

Diminuer la valeur U_w d'une fenêtre en bois

En Région de Bruxelles-Capitale et en Région wallonne, une prime est disponible pour le remplacement des fenêtres¹. La valeur U_w des fenêtres placées doit être inférieure à 1,5 W/(m².K). Comment calculer cette valeur U_w ? Comment obtenir la valeur U_w la plus faible possible pour une fenêtre en bois ?

Nicolas Heijmans, ir., Chef de projet principal et Coordinateur PEB, Laboratoire Caractéristiques énergétiques
Vincent Detremmerie, ir. Chef de division adjoint de la Division Acoustique, façades et menuiserie

Qu'est-ce qu'une valeur U_w ?

Une valeur U indique le pouvoir isolant d'une paroi ; l'indice w indique qu'il s'agit d'une fenêtre (*window*, en anglais). Au plus cette valeur est faible, au plus la paroi est isolante.

Quelle est une bonne valeur U_w ?

De nos jours, les exigences pour les nouvelles constructions et pour les primes énergie est d'avoir une valeur inférieure ou égale à 1,5 W/(m².K). Excepté pour les primes en Région de Bruxelles-Capitale, cette exigence ne porte pas sur chaque fenêtre individuelle, mais sur l'ensemble des fenêtres installées. Pour être précis, elle porte sur la moyenne pondérée par les surfaces des valeurs U_w . C'est une nuance de taille, car il est plus difficile de respecter cette exigence pour une petite fenêtre que pour une grande.

Comment se calcule une valeur U_w ?

Une valeur U_w peut se calculer selon différentes méthodes : la réglementation PEB, la normalisation belge (NBN B 62-002) ou internationale (NBN EN ISO 10077-1). C'est le contexte qui détermine la méthode à appliquer.

Les trois méthodes sont très similaires, mais il existe des différences, notamment pour les châssis en bois. Cependant, l'approche générale est toujours la même :

la valeur U_w d'une fenêtre dépend de sa géométrie et des caractéristiques de ses trois composants : le châssis, le vitrage et l'intercalaire du vitrage² :

$$U_w = \frac{\sum A_g \cdot U_g + \sum A_f \cdot U_f + \sum l_g \cdot \Psi_g}{\sum A_g + \sum A_f} \quad \text{W/(m}^2\text{.K)}$$

où :

- U_g , U_f sont les valeurs U du vitrage et du châssis, en W/(m².K) ;
- A_g , A_f sont les surfaces (*area*, en anglais) du vitrage et du châssis, en m² ;
- Ψ_g traduit la perte de chaleur supplémentaire à cause de l'intercalaire du vitrage³, en W/(m.K) ;
- l_g est la longueur du périmètre du vitrage, en m.

Comment diminuer la valeur U_w ?

Pour diminuer la valeur U_w d'une fenêtre d'une dimension fixée, il faut donc diminuer les valeurs U_g , U_f et Ψ_g de ses composants :

- en choisissant un vitrage performant (c'est-à-dire une valeur U_g faible) ;
- en utilisant des intercalaires thermiquement améliorés ;
- en utilisant la meilleure valeur U_f possible.

¹ En Région flamande, une prime existe pour le remplacement des vitrages.

² Pour une fenêtre sans panneau, grille de ventilation ou croisillons.

³ Pour les intercalaires, la performance est exprimée à l'aide d'une valeur Ψ et non une valeur U , car la perte de chaleur causée par l'intercalaire dépend de sa longueur et non de sa surface.

Quelle valeur U_f utiliser ?

Deux approches sont possibles pour déterminer la valeur U_f d'un châssis : une approche simplifiée et une approche détaillée.

L'avantage de l'approche simplifiée est qu'elle est **très facile à appliquer**. La valeur U_f ne dépend que deux paramètres : l'épaisseur du châssis et le type de bois. Les trois méthodes citées (PEB, norme belge, norme ISO) permettent toutes les trois cette approche simplifiée, mais avec quelques différences. La plupart des ces différences sont mineures⁴, sauf une : la réglementation PEB prend en compte trois types de bois (voir Tableau 2), contre deux dans les normes⁵.

Type 1	Type 2	Type 3
Afzelia	Sapelli	Acajou d'Afrique
Bintangor	Sipo	Mélèze
Eucalyptus bleu	Chêne de Tasmanie	Eastern Spruce
Eucalyptus	Mengkulang	White Seraya
Merbau	Niangon	Pin sylvestre
Gerutu	Iroko	Douglas (pin d'Oregon)
Kasai	Louro Vermelho	Light Red Meranti
Chêne	Dark Red Meranti	Acajou d'Amérique
Robinier	Teck	Framiré
Feuillu non mentionné dans le reste du tableau	Makoré	Western hemlock
		Résineux non mentionné dans le reste du tableau

Tableau 2 Les types de bois selon l'approche simplifiée de la réglementation PEB

L'avantage de l'approche détaillée est que **les valeurs U_f sont généralement 20% à 25% inférieures** aux valeurs de l'approche simplifiée. De plus, la méthode détaillée prend en compte plus d'essences de bois que la méthode simplifiée : le gain est donc, dans certains cas, plus grand. Cependant, elle nécessite des calculs numériques selon la norme NBN EN ISO 10077-2, qui ne peuvent être réalisés que par des personnes formées à ceux-ci. En moyenne, la surface du châssis représente 30% de la surface de la fenêtre. Un gain de 25% sur la valeur U_f représente donc, a priori, un gain d'environ 8% sur les valeurs U_w . Le menuisier doit décider si ce gain vaut la peine de faire effectuer des calculs numériques, ce qui représente un coût. Toutefois, pour des petites fenêtres, la proportion de châssis sera plus importante, et les valeurs U_f peuvent être trop élevées pour atteindre l'exigence U_w imposée.

⁴ Les valeurs sont issues d'une formule (réglementation PEB (à partir de 2023 en Région wallonne et en Région de Bruxelles-Capitale)), un tableau (NBN B 62-002) ou un graphe (NBN EN ISO 10077-1). Les règles d'arrondis sont différentes.

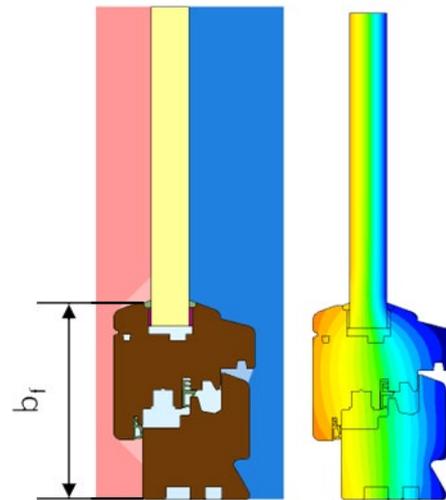


Figure 1 Exemple de calcul numérique. A gauche : le modèle du châssis avec les conventions de calcul – à droite : le champ de températures calculé par le logiciel.

Quelle valeur Ψ_g pour un intercalaire ?

Comme pour la valeur U_f , la valeur Ψ_g d'un intercalaire peut soit être reprise d'un tableau de valeur par défaut, soit calculée selon la norme NBN EN ISO 10077-2. Cette norme permet de calculer une valeur unique représentative pour un ensemble de châssis, selon une méthodologie allemande. Tous les intercalaires pour lesquelles cette méthode a été appliquée sont repris sur [ce site](#) (sous BF DATA SHEETS WINDOWS). La valeur mentionnée dans les fiches de produit ne peut toutefois être utilisée qu'à certaines conditions, définies la "fiche technique BF 004 / 2018" dont une version abrégée pour les fenêtres est disponible en français.

Quelles dimensions minimales pour respecter $U_w \leq 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$?

Les figures suivantes montrent les dimensions minimales pour qu'une fenêtre respecte l'exigence $U_w \leq 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$. Rappelons cependant que l'exigence (excepté pour les primes énergie en Région de Bruxelles-Capitale) ne porte pas sur la valeur U_w de chaque fenêtre individuelle, mais sur la valeur moyenne pondérée par les surfaces de l'ensemble des fenêtres installées.

Voyons d'abord comment les interpréter.

Prenons une fenêtre simple ouvrant avec les caractéristiques suivantes :

- châssis en bois de feuillu (type 1), 68 mm d'épaisseur, U_f selon la méthode simplifiée = $2,14 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ ⁶

⁵ La méthode détaillée des normes prend en compte 4 types de bois.

⁶ Les valeurs U_f présentées ici sont celles calculées avec la dernière version des méthodes de calcul PEB, applicable en Région flamande depuis 2022, et dans les autres régions en 2023.

- largeur des châssis = 120 mm (notée b_f sur la figure 1)
- double vitrage, $U_g = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
- intercalaire en métal, Ψ_g selon la méthode simplifiée = $0,08 \text{ W}/(\text{m}.\text{K})$

La fenêtre satisfera à l'exigence $U_w \leq 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ si ses dimensions (largeur x hauteur) sont situées au-dessus de la courbe ①⁷ de la figure 2. Par exemple, une fenêtre de 1,23 m x 1,48 m, représentée par le point turquoise (sur la figure 2 et les suivantes), ne satisfait pas à l'exigence⁸.

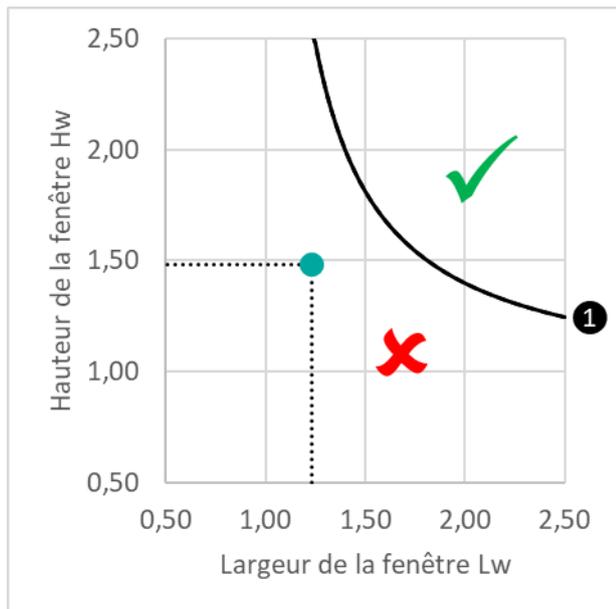


Figure 2 Quelles dimensions minimales pour respecter $U_w \leq 1,5 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$?

Regardons maintenant l'influence des différents composants.

La figure 3 illustre l'influence de l'intercalaire. Utiliser un intercalaire thermiquement amélioré (Ψ_g selon la méthode simplifiée = $0,06 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$) décale la courbe vers la gauche (courbe ②). La fenêtre de 1,23 m x 1,48 m ne satisfait toujours pas à l'exigence. La plage des dimensions peut être encore étendue en utilisant un intercalaire thermiquement amélioré disposant d'une fiche établie selon la méthodologie allemande citée plus haut, p.ex. $\Psi_g = 0,04 \text{ W}/(\text{m}.\text{K})$ (courbe ③). Cette fois, la fenêtre de 1,23 m x 1,48 m satisfait à l'exigence, puisqu'elle est au-dessus de la courbe ③. L'utilisation de la méthodologie allemande n'étant pas courante en Belgique, la courbe ② sera la référence pour les analyses suivantes.

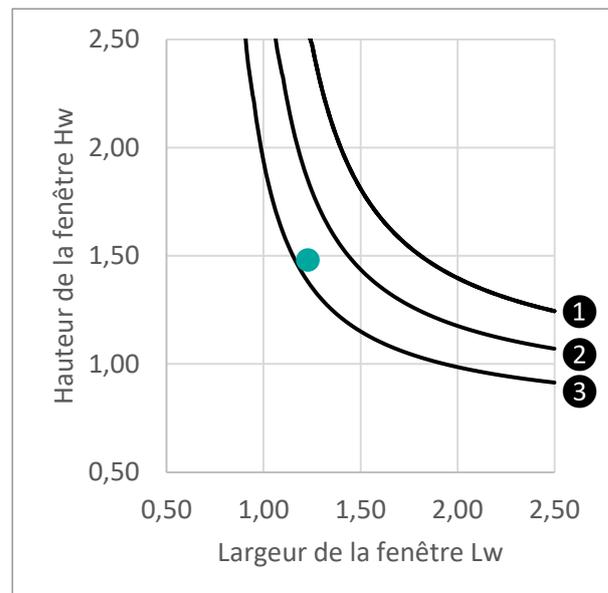


Figure 3 Influence de l'intercalaire

La figure 4 illustre l'influence du vitrage. Le vitrage $U_g = 1,1 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ (courbe ②) est remplacé par un vitrage $U_g = 1,0 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ (courbe ④).

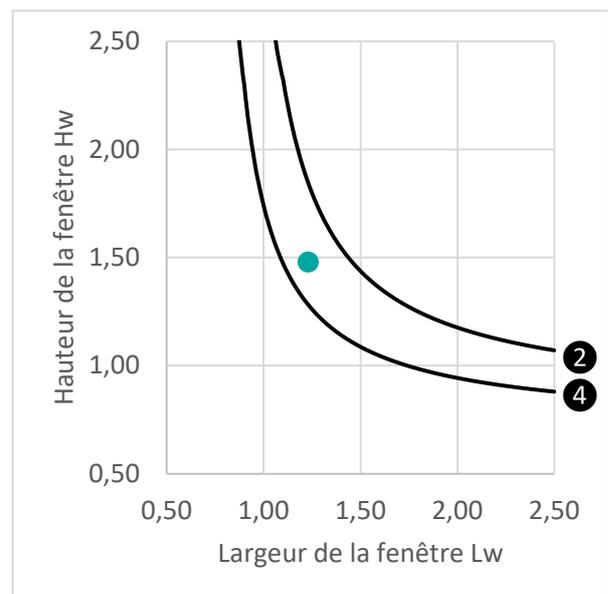


Figure 4 Influence du vitrage

Enfin, la figure 5 illustre l'impact du châssis et de la méthode utilisée pour déterminer la valeur U_f .

- ① bois de feuillu (type 1), 68 mm d'épaisseur, U_f selon la méthode simplifiée = $2,14 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
- ⑤ bois de résineux (type 3), 68 mm d'épaisseur, U_f selon la méthode simplifiée = $1,81 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$
- ⑥ bois de feuillu (type 1), 68 mm d'épaisseur, U_f calculé numériquement⁹ = $1,71 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$

⁷ Les valeurs U_w devant être arrondies à 2 chiffres significatifs, la courbe noire est établie pour une valeur $U_{w,max} = 1,549 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ (et non $1,5 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$).

⁸ Cette dimension n'a pas été choisie par hasard. C'est celle utilisée dans le cadre du marquage CE des fenêtres.

⁹ Valeur U_f estimée comme étant égale à $0,8$ x la valeur U_f de la méthode simplifiée.

- **7** bois de résineux (type 3), 68 mm d'épaisseur, U_f calculé numériquement = 1,45 W/(m².K)
- **8** bois de feuillu (type 1), 88 mm d'épaisseur, U_f selon la méthode simplifiée = 1,89 W/(m².K)

L'utilisation d'un bois de type 3 (résineux) améliore déjà sensiblement la valeur U_w et augmente la plage des dimensions (courbe **5**), mais pas autant que l'utilisation de valeurs U_f calculées numériquement (courbe **6**). Les deux effets combinés permettent de couvrir toutes les dimensions courantes de fenêtres. L'utilisation d'un châssis plus large (courbe **8**) améliore aussi la valeur U_w , mais moins que les autres options citées.

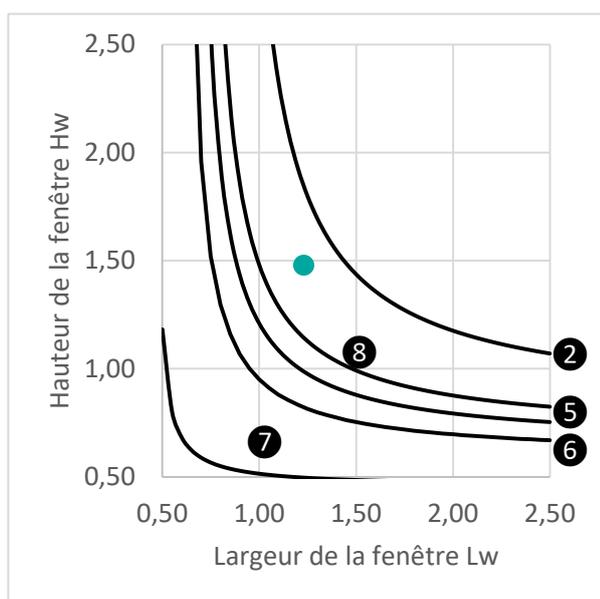


Figure 5 Influence du châssis et de la méthode de détermination de la valeur U_f

Qu'en est-il des grilles de ventilation ?

En rénovation, lorsqu'une fenêtre est ajoutée ou remplacée dans un local dit "sec" (chambre, bureau, salon...), les réglementations régionales imposent de prévoir une amenée d'air¹⁰. Il n'est pas obligatoire d'avoir une grille de ventilation dans la fenêtre (on peut installer une grille dans un mur ou une ventilation mécanique) mais c'est sans doute la solution la plus facile si les dimensions de la fenêtre le permettent.

Une grille de ventilation va influencer la valeur U_w de la fenêtre, dont le calcul devient :

$$U_w = \frac{\sum A_g \cdot U_g + \sum A_f \cdot U_f + \sum A_r \cdot U_r + \sum l_g \cdot \Psi_g}{\sum A_g + \sum A_f + \sum A_r}$$

¹⁰ A Bruxelles, une exigence similaire s'applique pour les locaux dits humides (salle de bain, cuisine, buanderie, wc...).

¹¹ Le logiciel calcule la valeur U_w selon la norme NBN B 62-002 et non selon la réglementation PEB. Comme nous l'avons mentionné, les règles sont cependant très similaires.

où A_r et U_r sont respectivement la surface et la valeur U de la grille de ventilation. La valeur U_r étant généralement plus élevée que 1,5 W/(m².K), il sera donc plus difficile de respecter l'exigence $U_w \leq 1,5$ W/(m².K).

Concrètement, que doit faire le menuisier ?

Pour déterminer la valeur U_w d'une fenêtre, le menuisier peut utiliser le logiciel [UCalculator](#)¹¹ développé par le CSTC, applicable aux fenêtres simples ouvrants et doubles ouvrants. Ce logiciel utilise les méthodes simplifiées de détermination des valeurs U_f et Ψ_g . Il n'intègre que deux types de bois, comme dans la norme NBN EN ISO 10077-1,

Si la valeur U_w moyenne pondérée par les surfaces des fenêtres¹² répond à l'exigence, il n'est pas nécessaire d'aller plus loin. Par contre, si cette valeur U_w moyenne est trop élevée, il est nécessaire de recourir à des valeurs U_f et/ou Ψ_g déterminées numériquement (et la valeur U_w devra être calculée par ailleurs, à l'aide de la formule donnée plus haut), ou, bien sûr, de modifier la conception de la fenêtre.

Le CSTC travaille à un nouveau logiciel permettant de prendre en compte d'autres types de fenêtres, et d'utiliser des valeurs U_f et Ψ_g déterminées numériquement.

Qu'en est-il du cas particulier des portes ?

La norme NBN EN ISO 10077-1 limite l'approche simplifiée pour déterminer U_f aux fenêtres verticales. La réglementation PEB ne contient pas cette limitation.

Conclusion

Pour la plupart des dimensions courantes, il est possible de satisfaire l'exigence $U_w \leq 1,5$ W/(m².K) avec des fenêtres en bois réalisées avec des profilés de 68 mm, mais, pour certaines dimensions, il sera nécessaire de disposer de valeurs U_w calculées numériquement et/ou d'utiliser du bois de type 3. Le fait que, excepté pour les primes en Région de Bruxelles-Capitale, l'exigence porte sur l'ensemble des fenêtres concernées facilite le respect de l'exigence.

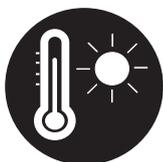
Recommandation

Pour faciliter la vie de vos clients, nous vous conseillons de préciser sur vos factures (l'astérisque * précise les informations que vous devrez obligatoirement

¹² Sauf pour les primes énergie en Région de Bruxelles-Capitale.

mentionner sur le formulaire de demande de prime de la Région wallonne) :

- le type de vitrage (sa dénomination commerciale)* et sa valeur U_g^*
- le type d'intercalaire (et, dans le cas d'un intercalaire thermique amélioré, sa dénomination commerciale) et sa valeur Ψ_g
- le type de châssis (dénomination commerciale, épaisseur, essence de bois)* et sa valeur U_f^*
- les dimensions* et la valeur U_w^* de chaque fenêtre
- la valeur U_w moyenne de l'ensemble des fenêtres (moyenne pondérée par les surfaces)
- la méthode de calcul utilisée pour déterminer les valeurs U_w
- joindre la Déclaration de Performance ou le marquage CE de la fenêtre, ou, à défaut, r la fiche de l'intercalaire + la Déclaration de Performance ou le marquage CE du vitrage + de la documentation à propos du châssis est certainement un plus.



Cet article a été rédigé dans le cadre des Antennes Normes *Isolation et Installations Thermiques du Bâtiment* et *Menuiserie et vitrerie* avec le soutien financier du SPF Economie et du NBN.

