

Calcul du coefficient U_w des fenêtres à croisillons

Calcul du coefficient U_w des fenêtres à croisillons

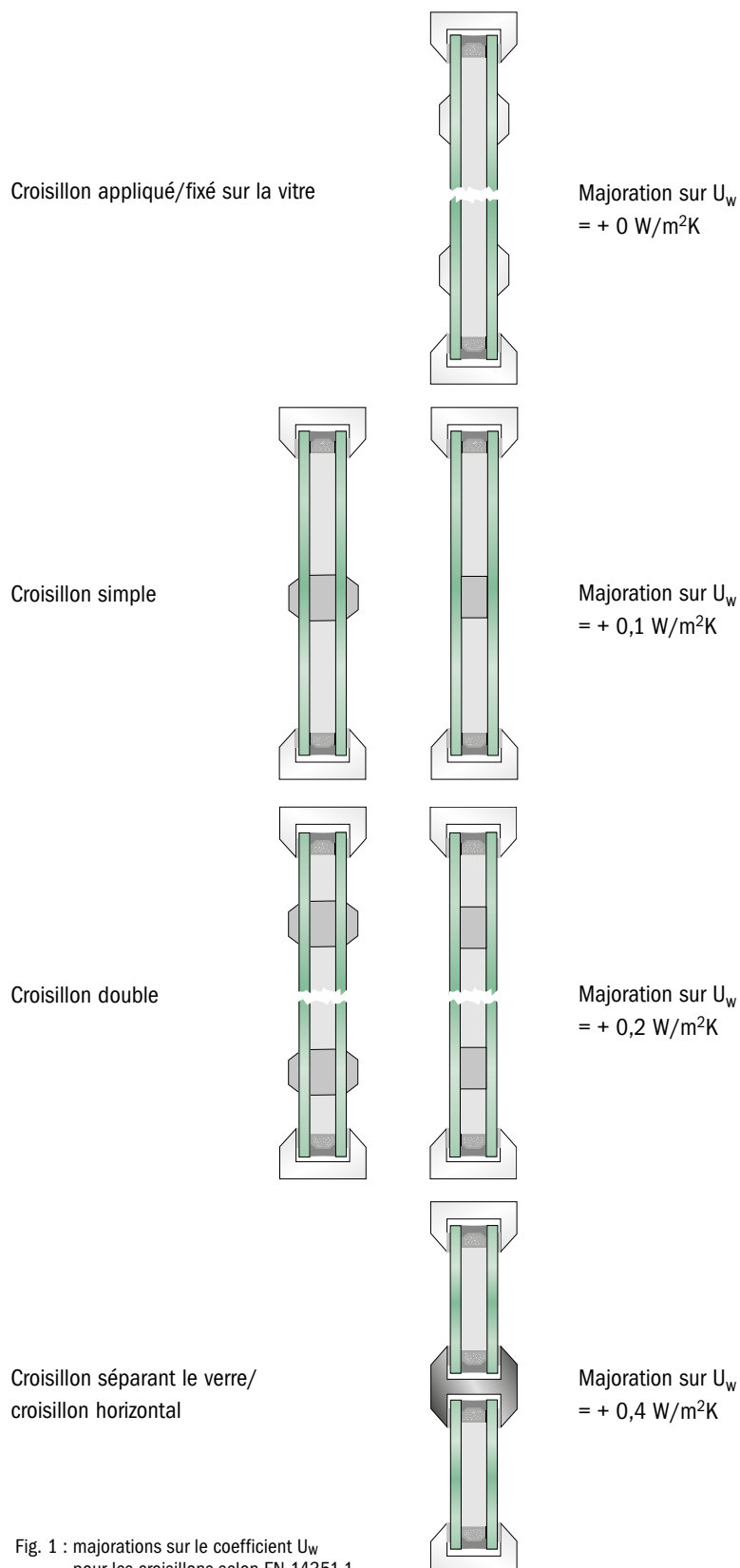
1.0 Introduction

Outre l'intercalaire dans le joint périphérique, les croisillons constituent, eux aussi, des zones de perturbation thermique qu'il faut prendre en compte lors de la détermination du coefficient U_w des fenêtres. Jusqu'à présent, les influences sur le coefficient U_w ont été prises en compte en appliquant des majorations selon la norme EN 14351-1. Ces majorations forfaitaires se basent sur des technologies dépassées et ne reflètent donc plus la réalité actuelle. Les coefficients U_w ainsi calculés donnent par conséquent des résultats médiocres. En revanche, la norme DIN EN ISO 10077-1 [1] permet de calculer des coefficients U_w exacts. Les croisillons séparant le verre (cf. fig. 1 ci-dessous) ne font pas l'objet de la présente fiche technique BF.

2.0 Majorations forfaitaires pour les croisillons selon EN 14351-1

Des majorations pour les fenêtres à croisillons (fig. 1) sont prescrites dans l'annexe J de la norme de produit pour les fenêtres (EN 14351-1).

Qu'il s'agisse de croisillons fictifs qui sont recouverts à l'extérieur par une baguette de finition ou de croisillons décoratifs intégrés à l'espace intermédiaire qui restent visibles en vue de dessus, aucune distinction n'est faite entre les types de croisillons. On ne différencie pas non plus les croisillons conventionnels en aluminium des croisillons en plastique aux caractéristiques thermiques améliorées. Le fait que des croisillons se trouvent dans les deux espaces intermédiaires d'un triple vitrage isolant ou dans un seul n'est pas non plus pris en compte pour le calcul des majorations.



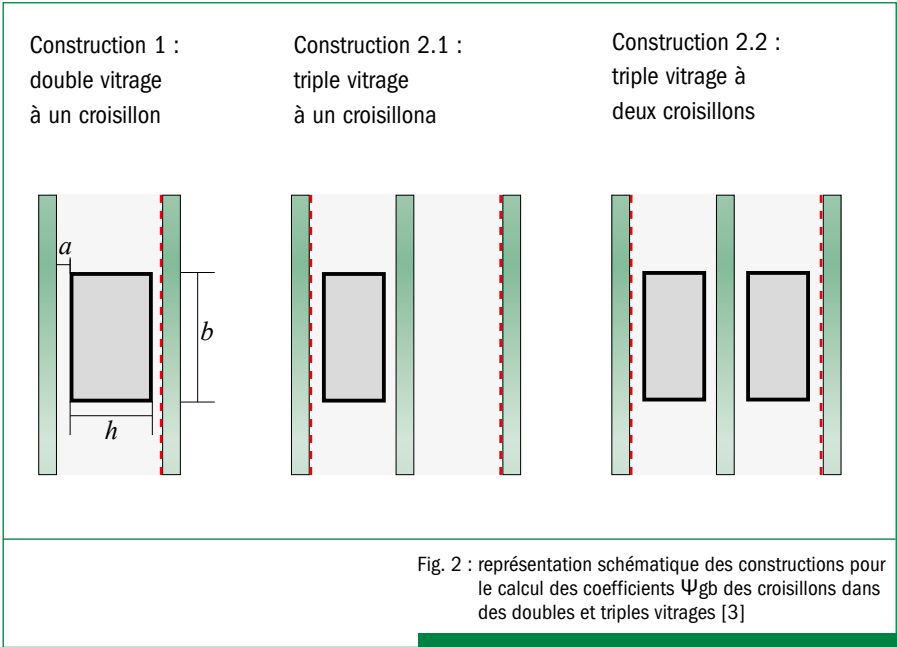
Par ailleurs, ni l'écart entre le verre et le croisillon ni la largeur du croisillon ne sont pris en compte. Ces majorations du coefficient U_w sont certes simples à utiliser, mais souvent incorrectes dans de nombreux cas de fenêtres à croisillons.

3.0 Le projet de recherche du groupe du BF dédié aux croisillons

Le calcul détaillé selon EN ISO 10077-2 permet de déterminer les coefficients Ψ_i des croisillons. En prenant en compte des coefficients de transmission thermique linéiques des croisillons (coefficients Ψ_i des croisillons), on obtient dans la plupart des cas des coefficients U_w plus avantageux qu'en utilisant les majorations forfaitaires. Toutefois, cette procédure demande un travail considérable étant donné qu'il existe beaucoup plus de variantes de croisillons que de variantes de systèmes intercalaires.

C'est pourquoi le groupe du BF dédié aux croisillons a lancé et financé un projet de recherche à l'ift Rosenheim afin d'étudier les caractéristiques thermiques des croisillons. L'objectif était de déterminer des coefficients Ψ_i forfaitaires valables pour différents types de croisillons en calculant des coefficients de transmission thermique linéiques Ψ_{gb} et de présenter les résultats sous forme de tableaux à intégrer à la norme EN ISO 10077-1.

En septembre 2015 est paru le rapport final « Élaboration de tableaux simplifiés pour prendre en compte l'incidence des croisillons dans le cadre du calcul du coefficient U des fenêtres ». Les grandeurs influant sur les coefficients Ψ_i des croisillons ont été analysées à partir d'exemples de calculs (fig. 2 et tab. 1).



Valeur influente	Importance
Revêtement (émissivité) des vitres	Le revêtement influence les coefficients Ψ_{gb}
Conductibilité thermique du matériau du croisillon	Intérêt de classer en deux groupes de matériaux (aluminium ou plastique)
Écart a des deux côtés, entre les croisillons et le verre	Plus a est élevé, plus le coefficient Ψ_{gb} est faible
Largeur b du croisillon	Les coefficients Ψ_{gb} augmentent au fur et à mesure que la largeur du croisillon augmente
Pour le triple vitrage : croisillons dans un ou dans les deux espaces intermédiaires	Influence de taille
Épaisseur des croisillons	Influence minimale
Hauteur du croisillon h	Influence minimale (l'écart a par rapport au verre est le facteur déterminant)

Tableau 1 : valeurs influentes pour les coefficients Ψ_i des croisillons et leur importance

Le BF conseille de faire appel à des physiciens du bâtiment qualifiés en cas d'utilisation de coefficients Ψ_i spécifiques au système.

4.0 Tableaux avec coefficients Psi forfaitaires pour les croisillons

Comme pour le pont thermique au bord du verre, le coefficient Psi forfaitaire pour les croisillons Ψ_{gb} (gb = glazing bar) est multiplié par la longueur totale des croisillons montés et ajouté au coefficient U_w .

$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + l_{gb} \cdot \Psi_g + l_{gb} \cdot \Psi_{gb}}{A_w}$$

Fig. 3 : formule pour le calcul du coefficient de transmission thermique U_w des fenêtres à croisillons

Explication des abréviations :

U_w = coefficient de transmission thermique de la fenêtre

A_g = part de la surface occupée par le vitrage

U_g = coefficient de transmission thermique du vitrage

A_f = part de la surface occupée par le cadre

U_f = coefficient de transmission thermique du cadre

A_w = surface totale de la fenêtre

Ψ_g = coefficient de transmission thermique linéique en raison de l'influence thermique combinée du verre, de l'intercalaire et du cadre

l_{gb} = longueur des intercalaires

Ψ_{gb} = coefficient de transmission thermique linéique en raison de l'influence thermique combinée du verre et du croisillon

l_{gb} = longueur du croisillon

Le projet de recherche [3] a abouti à l'établissement de deux tableaux (cf. tableaux 2 et 3) présentant des coefficients Psi forfaitaires pour les croisillons, qui ont été intégrés à la norme EN ISO 10077-1 pour le champ d'application suivant :

- Pour les croisillons (profilés avec espace vide) en métal ou plastique
- Largeur de croisillon $b \leq 30$ mm (cf. fig. 2)
- Largeur $a \geq 2$ mm et $a \geq 4$ mm (cf. fig. 2)

Valeurs du coefficient de transmission thermique linéique pour des croisillons en métal intégrés dans un vitrage isolant préfabriqué scellé (≤ 160 W/mK)

Vitrage	Écart a en mm	Coefficient Ψ en W/mK	
		Vitrage sans revêtement low e	Vitrage avec revêtement low e
double	≥ 2	0,03	0,07
	≥ 4	0,01	0,04
triple avec croisillon dans un des espaces intermédiaires	≥ 2	-/-	0,03
	≥ 4	-/-	0,01
triple avec croisillon dans les deux espaces intermédiaires	≥ 2	-/-	0,05
	≥ 4	-/-	0,02

Tableau 2

Valeurs du coefficient de transmission thermique linéique pour des croisillons en plastique intégrés dans un vitrage isolant préfabriqué scellé ($\leq 0,30$ W/mK)

Vitrage	Écart a en mm	Coefficient Ψ en W/mK	
		Vitrage sans revêtement low e	Vitrage avec revêtement low e
double	≥ 2	0,00	0,04
	≥ 4	0,00	0,02
triple avec croisillon dans un des espaces intermédiaires	≥ 2	-/-	0,02
	≥ 4	-/-	0,01
triple avec croisillon dans les deux espaces intermédiaires	≥ 2	-/-	0,03
	≥ 4	-/-	0,02

Tableau 3

5.0 Exemple de calcul Fenêtre avec croisillons à l'intérieur. Comparaison entre majoration forfaitaire et nouvelle norme EN 10077-1

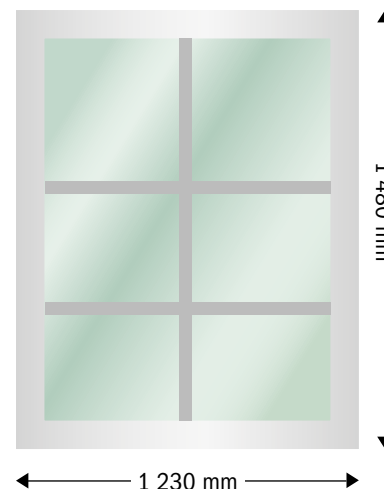
Données initiales

Largeur	1 230 mm
Hauteur	1 480 mm
Part du cadre	30 %
Coefficient U_g	0,6 W/m ² K
Coefficient U_f	1,1 W/m ² K
Coefficient Ψ de l'intercalaire	0,045 W/mK

Résultats intermédiaires

Surface de la fenêtre	1,820 m ²
Surface de la vitre	1,274 m ²
Surface du cadre	0,546 m ²
Largeur de la vitre	1,029 m
Hauteur de la vitre	1,238 m
Longueur de l'intercalaire	4,535 m
Longueur des croisillons	3,296 m

$$U_w = \frac{A_g \cdot U_g + A_f \cdot U_f + l_g \cdot \Psi_g + l_{gb} \cdot \Psi_{gb}}{A_w}$$



Résultats

	Coefficient U_w sans croisillon	Coefficient U_w avec 6 champs	Coefficient U_w avec 6 champs Hauteur des croisillons de 10 mm	Coefficient U_w avec 6 champs Hauteur des croisillons de 8 mm	Coefficient U_w avec 6 champs les deux espaces intermédiaires Hauteur des croisil- lons en aluminium de 9,5 mm	Coefficient U_w avec 6 champs les deux espaces intermédiaires Hauteur des croisil- lons en plastique de 9,5 mm, 2
Calcul selon		EN 14351-1	EN 10077-1	EN 10077-1	EN 10077-1	EN 10077-2
Coefficient Ψ du croi- sillon 26 mm (largeur de face) en W/mK	néant	Majoration forfaitaire sur le coefficient U_w (0,2 W/m ² K)	0,03	0,01	0,05	0,03
Coefficient U_w exact en W/m ² K	0,862	1,062	0,916	0,880	0,953	0,916
Coefficient U_w selon la norme en W/m ² K	0,86	1,1	0,92	0,88	0,95	0,92

Dans les constructions de fenêtres à triple vitrage, on peut obtenir, grâce au calcul exact du pont thermique du croisillon dans l'espace intermédiaire selon la nouvelle norme EN 10077-1 [1], une amélioration de plus de 0,2 W/m²K par rapport à l'application de forfaits selon la norme EN 14351. Soit une valeur nominale qui est donc supérieure à la majoration forfaitaire ! Cela découle des règles d'arrondissement défavorables de la majoration forfaitaire pour les coefficients U_w .

Il est possible, pour le marquage CE et la déclaration des performances des fenêtres, de calculer, selon EN 14351-1, le coefficient U_w d'une fenêtre pour deux formats. 1,23 m x 1,48 m pour une surface de fenêtre maximale de 2,3 m² ou 1,48 m x 2,18 m pour des surfaces supérieures ou pour toutes les tailles si le coefficient U_g est égal au maximum à 1,9 W/m²K (EN 673).

6.0 Bibliographie

- [1] EN ISO 10077-1:2016, ébauche (2016)
Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten – Teil 1: Allgemeines (Performance thermique des fenêtres, portes et fermetures – Calcul du coefficient de transmission thermique – partie 1 : généralités)
Berlin, Beuth Verlag GmbH
- [2] EN ISO 10077-2:2012
Wärmetechnisches Verhalten von Fenstern, Türen und Abschlüssen – Berechnung des Wärmedurchgangskoeffizienten – Teil 2: Numerisches Verfahren für Rahmen (Performance thermique des fenêtres, portes et fermetures – Calcul du coefficient de transmission thermique – partie 2 : méthode numérique pour les encadrements)
Berlin, Beuth Verlag GmbH
- [3] ift-Forschungsbericht ‚Psi-Werte von Sprossen – Erarbeitung von vereinfachten Tabellen zur Berücksichtigung des Einflusses von Sprossen im Rahmen der Ermittlung des U-Wertes von Fenstern‘ (Rapport de recherche de l'ift : Coefficients Psi des croisillons – élaboration de tableaux simplifiés pour prendre en compte l'incidence des croisillons dans le cadre du calcul du coefficient U des fenêtres)
Rosenheim, ift Rosenheim, septembre 2015 (non publié)

Cette fiche technique a été élaborée par : le groupe dédié aux croisillons sur la base de la fiche technique BF 004/2008 « Guide ‚warm edge‘ pour les fenêtres » (auteur : Fr. Meyer-Quel) du Bundesverband Flachglas e. V. · Mülheimer Straße 1 · D-53840 Troisdorf

© **Bundesverband Flachglas e. V.** Le droit de faire une copie vous sera volontiers accordé si vous en faites la demande. En revanche, il est strictement interdit de copier ou de reproduire intégralement ou partiellement ce document sans une autorisation expresse. Aucun droit ne peut découler de la publication.



Bundesverband Flachglas e. V.
Mülheimer Strasse 1
53840 Troisdorf Allemagne