

**Zeitschrift:** Ingénieurs et architectes suisses

**Band:** 113 (1987)

**Heft:** 19

**Artikel:** Influence des installations techniques sur le bilan de la fenêtre

**Autor:** Püntener, Toni W. / Frank, Thomas

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-76423>

### **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:** 18.03.2025

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

culé avec une très bonne précision à partir du rayonnement global horizontal. Un modèle simplifié a été développé pour cela par le GRES à l'EPFL.

- L'autre facteur nécessaire au calcul des besoins en éclairage artificiel est le «facteur de lumière du jour» (FLJ) qui dépend des caractéristiques du local et de son environnement. Le programme «MECENA» développé par le GRES permet un calcul rapide de ce paramètre. Une étude plus détaillée nécessite évidemment que l'on tienne compte de la position des utilisateurs, ainsi que de la répartition souhaitée du niveau d'éclairage.

### 6.2 Types de vitrages

De par leurs performances énergétiques globales, les vitrages considérés peuvent être regroupés en trois catégories principales :

- les vitrages isolants doubles non traités
- les vitrages isolants doubles sélectifs, triples normaux et triples sélectifs
- les vitrages superisolants à films sélectifs (type HIT-S).

Il est intéressant de noter que les différences entre les catégories a et b sont du même ordre de grandeur que celles entre les catégories b et c, et cela quelles que soient la surface vitrée et son orientation.

- Il est en particulier intéressant de noter que les vitrages isolants doubles sélectifs et triples sélectifs conduisent à des bilans très voisins, le gain résultant de l'isolation supplémentaire étant compensé par la diminution de la transmission énergétique.
- L'utilisation de fenêtres à très hautes performances ( $k = 0,6$  [W/m<sup>2</sup> K]) permet, dans les conditions climatiques de Genève, d'aboutir à des bilans nets positifs quelle que soit l'orientation du vitrage. Le choix de la surface de fenêtre dépend alors essentiellement des besoins en éclairage naturel. Le problème principal cesse d'être le chauffage, mais peut être la surchauffe; aussi, avec de telles fenêtres, convient-il d'étudier tout spécialement les charges internes et le système de régulation, ainsi que les protections solaires estivales.

### 6.3 Utilisateur et confort

- De par son comportement (fluctuations de température admises, utilisation des protections solaires, ventilation), l'occupant a évidemment une influence directe sur les besoins en énergie. Pour les variantes considérées dans le cadre de cette étude, les différences relatives peuvent atteindre 23% des besoins globaux en énergie auxiliaire, dans le cas du séjour, et 35% dans celui du bureau.
- Pour des raisons de confort, on veillera à choisir des couches sélectives présentant une faible absorption au rayonnement visible.

#### Bibliographie

- [1] MOREL, N.: «PASSIM» — Mode d'emploi, GRES-EPFL, 1984.
- [2] GUISSAN, O.; INEICHEN, P.: «Données météorologiques de Genève: 1.1.80-31.12.81», GAP - Université de Genève, 1983.
- [3] WICK, B.: *Statistiques des consommations d'énergie des bâtiments en Suisse*, MSEE, 1984.
- [4] SAUGY, B.; BONNARD, D. et VUILLE, F.: «Consommation d'électricité des ménages», *Ingénieurs et architectes suisses*, octobre 1980, pp. 325-330.
- [5] FANGER, P.O.: *Thermal Comfort*, Krieger Publishing Company, 1982.
- [6] ERIKSSON, CH.; GAY, J.-B. et MOREL, N.: «Influence de la fenêtre sur le bilan énergétique d'une construction», GRES-EPFL, décembre 1986.
- [7] GAY, J.-B.; FRANK, T. et KELLER, B.: «Fenêtres et systèmes de fenêtres» — Rapport de synthèse 1983-1986 sur la participation suisse à l'annexe XII, EPFL, 1986.
- [8] FRANK, TH.; PUNTERER, T.W. et HUBER, R.: «Oberflächentemperaturen von besonnten Fensterglasscheiben und ihre Auswirkungen auf Raumklima und Komfort», EMPA-IBE, Juni 1986.
- [9] KELLER, B.; FRANCELET, P.-A. et ROULET, C.-A.: «Der Einfluss von hochisolierenden Fenster- und Fassadensystemen auf Raumklima und Energiebedarf», EPFL-Geilinger AG, 1985.

- Selon le type de vitrage considéré, on observe des températures de surface de la vitre intérieure très différentes, celles-ci ont une influence directe sur le confort ressenti par l'occupant. Alors que les vitrages doubles normaux peuvent provoquer en plein hiver des sen-

timents de froid, les vitrages sélectifs conduisent à des surchauffes à l'entre-saison: avec du triple vitrage sélectif on atteint des températures de 34°C en avril.

- Les verres sélectifs peuvent présenter des températures de surface élevées à l'entre-saison et en été. Il peut en résulter une situation inconfortable, tout spécialement avec des vitrages orientés à l'est et à l'ouest, une protection solaire efficace étant difficile à réaliser lorsque la hauteur du soleil est faible. Une solution simple et efficace consiste alors à monter le vitrage avec le verre sélectif à l'extérieur. Ce mode de faire diminue quelque peu les performances hivernales du vitrage, mais améliore très sensiblement le confort estival.
- Avec des vitrages de très bonne qualité, le confort hivernal peut être garanti sans que l'on soit contraint de placer une source de chaleur (radiateur ou convecteur) sous la fenêtre. Cela est possible pour autant que la valeur  $k$  du vitrage soit inférieure à 1,4 [W/m<sup>2</sup> K] et que la fenêtre soit étanche à l'air. Des résultats plus détaillés sur cette étude peuvent être trouvés dans les références [6] et [7].

#### Adresse des auteurs:

Jean-Bernard Gay  
Physicien EPFZ, D<sup>r</sup> ès sciences  
Nicolas Morel  
Physicien, D<sup>r</sup> ès sciences  
EPFL - GRES  
1015 Lausanne

## Influence des installations techniques sur le bilan de la fenêtre

par Toni W. Püntener et Thomas Frank, Dübendorf

**L'influence des installations techniques sur le bilan de la fenêtre a été étudiée dans le cadre du projet AIE «Windows and Fenestrations», au travers d'une étude paramétrique. Celle-ci a permis de mettre en évidence l'influence du type de chauffage, et de sa régulation, sur le coefficient d'utilisation des gains solaires et internes. Les résultats sont présentés sous la forme de «fonctions d'utilisations» qui peuvent servir de base à un modèle énergétique stationnaire.**

### Introduction

La fenêtre a une influence directe sur le bilan énergétique du bâtiment. Les facteurs qui influencent ce bilan sont toutefois multiples et, de plus, ils interagissent entre eux. De ce fait, le bilan de la fenêtre ne peut être dissocié de celui du reste du bâtiment. En plus de l'utilisateur, les installations techniques ont une grande influence: durant la période de chauffage, les gains solaires et internes doivent

### Zusammenfassung

Das Zusammenwirken von Fenster und Haustechnik wurde im Rahmen des IEA-Projektes «Windows and Fenestrations» mit einer Parameterstudie rechnerisch untersucht. Der Einfluss von Art, Regelung und Betriebsweise des Heizungssystems auf die Ausnutzbarkeit der Sonnenenergiegewinne durch Fensterflächen wird näher erläutert. Die Resultate werden in Form von Ausnutzungsfunktionen für ein stationäres Energiebilanzmodell dargestellt.

pouvoir contribuer au chauffage. Pour cela, la régulation du chauffage doit permettre d'absorber ces gains en limitant les risques de surchauffe. Dans le cadre du projet de l'AIE « Windows and Fenestrations », des études paramétriques ont été entreprises en vue d'évaluer l'influence des installations techniques. Ces études ont été faites à l'aide du programme de simulation « Helios 1 » [1]<sup>1</sup> développé au LFEM. Afin de rendre l'interprétation des résultats aussi simple que possible, on a utilisé une représentation du bilan énergétique semblable à celle adoptée dans le projet de norme SIA 380/1 « L'énergie dans le bâtiment » [2].

Selon cette représentation :

$$Q_H = Q_V - \eta Q_G$$

où :

$Q_H$  = besoins nets en chauffage

$Q_V$  = pertes brutes par transmission et ventilation

$Q_G$  = gains solaires et internes

$\eta$  = facteur d'utilisation des gains

Le facteur d'utilisation des gains donne la fraction des gains solaires et internes qui est effectivement utile au chauffage du bâtiment. Ce facteur doit donc permettre de tenir compte aussi bien de la dynamique du bâtiment (capacité de stockage de chaleur) que de la réponse du système de chauffage (régulation).

Dans une méthode mensuelle de calcul du bilan, la détermination d'un facteur d'utilisation s'effectue en trois étapes :

1. Calcul dynamique des besoins en chauffage en l'absence de tout gain de chaleur ( $Q_G = 0$ )  $\rightarrow Q_{H(0)}$
2. Calcul dynamique des besoins en chauffage  $Q_{Hb}$  en tenant compte des gains  $Q_G$
3. Calcul du facteur d'utilisation mensuel

$$\rightarrow \eta = \frac{Q_V - Q_H}{Q_G}$$

Comme, dans un calcul stationnaire, il n'est pas possible de tenir compte de l'influence du mode de fonctionnement du chauffage (arrêt nocturne du chauffage), ce paramètre est également inclus dans le facteur d'utilisation.

### Conditions aux limites

Le choix des conditions aux limites a une grande influence sur l'étude paramétrique : il agit directement sur les résultats. Dans le cas de cette étude, nous avons supposé des conditions aux limites adiabatiques, l'espace considéré étant en contact avec d'autres espaces à la même température. Le tableau 1 donne les principales conditions initiales, alors que le tableau 2 résume les paramètres étudiés.

### Influence du système de restitution de la chaleur

La quantité de chaleur transmise du radiateur au local dépend directement de

TABLEAU 1. — Caractéristiques du local considéré.

Surface de plancher :	30 [m <sup>2</sup> ]
Volume chauffé :	75 [m <sup>3</sup> ]
Renouvellement d'air :	0,5 [h <sup>-1</sup> ] (10 [h <sup>-1</sup> ] lorsque la température intérieure dépasse 26°C)
Construction :	massive (murs en briques, dalles en béton)
Surfaces extérieures :	murs : $k = 0,3$ [W/m <sup>2</sup> K] cadres de fenêtres : $k = 2,0$ [W/m <sup>2</sup> K]
Utilisation :	pièce de séjour
Charges internes :	8 - 18 h 100 W 18 - 22 h 400 W

TABLEAU 2. — Variantes considérées dans l'étude paramétrique.

Orientations :	sud et nord
Surfaces de fenêtres :	0-9 m <sup>2</sup> (0, 10, 20 et 30% de la surface de plancher)
Vitrages :	- isolant double normal ( $k = 3,1$ [W/m <sup>2</sup> K]) - isolant triple normal ( $k = 2,1$ [W/m <sup>2</sup> K]) - isolant triple sélectif ( $k = 1,4$ [W/m <sup>2</sup> K])
Climats :	- Genève, La Chaux-de-Fonds, Locarno, Zurich, Maugwil
Système de chauffage :	- 90/70°C (température aller/retour) - 60/45°C (température aller/retour) - 45/35°C (température aller/retour)
Régulation :	- par sonde intérieure - par sonde extérieure (selon courbe de chauffe) - sonde extérieure + mesure du rayonnement solaire
Mode de fonctionnement du chauffage :	- marche continue - réduction nocturne - arrêt nocturne

TABLEAU 3. — Effet autorégulateur des surfaces de chauffé en fonction de la température du radiateur et de la température de l'air.

Température ambiante [°C]	Fraction relative de chaleur délivrée [%]			
	Température de surface du radiateur [°C]			
	30	40	60	80
20	100	100	100	100
21	84	93	97	98
22	69	87	93	96
23	53	80	90	93
24	36	74	87	91

TABLEAU 4. — Besoins en chauffage du local considéré pour une orientation sud, dans les conditions climatiques de Genève (hiver 1980-1981) et pour différents modes de chauffage et de régulation.

Variante	Besoins en chauffage	
	[MJ/m <sup>2</sup> ]	[%]
- Système idéal réglé par une sonde intérieure	98	100
- Système 90/70 avec sonde extérieure (marche continue)	186	190
- Système 45/35 avec sonde extérieure (marche continue)	151	154
- Système 45/35 avec sonde extérieure et arrêt nocturne	122	124
- Système 45/35 avec sonde combinée (température + rayonnement) et arrêt nocturne	110	112

la différence de température entre la surface du radiateur et l'air de la pièce. Aussi, si l'air intérieur s'échauffe sous l'effet du rayonnement solaire incident, la chaleur délivrée par le radiateur sera-t-elle réduite, on a donc un effet d'auto-régulation. L'importance de cet effet dépend toutefois très fortement du système de chauffage, comme le montre le tableau 3.

Les systèmes à basse température présentent des propriétés d'auto-régulation bien meilleures que les systèmes à température plus élevée. Cela a un effet direct sur le facteur d'utilisation des gains solaires (voir fig. 1).

<sup>1</sup>Les chiffres entre crochets renvoient à la bibliographie en fin d'article.

### Influence de la régulation

Dans la plupart des installations actuelles, le système de régulation du chauffage agit généralement sur la température de départ de la chaudière, en fonction de la température extérieure. De plus cette température, généralement mesurée au nord, ne prend pas en compte les apports solaires. Une utilisation judicieuse des gains solaires n'est possible qu'avec une régulation fondée sur la température intérieure, comme le montre la figure 2. Pour autant qu'elles sont correctement placées et réglées, des vannes thermostatiques permettent toutefois d'arriver à un effet similaire.

### Influence du mode d'utilisation du chauffage

La masse thermique intérieure du bâtiment devrait permettre, par stockage et déstockage de la chaleur, d'utiliser au mieux les apports solaires. Selon le mode d'utilisation du chauffage on pourra soit augmenter, soit réduire cet effet. Dans la présente étude, les variantes ont été étudiées:

- marche continue (24 h sur 24)
- abaissement nocturne de la température
- arrêt du chauffage la nuit (sans réchauffage intensif le matin).

Un abaissement de la température, de même qu'un arrêt nocturne du chauffage sont possibles sans atténuation du confort, pour autant que le bâtiment est correctement isolé, le refroidissement interne des locaux ne dépassant pas alors 1 à 2 degrés. La figure 3 montre l'effet de ces modes de fonctionnement sur le facteur d'utilisation des gains.

Le mode d'utilisation du chauffage a un effet sensible même lorsque la régulation se fait par sonde extérieure. L'arrêt nocturne du chauffage est une mesure simple, qui devrait être généralisée dans tous les bâtiments bien isolés.

### Conclusion

Les fonctions d'utilisation sont un élément important des méthodes stationnaires du calcul des besoins en chauffage d'un bâtiment. Elles ne permettent toutefois pas de se faire une idée rapide de l'importance de ces besoins. Aussi le tableau 4 montre-t-il l'influence du système de chauffage et de sa régulation sur les besoins du local à gain direct considéré, lorsque celui-ci est orienté au sud (20% de surface relative de fenêtre avec un vitrage isolant double sélectif). L'exemple donné montre clairement l'influence déterminante des installations techniques sur les besoins effectifs de constructions solaires passives. Une planification soignée du système de chauffage et de sa régulation est alors un élément capital.

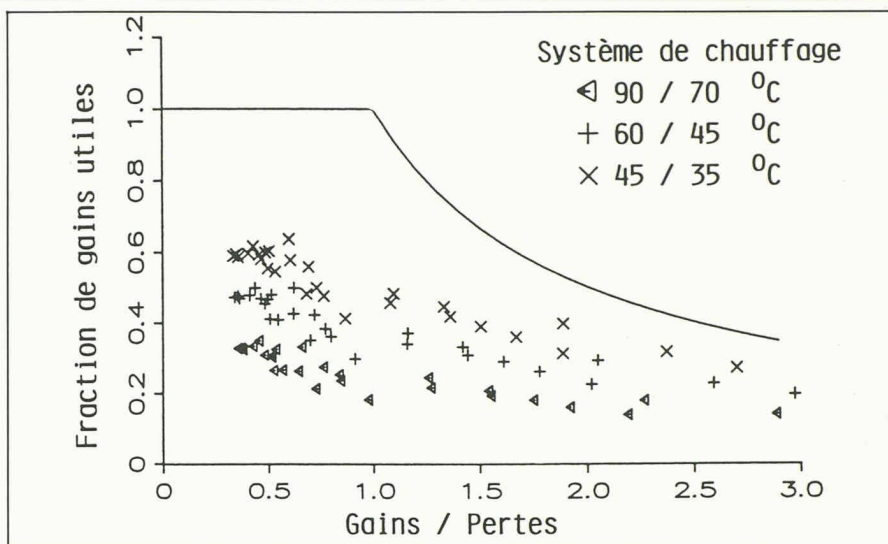


Fig. 1. — Facteur d'utilisation des gains de chaleur selon le système de chauffage.

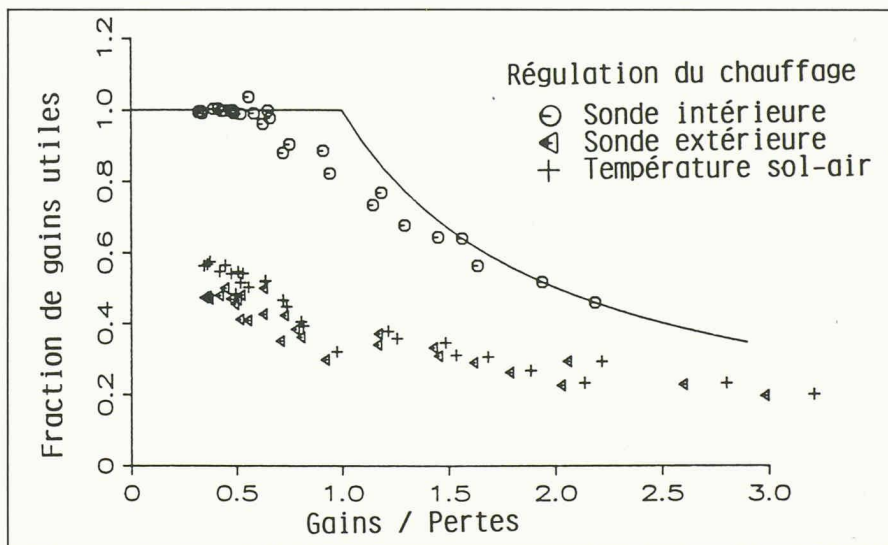


Fig. 2. — Facteur d'utilisation des gains de chaleur selon le mode de régulation (chauffage en mode continu).

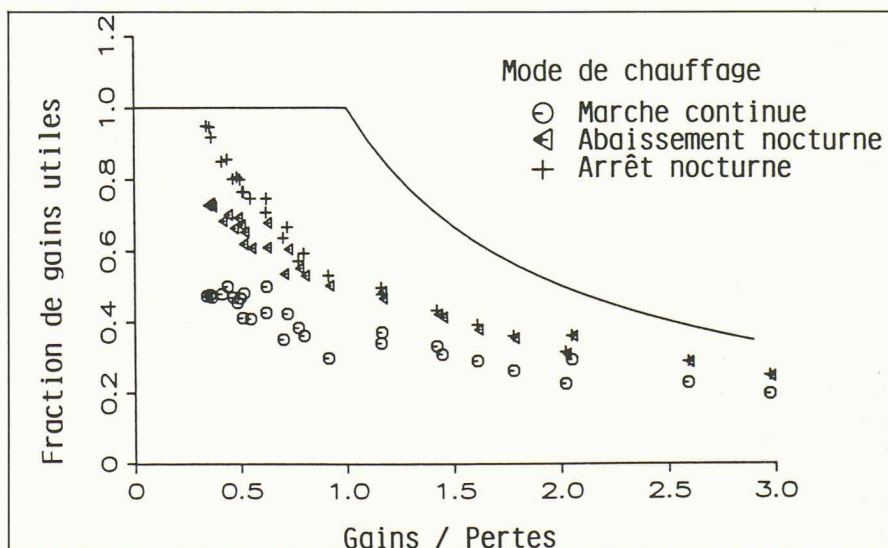


Fig. 3. — Facteur d'utilisation des gains de chaleur selon le mode de fonctionnement du chauffage (régulation par sonde extérieure).

#### Bibliographie

- [1] FRANK, TH.: «Helios 1» - Description du programme, LFEM, Dübendorf, 1982.
- [2] SIA V 380/1: «L'énergie dans le bâtiment», recommandation, 1985.

#### Adresse des auteurs:

Toni W. Püntener, ing. dipl. HLK  
Thomas Frank, ing. dipl. EPFZ  
LFEM - Groupe de physique  
du bâtiment  
8600 Dübendorf