

Fiche technique fenêtres

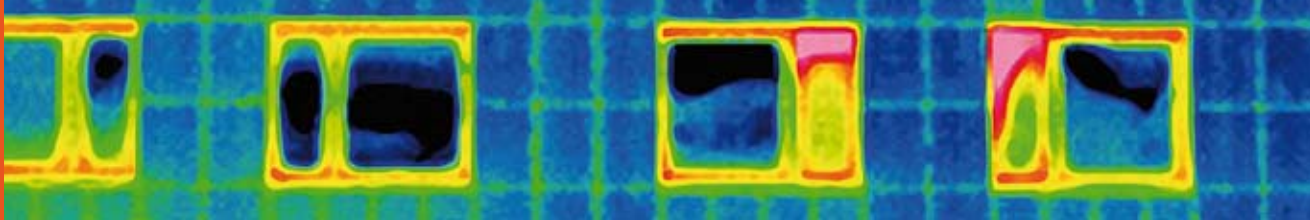
La fenêtre dans le justificatif énergétique



La fenêtre est un élément important de l'enveloppe d'un bâtiment. Son influence sur les besoins énergétiques, sur la protection thermique estivale et sur le confort est considérable. La présente fiche technique résume, pour un système de fenêtre, toutes les exigences ayant une influence sur les besoins de chaleur. Cette fiche technique est particulièrement utile pour prévoir des améliorations énergétiques dans des projets de construction ainsi que pour le justificatif énergétique.

Sommaire

| | Page |
|---|------|
| ■ Bases de détermination de la valeur U_w d'une fenêtre | 2 |
| ■ Justificatif par performances ponctuelles | 3 |
| ■ Justificatif par performance globale | 4 |
| ■ Montage d'une fenêtre | 7 |
| ■ Informations complémentaires | 8 |
| ■ Valeurs U_w des fenêtres (valeurs calculées) | 10 |
| ■ La fenêtre en tant qu'élément de l'enveloppe de bâtiment: recommandations | 14 |
| ■ Informations importantes | 16 |



Bases de détermination de la valeur U_w d'une fenêtre

Une fenêtre est une construction inhomogène dont les composantes présentent des propriétés isolantes différentes les unes des autres. Dans le calcul, les valeurs U du cadre et du vitrage sont intégrées proportionnellement à leur surface et l'effet du pont thermique des intercalaires est pris en compte par son coefficient de transmission thermique linéique.

Valeur U_g du vitrage

Le coefficient de transmission thermique d'un vitrage est désigné par l'abréviation U_g . Il doit être déclaré selon la norme EN 673. Les doubles vitrages thermiques usuels présentent une valeur de 1,1 W/m²/K, valeur qui s'abaisse jusqu'à 0,6 W/m²/K pour des triples vitrages. De meilleures valeurs sont possibles (voir tableau 6).

Valeur U_f du cadre de fenêtre

Le coefficient moyen de transmission thermique d'un cadre de fenêtre est désigné par l'abréviation U_f . Sa valeur dépend du matériau qui le compose et de la conception du profil. Pour déterminer la valeur U_f moyenne du cadre, se reporter à la norme SIA 331, annexe B.

Intercalaires (Ψ_g)

Le coefficient linéique de transmission thermique des intercalaires est désigné par l'abréviation Ψ_g . Les intercalaires sont fabriqués en acier inoxydable, en matière synthétique ou en aluminium, et la valeur du coefficient linéique varie en fonction du vitrage et du matériau utilisé pour le cadre.

Surface des fenêtres A_w

La surface des fenêtres A_w est constituée des vides réservés aux fenêtres dans les murs extérieurs et la toiture; ce qui correspond aux dimensions nettes de la fenêtre. Cette surface sert de grandeur de référence pour déterminer sa valeur U .

$$U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi_g \cdot l}{A_w}$$

| | | | |
|------------|---|-----------------|---------------|
| U, Ψ | = coefficient de transmission thermique | | |
| Dimensions | A = surfaces | l = longueurs | |
| Index | w = fenêtre | f = cadre | g = vitrage |

Tableau 1: Calcul de la valeur U_w

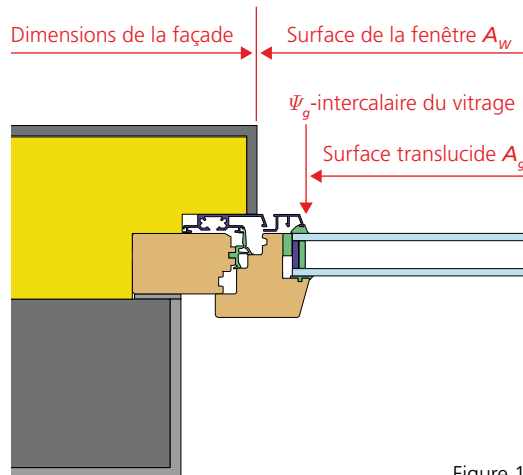


Figure 1

Procédure de justification

La norme SIA 380/1:2009 prévoit deux procédures de justification énergétique:

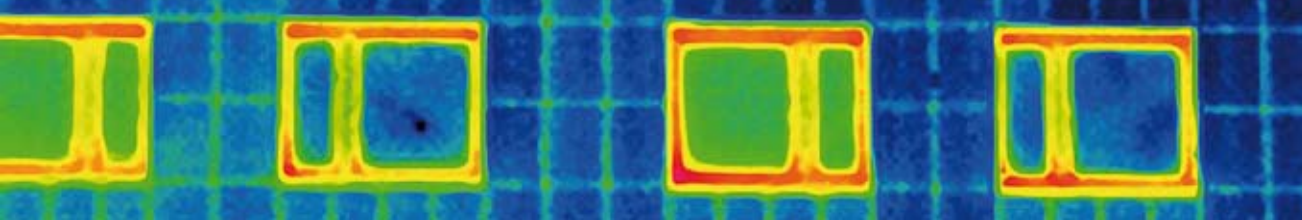
- la justification par performances ponctuelles, qui est une procédure simplifiée consistant à vérifier le respect des exigences ponctuelles de chaque élément de construction
- la justification par performance globale, qui porte sur le respect des exigences concernant les besoins limites de chaleur pour le chauffage $Q_{h,li}$ pour le bâtiment.

Taux de transmission d'énergie globale (g_{\perp})

La valeur g_{\perp} définit la part du rayonnement solaire qui traverse le vitrage. La valeur utilisée pour le vitrage est le taux de transmission d'énergie globale g_{\perp} d'un rayon tombant perpendiculairement au vitrage. Elle est déterminante pour évaluer un vitrage par rapport au bilan énergétique total. Il existe une multitude de produits aux valeurs g_{\perp} très variées.

Outil de calcul

Le calcul de la valeur U_w des fenêtres peut être effectué à l'aide de l'outil de calcul «fenêtre» de la Conférence des directeurs cantonaux de l'énergie, mis gratuitement à disposition sur le site www.endk.ch.



Justificatif par performances ponctuelles

Domaine d'application

Le justificatif par performances ponctuelles ne peut pas être utilisé :

- pour les façades rideaux
 - pour les vitrages avec protection solaire dont le taux de transmission d'énergie globale $g_{\perp} < 0,3$
- Façades rideaux: dans ces façades, la grandeur des vides réservés aux fenêtres – par conséquent leur surface – ne peut être définie, raison pour laquelle un justificatif par performances ponctuelles n'est pas accepté.

Calcul de la performance ponctuelle U_w d'une fenêtre

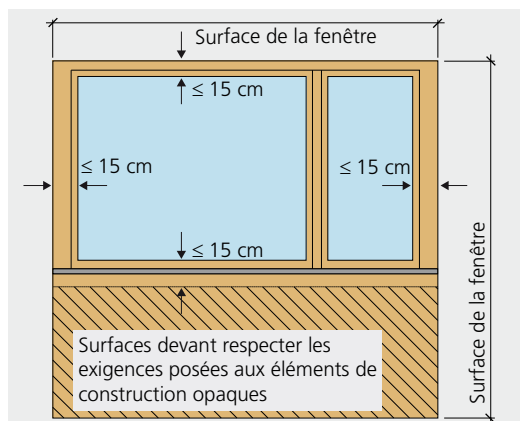
Pour le justificatif par performances ponctuelles, la valeur U_w est calculée sur la base d'une fenêtre normée à deux battants avec dimensions nettes de 1,55 m sur 1,15 m. La part de vitrage est fonction des dimensions spécifiques. Simplification: à défaut de justification des dimensions spécifiques, la part vitrée d'une fenêtre normée peut être fixée à 75 % et la longueur de l'intercalaire à 6,68 m.

Exemples

Une valeur $U_w \leq 1,3 \text{ W/m}^2\text{K}$ est possible avec :

- Un système de fenêtre avec 75 % de part vitrée: $U_g \leq 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$; $U_f \leq 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$; $\Psi_g \leq 0,045 \text{ W/mK}$
- Un système de fenêtre avec 75 % de part vitrée: $U_g \leq 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$; $U_f \leq 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$; $\Psi_g \leq 0,055 \text{ W/mK}$

Pour le justificatif par performances ponctuelles de la fenêtre, seul un cadre d'une largeur maximale de 15 cm est autorisé (figure 2). Tout ce qui dépasse cette largeur (cadre élargi, panneau) doit satisfaire aux exigences fixées pour les éléments de construction opaques ou pour les caissons de store, même si inclus dans les dimensions nettes de la fenêtre.



Valeur-limite U_{ii}

La norme SIA 380/1 définit les exigences thermiques imposées aux éléments constituant l'enveloppe thermique d'un bâtiment. Les valeurs limites applicables sont celles fixées en fonction des catégories d'ouvrages, pour une température ambiante standard (θ_i) de 20 °C. Si la température ambiante du bâtiment ou d'une partie de bâtiment s'écarte de 20 °C, les valeurs limites U_{ii} sont adaptées. Un degré d'écart entraîne une diminution ou une augmentation de la valeur limite de 5 %.

Exemples de corrections de U_{ii}

- Catégorie d'ouvrage: industrie ($\theta_i = 18^\circ\text{C}$) U_{ii} de 1,3 W/m²K sera augmentée de 10 %, U_{ii} applicable à l'industrie = 1,43 W/m²K, arrondie à 1,4 W/m²K
- Catégorie d'ouvrage: piscine couverte ($\theta_i = 28^\circ\text{C}$) U_{ii} de 1,3 W/m²K sera diminuée de 40 %, U_{ii} applicable à une piscine couverte = 0,78 W/m²K, arrondie à 0,8 W/m²K

Caissons de store

Les caissons de store ne sont pas intégrés dans le calcul de la valeur U_w d'une fenêtre, mais considérés comme éléments de construction séparés. Leur valeur limite U_{ii} est de 0,5 W/m²K.

Fenêtres et justificatif de la part d'énergies non renouvelables

Lorsque ce justificatif se réfère à l'une des solutions standard prévoyant une isolation thermique renforcée, la valeur U_{ii} de la fenêtre est de 1,0 W/m²K.

Exemple

La valeur $U_w \leq 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ peut être atteinte comme suit :

- Système de fenêtre avec part vitrée = 75 % : $U_g \leq 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$; $U_f \leq 1,4 \text{ W/m}^2\text{K}$; $\Psi_g \leq 0,045 \text{ W/mK}$

Fenêtres, portes-fenêtres et portes

| | |
|----------------------------|------------------------|
| Contre extérieur | 1,3 W/m ² K |
| Contre locaux non chauffés | 1,6 W/m ² K |

Avec corps de chauffe en applique

| | |
|----------------------------|------------------------|
| Contre extérieur | 1,0 W/m ² K |
| Contre locaux non chauffés | 1,3 W/m ² K |

Deux voies s'offrent pour la justification – le justificatif par performances ponctuelles ou celui par performance globale (page 4).

Tableau 2: Valeurs limites U_{ii} pour fenêtres, portes-fenêtres et portes selon la norme SIA 380/1

Figure 2: Fenêtre et éléments de construction adjacents

Justificatif par performance globale

Dans le calcul des besoins de chaleur pour le chauffage, les caractéristiques d'isolation thermique des fenêtres (déperditions de chaleur) ainsi que les gains solaires qu'elles permettent sont pris en compte.

La norme SIA 380/1:2009 définit différentes valeurs de calcul et les conditions d'utilisation de celles-ci.

Valeurs de calcul des gains solaires

Les valeurs de calcul sont des valeurs spécifiques relatives à des conditions définies permettant de simplifier le calcul des besoins de chaleur pour le chauffage. Pour le calcul des gains solaires par les fenêtres, les valeurs suivantes sont déterminantes:

- Taux de transmission d'énergie globale
- Quote-part vitrée des fenêtres
- Facteur d'ombrage dû à l'effet des ombres permanentes.

Taux de transmission d'énergie globale g_{\perp}

Selon la norme SIA 380/1, 3.5.4.10, les valeurs de calcul à utiliser sont celles mentionnées dans le tableau 3. L'utilisation de meilleures valeurs doit être justifiée. Attention: des valeurs g_{\perp} plus basses peuvent apparaître en fonction du nombre de verres, de leur épaisseur, de leur qualité et des revêtements dont ils sont pourvus. Dans le justificatif par performance globale, la valeur g_{\perp} est multipliée par le facteur 0,9 (pour compenser l'angle d'incidence et les salissures).

| Genre de vitrage | | Valeur g_{\perp} |
|------------------|-------------------|--------------------|
| 2-VI | Verre transparent | 0,75 |
| 2-VI-IR | Verre isolant | 0,55 |
| 3-VI | Verre transparent | 0,70 |
| 3-VI-IR | Verre isolant | 0,45 |

Tableau 3: Taux de transmission d'énergie globale

Quote-part vitrée des fenêtres F_F

L'importance des gains solaires est directement liée à la surface du vitrage A_g (surface translucide). Cette surface est fonction de la quote-part vitrée des fenêtres F_F , définie par le rapport entre la surface du vitrage A_g et la surface de la fenêtre A_w . Par mesure de simplification, un facteur de 0,7 peut être utilisé. Un facteur $F_F \geq 0,7$ doit être justifié sur la base de plans détaillés.

Facteur d'ombrage dû à l'effet des ombres permanentes F_S

Ce facteur d'ombrage intègre la diminution du rayonnement solaire due à la topographie du lieu, aux autres constructions environnantes et à des éléments fixes du bâtiment concerné (balcons, etc.). Ce facteur de réduction se compose de trois facteurs partiels (voir tableau 4). Les valeurs de calcul F_{S1} , F_{S2} et F_{S3} sont définies dans les tableaux 18 à 20 de la norme SIA 380/1, 3.5.4.12. Si le projet présente des angles plus grands que ceux figurant dans les tableaux, il est possible d'utiliser l'angle maximal mentionné dans le tableau. Le facteur d'ombrage de fenêtres contre des locaux non chauffés ou contre des locaux contigus chauffés ou refroidis est égal à zéro. Ceci est aussi valable contre les vérandas et les atriiums.

| | |
|--|--|
| F_{S1} | Facteur de réduction dû à l'horizon |
| F_{S2} | Facteur de réduction dû à un surplomb |
| F_{S3} | Facteur de réduction dû à un écran latéral |
| $F_S = F_{S1} \cdot F_{S2} \cdot F_{S3}$ | |

Tableau 4: Facteur d'ombrage dû à l'effet des ombres permanentes

■ **Facteur de réduction dû à l'horizon F_{S1}**

Le facteur de réduction dû à l'horizon prend en compte l'effet des ombres permanentes dues à la présence de bâtiments voisins et à la topographie du lieu; il est défini pour chaque façade. L'angle de l'horizon α se rapporte au milieu de la façade concernée.

En l'absence d'un justificatif spécifique, les valeurs suivantes sont à utiliser pour déterminer le facteur F_{S1} :

■ Lorsque les prescriptions de zone autorisent la construction de bâtiments de trois étages ou plus à proximité du bâtiment concerné, ou que des bâtiments plus hauts que celui-ci existent déjà: angle horizontal $\alpha = 30^\circ$.

■ Dans les autres cas: angle horizontal $\alpha = 20^\circ$
Ces valeurs doivent être utilisées sauf s'il est possible de prouver que d'autres s'imposent.

La figure 3 montre à l'aide de 2 situations l'effet de la hauteur et de la distance d'un bâtiment sur le facteur F_{S1} . L'ombre produite par le bâtiment lui-même doit aussi être prise en compte (voir l'illustration 4).

du plan de mesure de l'enveloppe thermique d'un bâtiment de la norme SIA 416/1, 2.3.4 (voir l'illustration 7).

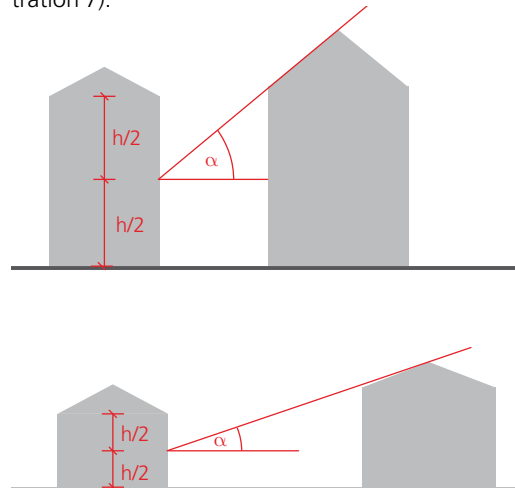


Figure 3: Coupe

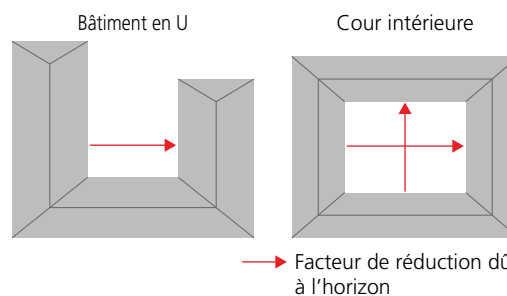


Figure 4: Vue de dessus

■ **Facteur de réduction dû à un surplomb F_{S2}**

Le facteur de réduction dû à un surplomb prend en compte l'effet des ombres permanentes due aux éléments saillants de la façade. Il doit être déterminé fenêtre par fenêtre et se rapporte chaque fois au milieu de la fenêtre (voir l'illustration 5). Les dalles de balcon ou les avant-toits représentent un exemple typique de surplomb. Concernant l'ombre portée sur la fenêtre, il faut également tenir compte de la position de la fenêtre dans l'épaisseur de la paroi extérieure: l'ombre doit être intégrée dans le calcul dès que la profondeur de l'embrasure dépasse 30 cm. Cette exigence découle de la définition du plan de mesure de l'enveloppe thermique d'un bâtiment donnée dans la norme SIA 416/1, 2.3.4.

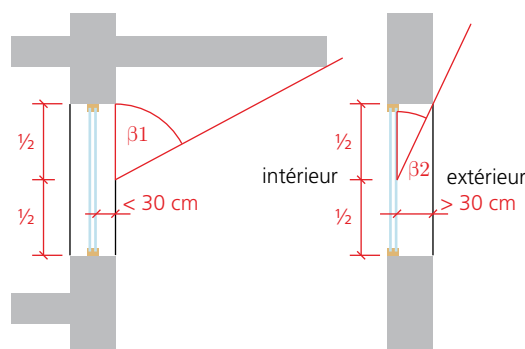


Figure 5: Coupe

■ **Facteur de réduction dû à un écran latéral F_{S3}**

Le facteur de réduction dû à un écran latéral prend en compte l'effet des ombres permanentes des écrans latéraux. Il doit être déterminé fenêtre par fenêtre et il se rapporte chaque fois au milieu de la fenêtre (voir l'illustration 6). Si des écrans dirigés vers le sud existent des deux côtés, les valeurs doivent être multipliées entre elles. Exemple typique d'utilisation de ce facteur: balcons en retrait ou retraits de façade. Tout comme pour le facteur concernant les surplombs, l'ombre doit être intégrée dans le calcul dès que la profondeur de l'embrasure dépasse 30 cm, selon la définition

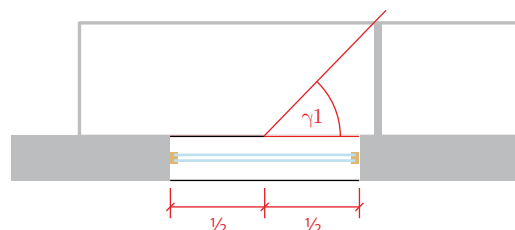


Figure 6: Plan

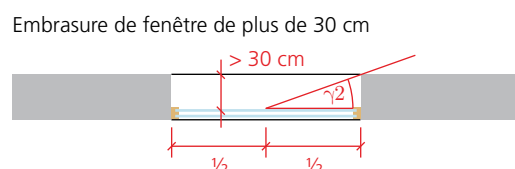


Figure 7: Plan



Tableau 5:
Facteur de réduction dû à l'écran latéral F_{s3} provoqué par l'embrasure: le tableau ci-contre compare différents cas de figure. Pour la fenêtre sud, les deux valeurs de calcul sont déjà multipliées.

| Profondeur d'embrasure | Largeur de fenêtre | | | | | | | | |
|------------------------|--------------------|-----------|------|--------|-----------|------|--------|-----------|------|
| | 0,80 m | | | 1,50 m | | | 2,20 m | | |
| | Sud | Est/Ouest | Nord | Sud | Est/Ouest | Nord | Sud | Est/Ouest | Nord |
| 0,30 m | 0,62 | 0,88 | 1,00 | 0,85 | 0,94 | 1,00 | 0,88 | 0,96 | 1,00 |
| 0,60 m | 0,31 | 0,77 | 1,00 | 0,59 | 0,87 | 1,00 | 0,77 | 0,92 | 1,00 |

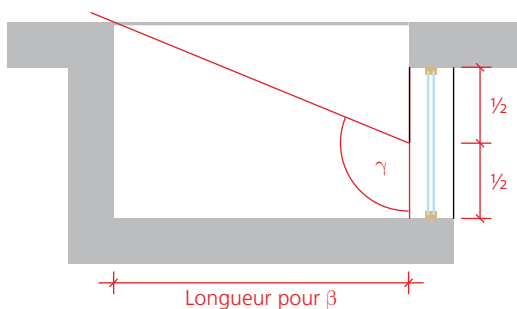
Facteurs de réduction applicables aux fenêtres en retrait du plan principal de la façade:

pour des loggias ou des balcons en retrait, le surplomb F_{s2} et l'écran latéral F_{s3} doivent être pris en compte pour chaque fenêtre (voir l'illustration 8).

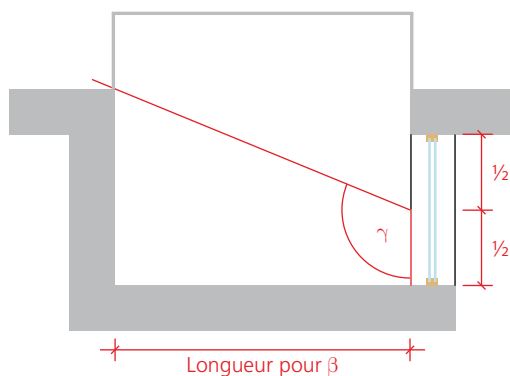
Ombrage sur des surfaces vitrées dû à des éléments fixes placés à l'extérieur:

si le rayonnement solaire est entravé par des ombrages fixes, le taux de transmission d'énergie globale doit être réduit en conséquence (protection contre les chutes devant des portes de balcon, lamelles en bois plaquées devant une surface vitrée, etc.).

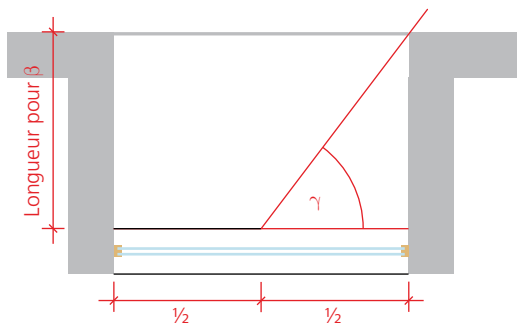
Loggia; fenêtre latérale; vue en plan



Balcon, fenêtre latérale, vue en plan



Loggia; fenêtre intérieure, vue en plan



Balcon; fenêtre intérieure, vue en plan

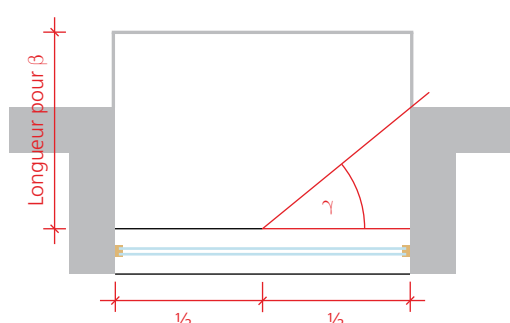


Figure 8: Vues en plan

Montage d'une fenêtre

Installation optimisée

- L'installation d'une fenêtre exige qu'une grande attention soit portée à la planification et à l'exécution de la construction.
- La norme SIA 380/1 demande que les ponts thermiques soient pris en compte. Pour un justificatif par performances ponctuelles, procédure normale, la valeur limite de 0,10 W/mK doit être respectée pour l'appui (se référer à la «Check-list des ponts thermiques» des cantons).
- Un emplacement inadéquat peut grandement diminuer les avantages offerts par la qualité du vitrage et le cadre de fenêtre.

Ponts thermiques

Les ponts thermiques sont des parties de l'enveloppe du bâtiment dont la résistance thermique est significativement plus faible que celle d'une surface extérieure ininterrompue. Ils sont souvent responsables d'une augmentation des pertes thermiques, aussi est-il conseillé d'atténuer dans la mesure du possible leurs effets au moyen de mesures constructives. S'il n'est pas possible d'éliminer le pont thermique à l'appui de la fenêtre (c'est-à-dire à la jonction entre la fenêtre et la paroi externe), on peut en revanche en diminuer les conséquences.

Influence de l'appui de fenêtre sur la valeur Ψ_w

La valeur Ψ_w de l'appui de fenêtre est influencée par:

- La valeur U de la paroi extérieure adjacente et du cadre de la fenêtre
- La qualité du raccord

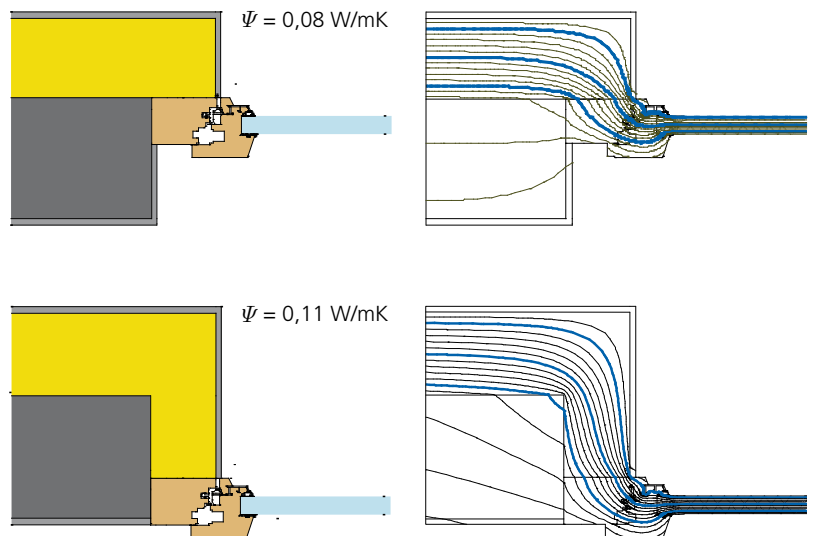


Figure 9: Exemples de montage de cadre de fenêtre sur une façade extérieure et influence sur le pont thermique, en fonction du genre d'appui. Les valeurs se réfèrent à une valeur U_f du cadre = 1,40 W/m²K.

- La profondeur et l'épaisseur d'isolation de l'embrasure

Pour limiter les déperditions thermiques, le cadre de fenêtre doit être installé au niveau de l'isolation périphérique de la façade. L'isolation doit recouvrir le mieux possible le cadre fixe de la fenêtre (voir l'illustration 9).



Informations complémentaires

Fenêtres en toiture: dans le justificatif par performances ponctuelles, les fenêtres en toiture sont prises en compte avec leur dimension normée, soit $1,14 \text{ m} \cdot 1,40 \text{ m}$ (dimensions extérieures); le calcul est effectué pour une fenêtre à simple battant. La valeur U_w indiquée par les fabricants, obtenue par test ou par calcul, se réfère à une fenêtre normée. Les fenêtres de toiture sont des points énergétiquement faibles dans une toiture bien isolée. Il est important que des fenêtres à faible valeur U_w soit utilisées. Les raccords à la structure de la toiture doivent faire l'objet d'une attention particulière (isolation, étanchéité à l'air).

Coupoles translucides: les coupoles translucides existent en modèles pourvus de deux, trois ou quatre épaisseurs de verre, pour des valeurs U comprises entre 1,5 et 2,5 $\text{W/m}^2\text{K}$. Lorsque la valeur limite de 1,3 $\text{W/m}^2\text{K}$ exigée par les performances ponctuelles ne peut pas être respectée, le justificatif par performance globale est requis.

Verre profilé: le verre profilé existe en différentes qualités. En double paroi, sa valeur U est de l'ordre de 2,8 $\text{W/m}^2\text{K}$, pour un taux de transmission d'énergie globale de 0,68. L'isolation thermique peut être améliorée au moyen des mesures suivantes:

- Ajout d'un revêtement en surface ($U = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g_{\perp} = 0,60$)
- Ajout d'un revêtement en surface et remplissage des espaces intermédiaires par un isolant thermique transparent ($U = 1,1 \text{ W/m}^2\text{K}$, $g_{\perp} = 0,30$).

Brique en verre: les briques de verre sont des éléments de construction translucides. Elles sont toutefois considérées comme des éléments opaques pour le justificatif énergétique. Leur valeur U est comprise entre 3,2 et 3,5 $\text{W/m}^2\text{K}$. Un justificatif par performance ponctuelle n'est donc pas autorisé lorsque des briques de verre sont utilisées.

Façade rideau: la façade rideau est un système global composé d'éléments de construction formant une enveloppe légère et ininterrompue ancrée au corps du bâtiment. Les éléments de construction qui la composent sont verticaux et horizontaux, reliés entre eux et pourvus d'éléments de remplissage. Si elle remplit toutes les fonctions usuelles d'une paroi extérieure, de manière autonome ou en lien avec le corps du bâtiment, la façade rideau ne contribue toutefois pas aux propriétés de portance du corps du bâtiment. Elle est le plus souvent fabriquée en métal, en bois ou en matériaux synthétiques. Un système complet peut également intégrer des mesures de protection solaire, d'utilisation active de l'énergie solaire, avec leurs dispositifs d'entraînement et/ou de contrôle.

Confort thermique hivernal: en hiver, le confort thermique ne dépend pas uniquement de la température intérieure, mais aussi des températures de surface des éléments de construction qui délimitent les locaux, et donc de l'isolation thermique de l'enveloppe. Les exigences concernant le confort thermique hivernal sont données dans la norme SIA 180:1999, «Isolation thermique et protection contre l'humidité dans les bâtiments».

Courants d'air froid: au contact de la surface froide d'une fenêtre, l'air contenu dans un local se refroidit et chute. Selon la température de la surface du vitrage et sa hauteur, la vitesse de descente de l'air peut atteindre des valeurs qui dépassent la limite de perception d'un courant d'air à une température intérieure déterminée. La vitesse de l'air influe alors négativement sur la possibilité de rester près de la fenêtre. La vitesse de l'air est utilisée comme grandeur d'évaluation. Elle est très fortement influencée par la hauteur et par la valeur U de la fenêtre. La vitesse de l'air déterminante est celle mesurée dans la zone de travail, c'est-à-dire à un mètre environ de la paroi

Termes techniques décrivant les fenêtres

Dormant: cadre entourant une fenêtre qui assure la liaison de la fenêtre avec le corps du bâtiment.

Battant: partie de la fenêtre reliée au dormant de manière mobile.

Genre de fenêtre: définit comment la fenêtre est divisée et comment elle s'ouvre par exemple à simple ou double battant

Elargissement du cadre: élargissement du dormant de la fenêtre, installé le plus souvent près du caisson du store, mais pouvant également être situé sous la fenêtre ou de côté.

Traverse intermédiaire: partie du cadre qui divise horizontalement la surface d'une fenêtre.

Montant intermédiaire: partie du cadre qui divise verticalement la surface d'une fenêtre.

extérieure. En présence de baies vitrées ou de hautes fenêtres, une vérification approfondie des courants d'air froid doit avoir lieu. Dans ce cas, il est recommandé d'employer des triples vitrages ainsi que des cadres avec une valeur U_f basse.

Protection thermique estivale: l'augmentation des besoins en matière de confort, mais aussi l'augmentation des températures extérieures rendent la protection thermique en été indispensable. Pour les nouvelles constructions ou les transformations, la valeur de protection solaire g doit être respectée (ceci est aussi valable pour les fenêtres en toiture). Pour les locaux refroidis ou ceux pour lesquels un rafraîchissement est nécessaire ou souhaité, il faut en plus respecter les exigences concernant le contrôle et la résistance au vent de la protection solaire et son asservissement au rayonnement solaire global, au moins par façade complète. La confirmation des mesures prises fait partie du justificatif énergétique (se référer aux aides à l'exécution des cantons).

Systèmes de protection solaire: le but premier d'un système de protection solaire est de protéger les locaux d'une chaleur excessive due au rayonnement solaire. Pour les places de travail, des exigences supplémentaires existent concernant par exemple la protection fonctionnelle contre l'éblouissement. En cas de rayonnement direct, il est important que la lumière naturelle, disponible en abondance, soit utilisée. Pour les façades très ombrées, il est préférable d'opter pour un contrôle par étage plutôt qu'un contrôle par façade.

Vitrages avec protection solaire: les vitrages avec protection solaire sont des vitrages isolant dotés d'un revêtement spécial qui permet d'obtenir une basse valeur g_1 . Le justificatif par performances ponctuelles n'est pas autorisé si le taux de transmission énergétique globale est inférieur à 0,3.

Bâtiments fortement vitrés: les bâtiments comportant de larges surfaces vitrées doivent offrir un confort thermique été comme hiver, tout en réduisant autant que possible les besoins de chaleur en hiver et les besoins de rafraîchissement en été. Ce sujet est traité de manière détaillée dans le cahier technique SIA 2021:2002 «Bâtiments vitrés – Confort et efficacité énergétique» et dans

la documentation D 0176 (uniquement en allemand) sur le même sujet.

Utilisation de l'énergie solaire: orienter au sud un maximum de fenêtres permet de diminuer les besoins en chaleur de chauffage et donc la consommation d'énergie. Toutefois, si ces fenêtres sont à l'ombre en hiver, il est alors préférable, du point de vue de l'utilisation de l'énergie solaire, d'opter pour une orientation à l'est ou à l'ouest.

Fenêtres du module MINERGIE®: les fenêtres MINERGIE® présentent une valeur globale $U_w \leq 1,0 \text{ W/m}^2\text{K}$. Elles garantissent non seulement des économies d'énergie, mais aussi un grand confort thermique.

Pour plus d'informations, consulter le site www.minergie.ch.

Les spécialistes – constructeurs de fenêtres ou menuisiers par exemple – offrent également de bons produits.

Voici les critères importants à observer lors du choix:

- Triple vitrage: $U_g \leq 0,70 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Intercalaires en acier inoxydable ou mieux
- Part vitrée la plus élevée possible
- Lors de la mise en place, étanchéité à garantir par des professionnels
- Lors de l'assainissement des éléments adjacents, les embrasures doivent être isolées.

Exécution: s'il est important que les données correctes soient mentionnées dans le justificatif énergétique, il est encore plus important de raporter ces valeurs dans l'appel d'offres et de les vérifier lors de l'exécution des travaux.

Par exemple: la norme SIA 331:2008 «Fenêtres et portes-fenêtres» fixe le marquage des éléments de vitrage isolant. Voici les données qui doivent figurer sur les intercalaires:

- Fabricant
- Date de fabrication et/ou numéro de production
- Matériau utilisé pour les intercalaires, pour autant que ceux-ci soient thermiquement améliorés
- Indications permettant de déterminer la valeur U_g et la valeur g_1 – données techniques du revêtement, grandeur de l'espace intercalaire et type de gaz de remplissage.

Valeurs U_w des fenêtres (valeurs de calcul)

Justificatif par performances ponctuelles des fenêtres

Pour le justificatif par performances ponctuelles des fenêtres, la valeur U_w déterminante est celle rapportée à une fenêtre normée (à double battant, format: 1,55 m sur 1,15 m) en fonction du genre de vitrage et cadre projetés. Le tableau ci-dessous contient les valeurs U valables pour des fenêtres normées composées de 25 % de cadre et dont les intercalaires, d'une longueur de 6,68 m, sont en acier inoxydable $\Psi_g = 0,06$ W/mK.

| Valeur U_w pour fenêtres normées | | | | | | | | | | |
|-------------------------------------|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|-----|-----|-----|-----|
| U_g vitrage en W/m ² K | U_f cadre en W/m ² K | | | | | | | | | |
| | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,0 | 2,2 | 2,5 | 2,8 |
| 2,9 | 2,6 | 2,6 | 2,7 | 2,7 | 2,8 | 2,8 | 2,9 | 2,9 | 3,0 | 3,1 |
| 2,6 | 2,4 | 2,4 | 2,5 | 2,5 | 2,6 | 2,6 | 2,7 | 2,7 | 2,8 | 2,9 |
| 2,3 | 2,1 | 2,2 | 2,2 | 2,3 | 2,3 | 2,4 | 2,4 | 2,5 | 2,6 | 2,6 |
| 2,1 | 2,0 | 2,0 | 2,1 | 2,1 | 2,2 | 2,2 | 2,3 | 2,3 | 2,4 | 2,5 |
| 2,0 | 1,9 | 2,0 | 2,0 | 2,1 | 2,1 | 2,2 | 2,2 | 2,3 | 2,3 | 2,4 |
| 1,9 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 2,0 | 2,1 | 2,1 | 2,2 | 2,3 | 2,3 |
| 1,8 | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 2,0 | 2,1 | 2,1 | 2,2 | 2,3 |
| 1,7 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 2,0 | 2,1 | 2,2 |
| 1,6 | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 1,9 | 2,0 | 2,0 | 2,1 |
| 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 2,0 | 2,0 |
| 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 1,8 | 1,9 | 2,0 |
| 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,8 | 1,9 |
| 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,6 | 1,7 | 1,7 | 1,8 |
| 1,1 | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,7 | 1,7 |
| 1,0 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,5 | 1,6 | 1,7 |
| 0,9 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,5 | 1,6 |
| 0,8 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,3 | 1,4 | 1,4 | 1,5 |
| 0,7 | 0,95 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,4 | 1,4 |
| 0,6 | 0,87 | 0,92 | 0,97 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,2 | 1,3 | 1,4 |
| 0,5 | 0,80 | 0,85 | 0,90 | 0,95 | 1,0 | 1,0 | 1,1 | 1,1 | 1,2 | 1,3 |

Tableau 6: Valeurs U_w de fenêtres normées en fonction du cadre et du vitrage. Les fenêtres énergétiquement performantes sont celles dont la valeur U_w est égale ou inférieure à 1,0. Ce devrait être l'objectif à atteindre.

■ Valeurs respectant les exigences contre locaux non chauffés

■ Valeurs respectant les exigences contre l'extérieur

En gras: valeurs excellentes pour fenêtre



| Valeur U_g du vitrage | | | | | |
|-------------------------|------------------------------|---------------|---|-------|---------|
| Vitrage | Type (revêtement) | Dimensions mm | Valeur U du vitrage selon EN-673; U_g en W/m ² K | | |
| | | | Air | Argon | Krypton |
| double | IR-E5 | 4-10-4 | 1,9 | 1,5 | 1,1 |
| | | 4-12-4 | 1,7 | 1,3 | 1,1 |
| | | 4-14-4 | 1,5 | 1,2 | 1,2 |
| | | 4-16-4 | 1,4 | 1,2 | 1,2 |
| | | 4-20-4 | 1,5 | 1,2 | 1,2 |
| | IR-E3 | 4-10-4 | 1,8 | 1,5 | 1,0 |
| | | 4-12-4 | 1,6 | 1,3 | 1,1 |
| | | 4-14-4 | 1,5 | 1,2 | 1,1 |
| | | 4-16-4 | 1,4 | 1,1 | 1,1 |
| | | 4-20-4 | 1,4 | 1,2 | 1,1 |
| triple | IR-E5 (2 couches sélectives) | 4-6-6-6-4 | 1,6 | 1,3 | 0,9 |
| | | 4-8-6-8-4 | 1,3 | 1,0 | 0,7 |
| | | 4-10-6-10-4 | 1,1 | 0,9 | 0,6 |
| | | 4-12-6-12-4 | 1,0 | 0,8 | 0,5 |
| | IR-E3 (2 couches sélectives) | 4-6-6-6-4 | 1,6 | 1,2 | 0,8 |
| | | 4-8-6-8-4 | 1,3 | 1,0 | 0,7 |
| | | 4-10-6-10-4 | 1,1 | 0,8 | 0,6 |
| | | 4-12-6-12-4 | 0,9 | 0,7 | 0,5 |

Tableau 7: Valeurs U_g des vitrages. Taux de remplissage du gaz: 90 % selon norme EN-673.

■ Éléments de vitrage conseillés

Valeurs U_f du cadre

En l'absence d'indications certifiées pour la valeur U du cadre, appliquer les valeurs du tableau 8.

| Valeurs de calcul de U_f pour cadres | |
|--|-----------------------------|
| Matériau du cadre | U_f en W/m ² K |
| Bois/bois-métal | 1,8 |
| Plastique | 2,2 |
| Profil de liaison isolé | 2,8 |

Tableau 8: Valeurs de calcul U_f pour cadres selon SIA D 0176

Valeur Ψ_g de vitrages avec intercalaire thermique amélioré (acier inoxydable, synthétique)

| Matériau du cadre | Valeur Ψ_g en W/mK | |
|---|---|---|
| | Double ou triple vitrage sans film sélectif $U_g = 1,9$ à $3,0$ W/m ² K | Double ou triple vitrage avec film sélectif $U_g = 0,5$ à $1,8$ W/m ² K |
| Bois ou PVC | 0,05 | 0,06 |
| Métallique avec rupture de ponts thermiques | 0,06 | 0,08 |
| Métallique sans rupture de ponts thermiques | 0,01 | 0,04 |

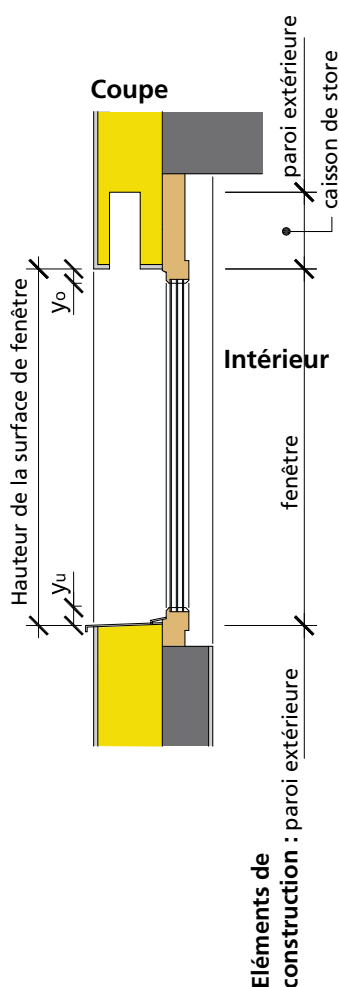
Valeur Ψ_g de vitrages avec intercalaire en aluminium

| Matériau du cadre | Valeur Ψ_g en W/mK | |
|---|---|---|
| | Double ou triple vitrage sans film sélectif $U_g = 1,9$ à $3,0$ W/m ² K | Double ou triple vitrage avec film sélectif $U_g = 0,5$ à $1,8$ W/m ² K |
| Bois ou PVC | 0,06 | 0,08 |
| Métallique avec rupture de ponts thermiques | 0,08 | 0,11 |
| Métallique sans rupture de ponts thermiques | 0,02 | 0,05 |

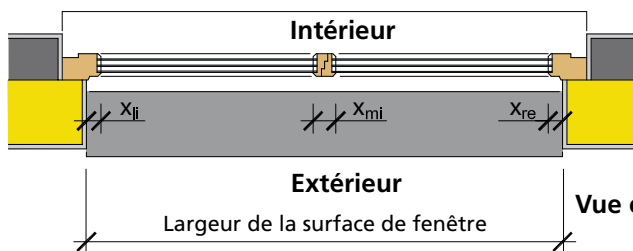
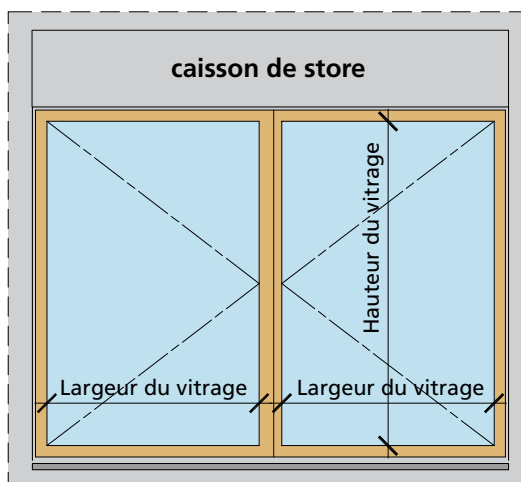
Tableaux 9 et 10:
En l'absence de valeur Ψ_g certifiée pour les intercalaires, appliquer les valeurs des tableaux 9 et 10.
Source: EN-ISO 10077-1: 2006, annexe E.

■ Intercalaire conseillé

Remarque: Le terme «surface des fenêtres» a le même sens que les mots «surface des vides réservés aux fenêtres dans les murs extérieurs et la toiture» mentionnés dans la norme SIA 380/1



Vue



Éléments de construction

Figure 10: Largeur et hauteur du vitrage (surface translucide).
 x_{ji} , x_{re} : part latérale du cadre pris en compte (de l'embrasure de la fenêtre au vitrage)
 x_{mi} : largeur de la partie centrale
 y_o : part supérieure du cadre prise en compte (du dessous de l'appui de fenêtre au vitrage)
 y_u : part inférieure du cadre prise en compte (du dessus de la tablette de fenêtre au vitrage)

| Méthode de calcul de la valeur U_w des fenêtres pour performance globale | | | Etapas de calcul | |
|--|-----------------------------------|--------------------------------------|----------------------|----------------------------|
| Cadre | | | | |
| Matériau | bois-alu | $A_f = 1,40 \times 0,05 \times 1 =$ | | 0,07 m ² |
| Fabrication | Thermoframe SA | $1,40 \times 0,18 \times 1 =$ | | 0,252 m ² |
| Valeur U_f du cadre | $U_f = 1,2 \text{ W/m}^2\text{K}$ | $1,81 \times 0,05 \times 2 =$ | | 0,181 m ² |
| Surface de projection du vitrage | $A_f = 0,72 \text{ m}^2$ | $1,81 \times 0,12 \times 1 =$ | | 0,217 m ² |
| | | | | 0,72 m² |
| Vitrage | | | | |
| Désignation du vitrage | 3-VI | | | |
| Fournisseur | Thermo1a | | | |
| Remplissage entre verres | Argon | $A_g = 0,59 \times 1,81 \times 2 =$ | | 2,136 m² |
| Valeur U_g du vitrage | $U_g = 0,7 \text{ W/m}^2\text{K}$ | | | |
| Surface de projection du vitrage | $A_g = 2,14 \text{ m}^2$ | | | |
| Intercalaire | | | | |
| Matériau, désignation | Thermo+ | | | |
| Fabrication | Entreprise XX | | | |
| Coefficient de transmission thermique | $\Psi_g = 0,04 \text{ W/mK}$ | $l = 0,59 \times 4 = 2,36 \text{ m}$ | | |
| Longueur totale de l'intercalaire | $l = 9,6 \text{ m}$ | $1,81 \times 4 = 7,24 \text{ m}$ | | 9,60 m |
| Surface de projection de la fenêtre | $A_w = 2,86 \text{ m}^2$ | | $1,40 \times 2,04 =$ | 2,86 m² |

$$U_w = \frac{U_f \cdot A_f + U_g \cdot A_g + \Psi_g \cdot l}{A_w} = \frac{1,2 \cdot 0,72 + 0,7 \cdot 2,14 + 0,04 \cdot 9,6}{2,86} = 0,96 \text{ W/m}^2\text{K}$$

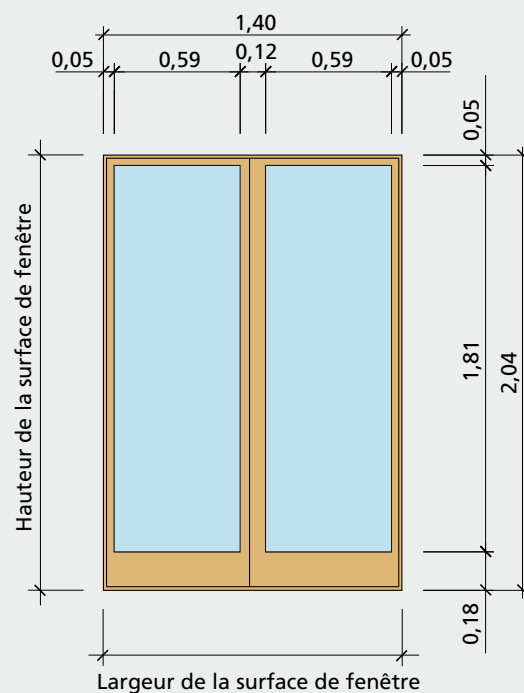


Figure 11: Plan coté servant de base au calcul pour performance globale (avec dimensions spécifiques de la fenêtre)

La fenêtre en tant qu'élément de l'enveloppe de bâtiment: recommandations

Une fenêtre permet l'utilisation de la lumière naturelle, un renouvellement sporadique de l'air des locaux; elle offre en outre un lien avec l'espace extérieur. Si elle joue un rôle important pour l'hygiène au sens global, elle revêt également une importance majeure dans le bilan énergétique et dans la physique du bâtiment, pour lesquels les éléments translucides jouent un rôle fondamental.

La valeur U_w d'une fenêtre est environ cinq fois supérieure à celle d'éléments de construction opaques. Mais l'utilisation du rayonnement de la chaleur solaire permet plus que de compenser cet inconvénient, à la condition toutefois que la conception de la fenêtre soit optimisée selon des critères énergétiques et que la fenêtre elle-même soit d'excellente qualité.



Conception du bâtiment

■ **Orientation:** un bâtiment sera conçu pour que les grandes surfaces de fenêtres soient orientées au maximum vers le sud.

■ **Capacité thermique:** si l'on veut exploiter efficacement la chaleur du rayonnement solaire, une capacité thermique suffisante est nécessaire. Les éléments permettant d'atteindre cette capacité thermique ne doivent pas être séparés thermiquement des locaux. La capacité thermique d'un bâtiment décrit sa capacité à stocker puis restituer de la chaleur. Cette capacité est atteinte par exemple avec des éléments de construction massifs tels que dalle d'étage en béton armé sans revêtement.

■ **Utilisation de la lumière naturelle:** la grandeur, la conception et la mise en place d'une fenêtre, surtout dans la zone du linteau, influencent considérablement l'éclairage naturel. Il est nécessaire que la lumière du jour puisse être utilisée, aussi bien pour des raisons de santé que pour les économies d'électricité pour l'éclairage qu'elle permet. Des linteaux plutôt élevés ainsi que des ouvertures zénithales sont particulièrement efficaces pour ce faire.

■ **Disposition sur la façade:** d'un point de vue énergétique, il est préférable que la fenêtre soit positionnée au niveau de l'isolation périphérique et que la surface de son cadre soit le plus possible en contact avec la surface intérieure de l'isolation. En effet, la disposition de la fenêtre influence le pont thermique que constitue l'appui. Elle influence aussi le pouvoir isolant de la zone du caisson du store ainsi que l'utilisation de la lumière naturelle. Des fenêtres fixées à l'extérieur de la façade ont des effets négatifs tant du point de vue énergétique que du point de vue de la physique du bâtiment. De plus, de telles fenêtres sont particulièrement exposées aux intempéries.

■ **Protection solaire:** pour éviter une chaleur excessive dans les locaux, il est indispensable d'assurer aux fenêtres un ombrage suffisant. Les systèmes extérieurs mobiles sont particulièrement efficaces pour ce faire, car ils permettent d'ajuster l'apport de la chaleur solaire en fonction des besoins effectifs.

■ **Protection contre le bruit:** le pouvoir insonorisant d'une fenêtre est l'une de ses propriétés essentielles. Il peut s'avérer nécessaire d'utiliser



des fenêtres particulièrement insonorisantes pour respecter les dispositions de l'ordonnance sur la protection contre le bruit. La protection acoustique dépend de la fenêtre elle-même, mais aussi de la qualité de son installation et de la qualité d'éléments adjacents, comme un caisson de store par exemple.

■ **Bâtiments protégés:** les exigences thermiques peuvent aussi être accompagnées d'exigences relatives aux bâtiments protégés.

La fenêtre en tant qu'élément de construction

■ **Part de cadre:** la valeur U_f du cadre est en général plus élevée que celle du verre. Des profils de cadre minces améliorent donc la fenêtre du point de vue énergétique. Les traverses, les montants et les croisillons exercent eux aussi un effet négatif.

■ **Valeur U_w d'une fenêtre:** l'effet isolant d'une fenêtre influence le confort dans l'espace proche de la fenêtre. Cette influence est plus marquée encore pour les baies vitrées et pour les fenêtres d'angle. Pour assurer le confort de travail ou d'habitat, il est fortement recommandé d'employer des triples vitrages combinés avec des cadres de haute qualité.

■ **Valeur g_{\perp} du vitrage:** la plupart des triples vitrages présentent des valeurs g_{\perp} très basses. Mais pour améliorer l'apport de la chaleur solaire, il est bien évidemment préférable de privilégier des fenêtres dont les valeurs g_{\perp} sont élevées. La valeur g_{\perp} dépend du nombre de verres, de leur épaisseur, de leur qualité et des revêtements (de protection solaire ou acoustiques) dont ils sont pourvus.

■ **Intercalaire:** l'élément assurant l'espace entre les verres, appelé intercalaire, influence aussi le bilan énergétique d'une fenêtre. Par ailleurs, si ce joint est en aluminium, le risque est grand de voir apparaître de la condensation. Les surcoûts engendrés par un intercalaire en acier inoxydable ou synthétique par rapport à de l'aluminium sont négligeables.

■ **Triples vitrages:** les valeurs U_g de triples vitrages sont comprises entre 0,5 et 0,9 W/m²K. Les facteurs qui les influencent sont, en plus des couches sélectives, l'espace intercalaire entre les vitrages et le gaz de remplissage. Le krypton permet d'obtenir des valeurs U_g inférieures à celles obtenues au moyen de l'argon; mais des réserves

s'imposent pour le krypton en raisons d'aspects écologiques (disponibilité et énergie grise nécessaire pour se le procurer).

Installation

■ **Montage:** il est primordial que le raccordement de la fenêtre à l'embrasure de la paroi extérieure soit étanche à l'air. Pour assurer la qualité de cette interface, les responsabilités devront être clairement fixées. La mise en place de joints de mastic et le collage de feuilles permettent d'assurer cette étanchéité.

Lors du remplacement d'une fenêtre, le caisson de store doit impérativement être isolé et étanchéifié.

■ **Montage du store:** selon la conception du store, d'importants ponts thermiques sont susceptibles d'apparaître dans la zone du linteau. Si la fixation se fait à travers l'isolation, les fixations employées doivent impérativement être thermiquement isolées. Il est préférable de faire tenir l'ensemble du dispositif par l'intermédiaire des guides du store.

■ **Exécutions spéciales:** la qualité énergétique peut fortement varier en ce qui concerne les portes-fenêtres coulissantes, les ouvertures zénithales et les fenêtres en toiture. Le plus grand soin est recommandé pour les spécifications concernant l'un ou l'autre de ces éléments ainsi que pour leur choix.

Caissons de store

Les caissons de store constituent souvent un élément faible de l'enveloppe de bâtiment. La planification de ces éléments importants doit donc être particulièrement soignée. Pour réduire les pertes énergétiques qu'ils provoquent, il est indispensable de les isoler à l'arrière, au moyen d'une couche isolante de 60 à 80 mm (se référer à la coupe verticale figurant à la page 12). Cette recommandation s'applique indépendamment du fait qu'un cadre élargi ou qu'une paroi (non isolée) se trouve à l'arrière du caisson.

Bâtiments protégés

Lors du changement de fenêtres dans des bâtiments existants mis à l'inventaire ou sous protection, les dispositions légales en la matière doivent être respectées.

Informations importantes

Aides à l'application dans le domaine de l'énergie

Les cantons fournissent des outils très complets d'aide en matière de planification et de construction du point de vue énergétique. Ces outils, notamment destinés aux maîtres d'œuvre et à tous les corps de métier concernés par les aspects énergétiques des bâtiments, sont disponibles sur les pages Internet des services cantonaux de l'énergie.

Normes et aides en vigueur

- Norme SIA180:1999; «Isolation thermique et protection contre l'humidité dans les bâtiments»
- Norme SIA 331:2008; «Fenêtres et portes-fenêtres»
- Norme SIA 380/1:2009; «L'énergie thermique dans le bâtiment»
- Norme SIA 382/1:2007; «Installations de ventilation et de climatisation – Bases générales et performances requises»
- Norme SIA 416/1:2007; «Indices de calcul pour les installations du bâtiment»
- Check-list des ponts thermiques (EnFK)
- Aides à l'application des services cantonaux de l'énergie (EnFK)

Fiches techniques et documents

- Cahier technique SIA 2021; «Bâtiments vitrés – Confort et efficacité énergétique»
- Dokumentation SIA D 0176; «Gebäude mit hohem Glasanteil – Behaglichkeit und Energieeffizienz» (uniquement en allemand)

Outils de calcul

La Conférence des services cantonaux de l'énergie fournit gratuitement un outil de calcul des valeurs U applicables aux fenêtres. Cet outil peut être téléchargé sur le site www.endk.ch.

La présente fiche technique remplace les outils de planification de la Confédération suivants:

- Catalogue d'éléments de construction avec calcul de la valeur U , Construction neuve, chapitre 5.1 Fenêtres (édition 2002)
- Catalogue d'éléments de construction avec calcul de la valeur U , Assainissement, chapitre 5.1 Fenêtres (édition 2002)
- Valeurs k et valeurs g des fenêtres (édition 1995)

Les informations et procédures données dans la présente fiche technique se basent sur la norme SIA 380/1, «L'énergie thermique dans le bâtiment», édition 2009.

SuisseEnergie

Office fédéral de l'énergie OFEN, Mühlestrasse 4, CH-3063 Ittigen · adresse postale: CH-3003 Berne
Tél. 031 322 56 11, Fax 031 323 25 00 · contact@bfe.admin.ch · www.suisse-energie.ch

Diffusion: Office fédéral des constructions et de la logistique OFCL, Vente/remise des publications, CH-3003 Berne · www.publicationsfederales.admin.ch

N° de commande: 805.107.f 07.2009 / 3000 /