-12]<sup>1</sup>.

La fin du projet AIE marque une étape. Le thème est toutefois loin d'en être épuisé et de nouveaux développements interviendront sans aucun doute au cours de ces prochaines années.

Adresse de l'auteur:

Jean-Bernard Gay  
Physicien EPFZ, Dr ès sciences  
EPFL-LESO  
1015 Lausanne

<sup>1</sup>Ces rapports peuvent être obtenus auprès de l'auteur.

## Critères de choix dans la construction des fenêtres

par René Spörri, Altstätten

**La fenêtre est et restera toujours un élément de construction complexe. Elle doit répondre à de nombreuses exigences: protection phonique et thermique, étanchéité à l'air et à l'eau, source d'air et de lumière pour le local, contact avec l'extérieur et protection de l'intimité, etc. Simultanément, cet élément est soumis à des sollicitations extrêmes de l'extérieur et de l'intérieur. Et par-dessus le marché, une fenêtre devrait demander un minimum d'entretien, voire pas du tout! Ce sont là des exigences que les matériaux et les techniques modernes ne peuvent remplir que partiellement, et en tout cas pas sans un entretien régulier.**

**Dans cet article, nous allons tenter de répondre aux deux questions suivantes: Quelles sont les caractéristiques de construction qui permettent le mieux de répondre à ces exigences? Quels sont les matériaux les mieux adaptés? Au travers de ces deux questions, nous tenterons de définir les critères de choix de la «fenêtre idéale».**

### Zusammenfassung

Das Fenster ist und bleibt ein komplexes Bauteil. Es muss die verschiedensten Anforderungen wie Schall- und Wärmeschutz, Luftdichtheit und Schlagregensicherheit, Belüftung und Belichtung eines Raumes, die Kommunikation nach aussen und die Wahrung der Intimsphäre und anderes mehr erfüllen. Gleichzeitig ist dieses Element – mindestens teilweise – extremsten Beanspruchungen von aussen und vermehrt auch von innen ausgesetzt. Bei all diesen Aufgaben soll es unterhaltsarm, besser noch unterhaltsfrei bleiben. Dies sind Vorstellungen, die schlechterdings selbst die modernsten Materialien und Konstruktionstechniken nur beschränkt und vor allen Dingen nicht ohne regelmässige Instandhaltung erfüllen können. Welche konstruktiven Merkmale machen ein Fenster für all diese Beanspruchungen geeignet? Welches Material wird vorzugsweise eingesetzt? Nachfolgend wird auf die wichtigsten Kriterien für die Wahl des «idealen Fensters» eingegangen.

En Suisse, du fait de la raréfaction des espaces constructibles, les planificateurs sont de plus en plus contraints d'accepter des emplacements à exposition peu favorable. De plus, l'augmentation de la hauteur des bâtiments fait que les fenêtres sont de plus en plus soumises à des conditions extrêmes. Dans ces conditions, les exigences minimales en matière d'étanchéité à l'air et à l'eau augmentent, et les aspects thermiques et phoniques deviennent de plus en plus importants. Afin de pouvoir faire face à toutes ces exigences, les fenêtres ont connu une évolution décisive au cours de ces quinze dernières années.

### L'étanchéité

La fenêtre est caractérisée par trois zones d'étanchéité, comme le montre la figure 1.

### Bibliographie

- [1] International Energy Agency: Energy conservation in buildings and community systems program, Annex XII « Windows and Fenestrations », 1983-1986.
- [2] « Fenêtres et systèmes de fenêtres » - Etat de la recherche et du développement, EPFL-LFEM, mai 1984.
- [3] Fenster - Energie - EDV, 2. Tagung, EMPA-EPFL, April 1986.
- [4] « Etudes de sensibilité » - Influence des fenêtres sur le bilan énergétique d'une construction, EPFL, décembre 1986.
- [5] « Einfluss der Haustechnik auf die Ausnützbarkeit der Wärmegewinne » - Parameterstudie im Rahmen des IEA-Projektes, Annex XII, EMPA, Dübendorf, Dezember 1986.
- [6] « The state-of-the-art in existing windows and new window designs » - A survey of eight countries, TNO, Delft, May 1986.
- [7] Building regulations, standards and codes concerning thermal and solar performance of windows, TNO, Delft, May 1986.
- [8] « Thermal transmission through windows » - Selected examples to illustrate the need for a more standardized approach, TNO, Delft (to be published).
- [9] Thermal and solar properties of windows, Part 1 for praticians, TNO, Delft (to be published).
- [10] Thermal and solar properties of windows, Part 2 for experts, TNO, Delft (to be published).
- [11] Calculation of seasonal heat loss and gains through windows - A comparison of some simplified models, TNO, Delft, May 1986.
- [12] Comparison of six simulation codes DEROB (FRG) PASSIM (CH) DYWON (NL) SERI-RES (CH) DOE-2 (USA) HELIOS-1 (CH) EMPA (January 1987)

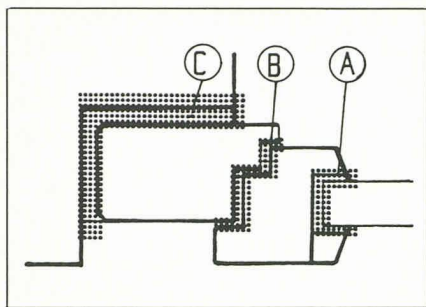


Fig. 1. — Zones d'étanchéité de la fenêtre.  
A: Entre le verre et l'ouvrant.  
B: Entre l'ouvrant et la partie fixe du cadre.  
C: Entre le cadre fixe et le gros œuvre.

#### Etanchéité entre le verre et l'ouvrant

Alors qu'autrefois l'espace compris entre le vitrage et l'ouvrant était complètement rempli de mastic, aujourd'hui on ménage des espaces vides entre le vitrage et l'ouvrant, le vitrage étant maintenu en position verticale par des cales. Horizontalement, les joints compris entre le verre et l'ouvrant servent à l'étanchéification, l'espace restant demeurant libre (fig. 2). Cet espace devrait pouvoir être ventilé, de la vapeur d'eau pouvant s'y condenser durant les jours les plus froids, après infiltration au travers des fentes ou diffusion dans le matériau. Afin de limiter la migration de la vapeur d'eau vers ces espaces, une étanchéité supplémentaire, entre la battue et l'ouvrant, devient nécessaire. Pour la même raison, il faut éviter de laisser subsister des inétanchéités aux raccords entre les battues. L'air doit pouvoir circuler tout autour du vitrage sans être bloqué par les cales.

#### Etanchéité entre l'ouvrant et le cadre fixe

Une construction moderne se caractérise par une zone de compensation des pressions, par une étanchéité centrale et par une feuillure destinée aux ferrures. Si l'on désire assurer une bonne étanchéité à l'eau, le plan d'étanchéité extérieur ne doit pas être étanche à l'air. Cette exigence, qui peut paraître paradoxale,

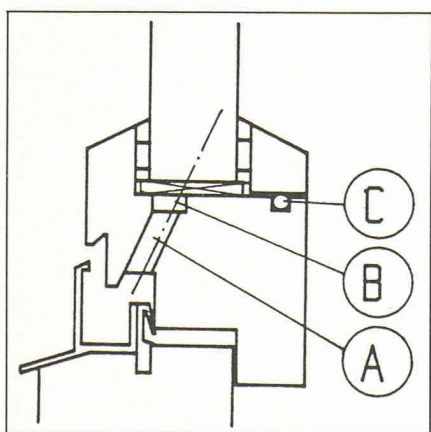


Fig. 2. — Espace ventilé entre le verre et le cadre.  
A: Ventilation du côté froid.  
B: Rainure continue de ventilation.  
C: Etanchéité de la battue.

s'explique toutefois simplement: l'eau de pluie qui s'accumule dans la rainure inférieure doit pouvoir sortir par les trous d'évacuation ménagés dans le cadre (fig. 3); cela n'est possible que si l'on arrive à un équilibre avec la pression extérieure, équilibre qui s'établit au travers du joint de décompression (B). Actuellement, on situe généralement le plan d'étanchéité au centre du cadre, cette manière de faire assurant une séparation nette entre la feuillure extérieure, soumise aux intempéries, et la feuillure intérieure, qui contient les ferrures.

On pourrait également envisager de situer le plan d'étanchéité principal du côté intérieur; on empêcherait ainsi l'air intérieur, chaud et humide, de pénétrer dans les parties froides des cadres. En procédant de la sorte, on créerait toutefois d'autres problèmes au niveau des ferrures, celles-ci interrompant alors localement le plan d'étanchéité. Une étanchéité située à l'intérieur n'est indiquée que si les exigences d'isolation phonique sont supérieures à 36 dB ou si l'humidité relative intérieure est très élevée.

La plupart des fenêtres actuelles comprennent des ferrures noyées dans la feuillure intérieure. Tous les modes d'ouvrants usuels (à la française, à imposte, à oscillo-battant, etc.) sont ainsi possibles. Les ferrures occupant une certaine place, il est nécessaire de prévoir des logements dans les cadres. Le recouvrement nécessaire entre l'ouvrant et le cadre, tout spécialement lorsque l'on recherche une bonne isolation phonique, est ainsi souvent réduit à 1-3 mm — espace faible qu'un léger tassement de la fenêtre peut encore faire disparaître. Par un fraisage spécial intérieur, on arrive toutefois actuellement à noyer les ferrures tout en garantissant un recouvrement de 5-6 mm.

La plupart des fenêtres actuelles comprennent des ferrures noyées dans la feuillure intérieure. Tous les modes d'ouvrants usuels (à la française, à imposte, à oscillo-battant, etc.) sont ainsi possibles. Les ferrures occupant une certaine place, il est nécessaire de prévoir des logements dans les cadres. Le recouvrement nécessaire entre l'ouvrant et le cadre, tout spécialement lorsque l'on recherche une bonne isolation phonique, est ainsi souvent réduit à 1-3 mm — espace faible qu'un léger tassement de la fenêtre peut encore faire disparaître. Par un fraisage spécial intérieur, on arrive toutefois actuellement à noyer les ferrures tout en garantissant un recouvrement de 5-6 mm.

#### Etanchéité entre la fenêtre et le gros œuvre

Le montage de fenêtres industrielles de haute qualité nécessite également un grand soin. Le joint entre le cadre fixe et

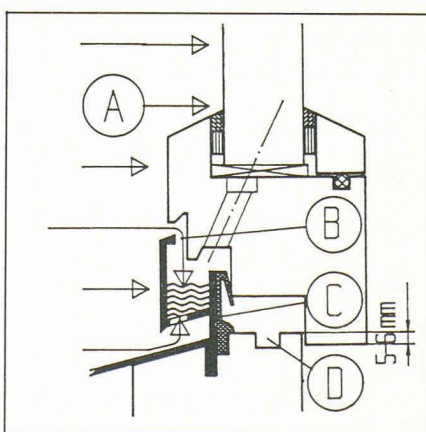


Fig. 3. — Evacuation de l'eau de pluie.  
A: Pression du vent.  
B: Joint de décompression.  
C: Etanchéité centrale.  
D: Rainure pour les fermants.

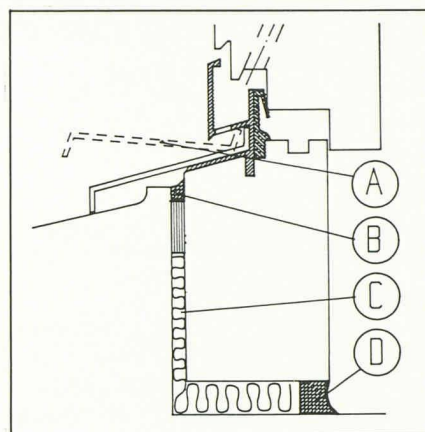


Fig. 4. — Fenêtre à renvoi d'eau mobile.  
A: Renvoi d'eau mobile.  
B: Etanchéité extérieure (cadre fixe - gros œuvre).  
C: Remplissage de l'espace vide (mousse PUR).  
D: Etanchéité intérieure (barrière de vapeur).

le gros œuvre doit être étanche à l'eau et résister aux intempéries. Une étanchéité continue et sans faille n'est réalisable que si le joint est facilement accessible, condition qui n'est pas toujours remplie lorsque le renvoi d'eau est prémonté sur le gros œuvre. Cela a conduit à la réalisation de renvois d'eau mobiles (fig. 4), qui peuvent être montés une fois l'étanchéité terminée. Un contrôle du joint d'étanchéité sous le renvoi d'eau devient ainsi possible.

Aujourd'hui, dans la majorité des cas, on utilise une mousse de polyuréthane pour combler les espaces vides entre les cadres et le gros œuvre. La très bonne adhésion de cette masse tant sur la brique que sur le cadre amène de nombreux monteurs à n'utiliser que ces mousses-là en guise de fixation. Ce matériau n'est toutefois pas prévu pour supporter, à long terme, de telles charges mécaniques. Une fixation mécanique directe demeure indispensable aux endroits les plus sollicités (près des charnières et des fermetures).

Dans un souci d'économie d'énergie, on a été amené à réaliser des enveloppes de plus en plus étanches, ce qui conduit à une augmentation de l'humidité relative intérieure si l'on n'aère pas suffisamment. L'étanchéité intérieure (entre le cadre et le gros œuvre) fait fonction de barrière de vapeur; elle devrait exister dans tous les cas et devient indispensable lorsque l'on a un échange d'air constant entre l'intérieur et l'extérieur (espaces climatisés).

#### Choix du matériau pour les cadres

Durant de très nombreuses années, le bois et le métal ont été en Suisse les deux matériaux dominants pour la fabrication des cadres. Aujourd'hui les plastiques sont devenus des concurrents sérieux, bien que, pour beaucoup de personnes, le plastique demeure un matériau mal connu, aux propriétés incertaines. Ces

craintes ne sont toutefois plus justifiées car on dispose aujourd'hui d'une expérience de près de vingt-cinq ans. Dès lors, on peut s'attendre à une utilisation accrue de cadres en matières synthétiques.

### Bois

Le bois demeure le matériau dominant, malgré deux défauts principaux :

- les mouvements de retrait et de gonflement sont relativement importants ;
- le bois doit être protégé contre les intempéries.

De ce fait les mesures suivantes devront être prises :

- Le bois sera protégé par un revêtement efficace.
- Dans la mesure du possible, la fenêtre sera protégée des intempéries directes, on évitera en particulier que des sections importantes du cadre ne soient par trop exposées.
- Durant le travail sur le chantier, les cadres en bois devront être protégés afin d'éviter des déformations. Pour cela, il faut l'application d'une deuxième couche de peinture avant l'arrivée de la fenêtre sur le chantier. L'épaisseur de la première couche de peinture ne devrait pas être inférieure à 50-60  $\mu\text{m}$ , respectivement à 30-40  $\mu\text{m}$  pour des vernis transparents.
- Les couleurs sombres absorbent plus fortement le rayonnement solaire ; les cadres foncés subiront donc de plus grandes contraintes mécaniques. On préférera de ce fait des cadres de couleurs claires.
- Les vernis transparents ont une durée de vie limitée, ils doivent de ce fait être renouvelés plus souvent. De plus, afin de protéger le bois contre les rayons UV, ces vernis devront être fortement pigmentés, ce qui aura l'inconvénient d'augmenter les contraintes mécaniques.
- Un entretien régulier des surfaces, tenant compte des sollicitations effectives, est indispensable.

Pour autant que l'on observe ces exigences, le bois demeure, par ses multiples avantages (matériau naturel, faible conductivité thermique, bonne résistance mécanique, facilité de transformation, prix avantageux), un matériau prédestiné à la fabrication de cadres de fenêtres.

### Métaux légers

Les métaux légers, en particulier l'aluminium, moyennant une protection appropriée (éloxage, thermolaquage), offrent de multiples possibilités. Leur conductivité thermique élevée impose toutefois des réalisations soignées, avec coupure des ponts thermiques (à l'aide de matériaux isolants synthétiques). Malgré ces précautions et à l'exception des systèmes sophistiqués et coûteux, les fenêtres en métal n'atteignent pas les performances

thermiques des fenêtres en bois ou en plastique.

Pour ces matériaux-là également une protection des surfaces est nécessaire, afin de les protéger des intempéries, chimiquement de plus en plus agressives. Les protections suivantes devront être appliquées :

Procédé	Épaisseur
Eloxage	15- 25 $\mu\text{m}$
Thermolaquage couvrant	40- 50 $\mu\text{m}$
Poudrage	80-100 $\mu\text{m}$

### Matières synthétiques

Pour la construction des fenêtres on utilise actuellement presque exclusivement du chlorure de polyvinyl (PVC) ou du polyuréthane (PUR), le PVC intervenant dans 95% des cas. Les principaux défauts de ces matériaux sont leur faible coefficient d'élasticité (= manque de rigidité) et leur coefficient de dilatation thermique élevé. Ces deux défauts peuvent être atténués par l'intégration de profils métalliques raidisseurs ; ces profils doivent toutefois être rendus solidaires du plastique. Les charnières et autres ferrures, fortement sollicitées, peuvent alors être ancrées directement dans les profils en acier.

Des surfaces colorées sont possibles. Et les procédés éprouvés depuis des années (coextrusion, vernissage) permettent d'obtenir d'autres teintes que le blanc.

### Combinaison de matériaux

La combinaison de matériaux ne se justifie que si les propriétés de l'un permettent d'atténuer les inconvénients d'un autre, par exemple l'utilisation combinée de bois et de métal permet d'atténuer la faible résistance du bois aux intempéries. Lors de l'assemblage, on devra toutefois tenir compte des propriétés physiques spécifiques de ces deux matériaux (dilatation, conductibilité thermique, etc.).

### Coûts

Le tableau en bas de page permet une comparaison des coûts ; pour les fenêtres en bois et en bois/métal les prix tiennent compte des peintures nécessaires.

### Entretien

Si tous les critères mentionnés sont pris en compte lors de la soumission, du choix, de la fabrication, et du montage, l'architecte et le maître de l'ouvrage reçoivent un produit de haute qualité.

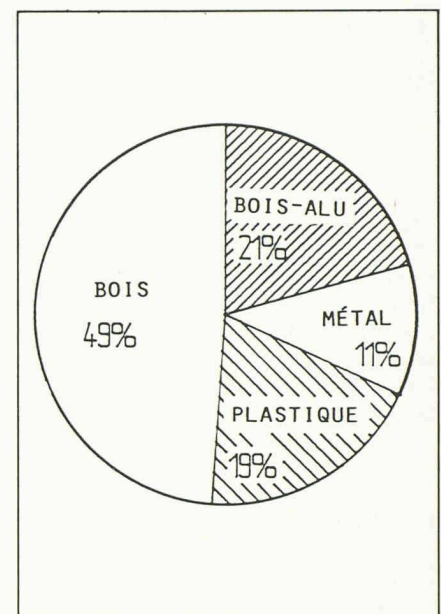


Fig. 5. — Répartition actuelle du marché par types de cadres (estimation pour le marché suisse en 1986).

Mais cela ne dispense pas des travaux d'entretien plus ou moins fréquents. La fréquence de ces travaux dépend aussi bien des exigences posées à la fenêtre que des sollicitations auxquelles elle est exposée (orientation, protection par avant-toits, etc.). Il n'existe pas de fenêtre ne nécessitant aucun entretien. Même des fenêtres en aluminium ou en matériaux synthétiques doivent être entretenues pour garder leurs performances pendant des dizaines d'années. Un contrôle régulier des profils et mastics d'étanchéité, le graissage et réglage des ferrures, le contrôle des raccords avec le gros œuvre sont des tâches régulièrement indispensables pour assurer le bon fonctionnement de la fenêtre. Il est malheureusement encore rare que l'on établisse des contrats d'entretien pour des fenêtres. Ce serait pourtant le moyen le plus sûr d'avoir les travaux nécessaires effectués au bon moment, garantissant ainsi à la fenêtre une grande durabilité.

### Adresse de l'auteur :

René Spörri  
 Chef du département de recherche  
 et développement  
 EgoKieffer SA  
 9450 Altstätten

Vitrages Cadres	Double isolant normal k = 2,9 W/m <sup>2</sup> K	Triple isolant normal k = 2,1 W/m <sup>2</sup> K	Double isolant sélectif k = 1,5 W/m <sup>2</sup> K
Bois	100%	108%	110%
Bois/aluminium	140-150%	151-162%	154-165%
Aluminium	180-190%	194-205%	198-209%
Plastique	110-120%	119-130%	121-132%