

Eckbolsheim, le 24 avril 2014

CALCUL DU COEFFICIENT DE TRANSMISSION THERMIQUE (U_w) ET DU FACTEUR SOLAIRE (S_w) D'UNE FENETRE

Les aides publiques s'accompagnent de la déclaration de performances U_w (coefficient de transmission thermique) et S_w (facteur solaire) des fenêtres qui sont le résultat de formules mathématiques présentées et expliquées dans le présent document.

A partir du 1^{er} janvier 2015, les aides publiques d'accompagnement des travaux de rénovation énergétique des bâtiments seront conditionnées à la désignation d'une entreprise RGE pour la mise en œuvre et à l'utilisation de produits de la construction qui devront répondre à l'affichage de performances précises. Ce dernier point est déjà exigé en matière de crédit d'impôt ou de TVA réduite énergétique.

Dans ce cadre, les menuiseries extérieures devront afficher deux caractéristiques performantielles :

- Le coefficient de transmission thermique : U_w
- Le facteur solaire : S_w

Naturellement l'affichage et la détermination de ces deux caractéristiques devront être conformes aux recommandations des normes NF EN 14351-1 et XP P 50-777. Voici les niveaux de performance respectifs minimum :

- $U_w \leq 1.7 \text{ W/m}^2\text{K}$ et $S_w \geq 0.36$
- ou
- $U_w \leq 1.3 \text{ W/m}^2\text{K}$ et $S_w \geq 0.30$

Pour toutes les dimensions spécifiques des menuiseries, il est désormais nécessaire de calculer les coefficients U_w et S_w selon les méthodes suivantes :



1. Calcul du coefficient de transmission thermique (U_w)

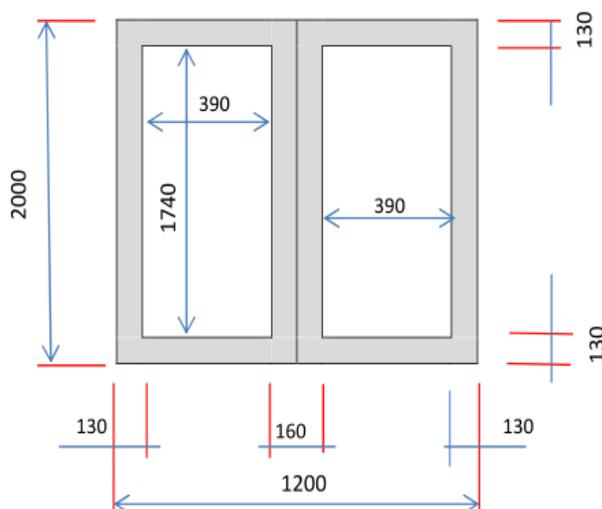
Le coefficient de transmission thermique (U_w) d'une fenêtre est essentiellement fonction de deux paramètres, la surface (ou le linéaire) qui est noté A (ou l) et le coefficient de transmission thermique surfacique (ou linéique) des matériaux noté U (ou ψ) qui composent la fenêtre, à savoir :

- A_g = la surface visible du vitrage et U_g = le coefficient de transmission thermique surfacique du vitrage,
- A_f = la surface des montants et des traverses de la fenêtre et U_f = le coefficient de transmission thermique surfacique des montants et des traverses de la fenêtre,
- l_g = la somme des périmètres (visibles) des vitrages et ψ_g = le coefficient de transmission thermique linéique dû à l'effet thermique combiné de l'espaceur et du vitrage

La formule de calcul du coefficient de transmission thermique (U_w) d'une fenêtre est :

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

Par exemple, pour une fenêtre en bois (en pin) de 58 mm d'épaisseur, avec un vitrage dont le $U_g = 1 W/m^2.K$ et dont les dimensions sont les suivantes :



- $A_g = 2 \times 1.74 \times 0.39 = 1.36 m^2$
- $U_g = 1 W/m^2.K$ (donnée fournie par le fournisseur de vitrage)
- $A_f = (2.00 \times 1.20) - 1.36 = 1.04 m^2$
- $U_f = \lambda_{pin} / \text{épaisseur fen\^etre} = 0.13 / 0.058 = 2.24 W/m^2.K$ (les valeurs de conductivité thermique des bois, notamment le λ du pin = 0.13 et le λ du chêne est de 0.18, sont précisées dans le tableau en fin de document et fournies par la norme NF EN ISO 10077-2 de mars 2013)
- $l_g = 4 \times (1.74 + 0.39) = 8.52 ml$
- $\psi_g = 0.047 W/m.K$ (donnée fournie par le fournisseur de vitrage)

Ainsi le calcul du coefficient de transmission thermique (U_w) de la fenêtre est :

$$U_w = \frac{(1.04 \times 2.24) + (1.36 \times 1) + (0.047 \times 8.52)}{1.04 + 1.36} = 1.70 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$$

2. Calcul du facteur solaire (S_w)

Le facteur S_w d'une fenêtre est aussi essentiellement fonction de deux paramètres, la surface qui est noté A et le facteur solaire des matériaux noté S qui composent la fenêtre, à savoir :

- A_g = la surface visible du vitrage et S_g = le facteur solaire du vitrage pour les conditions de calcul de consommation « Hivers », (donnée fournie par le fournisseur de vitrage)
- A_f = la surface des montants et des traverses de la fenêtre et S_f = le facteur solaire des montants et des traverses de la fenêtre, pour les conditions de calcul de consommation « Hivers », cette donnée est calculée suivant la formule suivante :

$$S_f = \alpha \cdot U_f / h_e$$

α est le coefficient d'absorption de la menuiserie selon sa couleur, à savoir :

Catégorie	Couleurs	Valeur de α par défaut :
Clair	Blanc, jaune, orange, rouge clair	0,4
Moyen	Rouge sombre, vert clair, bleu clair, gris clair	0,6
Sombre	Brun, vert sombre, bleu vif, gris moyen	0,8
Noir	Noir, brun sombre, bleu sombre, gris sombre	1,0

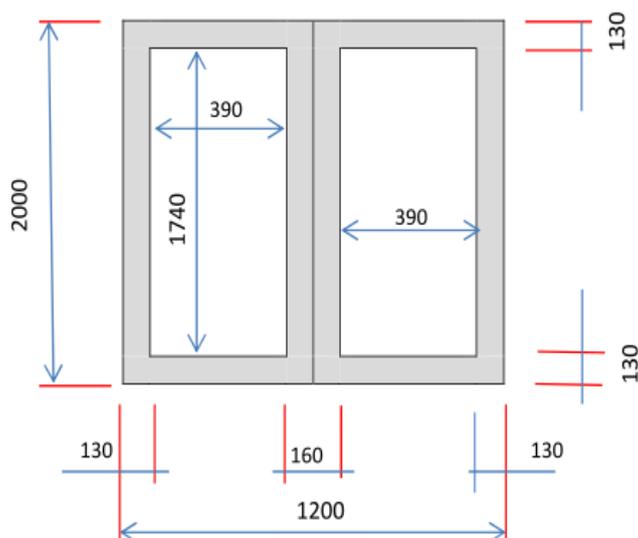
et h_e est la valeur d'échange superficiel qui, pour le bois, est égale à 25 (en $\text{W/m}^2\text{K}$)

donc pour une menuiserie en bois, $S_f = \alpha \cdot U_f / 25$

Ainsi la formule de calcul du S_w d'une fenêtre est :

$$S_w = \frac{(S_f A_f) + (S_g A_g)}{A_f + A_g} \quad \text{exprimé en } \text{W/m}^2 \cdot \text{K}$$

Par exemple, pour la même fenêtre que précédemment, en bois (en pin) de 58 mm d'épaisseur, avec un vitrage dont le $S_g = 0.49 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$, de couleur claire ($\alpha=0.4$) et dont les dimensions sont les suivantes :



- $A_g = 2 \times 1.74 \times 0.39 = 1.36 \text{ m}^2$
- $S_g = 0.49 \text{ W/m}^2.\text{K}$ (donnée fournie par le fournisseur de vitrage)
- $A_f = (2.00 \times 1.20) - 1.36 = 1.04 \text{ m}^2$
- $S_f = \alpha \cdot U_f / 25 = 0.4 \times 2.24 / 25 = 0.036 \text{ W/m}^2.\text{K}$

(rappel : $U_f : \lambda_{\text{pin}} / \text{épaisseur fen\^etre} = 0.13 / 0.058 = 2.24 \text{ W/m}^2.\text{K}$)

Ainsi le calcul du S_w de la fen\^etre est :

$$S_w = \frac{(0.036 \times 1.04) + (0.49 \times 1.36)}{1.04 + 1.36} = 0.43 \text{ exprimé en W/m}^2.\text{K}$$

Dans le cas de notre exemple, la fen\^etre prise en considération dispose des critères de la fen\^etre répondant aux exigences d'obtention du CIDD (crédit d'impôt développement durable) :

- Coefficient de transmission thermique $U_w \leq 1.7 \text{ W/m}^2\text{K}$
- Facteur solaire $S_w \geq 0.36 \text{ W/m}^2\text{K}$,

Cette information concerne les artisans fabricants mais aussi metteurs en œuvre des menuiseries extérieures.

Conductivité des essences de bois.

Dénomination Française des essences de bois	Dénomination Botanique	Code (selon NF EN 13556)	Conductivité thermique utile (λ) en W/(m.K)
Acajou d'Afrique	Kkhaya spp.	KHXX	0,13
Bintangor	Colophyllum spp.	CLXX	0,18
Bossé clair	Guarea cedrata	GRXX	0,15
Bossé foncé	Guarea thompsonii	GRTH	0,18
Cèdre	C.deodara	CDXX	0,13
Châtaignier	Castanea sativa	CTST	0,15
Chêne (rouvre et/ou pédonculé)	Quercus petraea Quercus robur	QCXE	0,18
Curupixa	Micropholis spp.	MPXX	0,18
Douglas	Pseudotsuga menziesii	PSMN	0,13
Doussié	Afzelia spp.	AFXX	0,18
Epicéa	Picea abies	PCAB	0,11
Eucalyptus globulus	Eucalyptus globulus	EUGL	0,18
Eucalyptus grandis	Eucalyptus grandis	EUGR	0,18
Framiré	Terminalia ivorensis	TMIV	0,13
Frêne	Fraxinus excelsior L	FXEX	0,18
Hêtre	Fagus sylvatica	FASY	0,18
Iroko	Milicia excelsa & M. regia	MIXX	0,16
Jequitiba	Cariniana spp.	CZXX	0,15
Kosipo	Entandrophragma candollei	ENCN	0,18
Kotibé	Nesogordonia spp.	NEXX	0,18
Limba / Fraké	Terminalia superba	TMSP	0,15
Louro vermelho (Grignon franc)	Sextonia rubra	OCRB	0,16
Makoré / Douka	Tieghemella spp.	TGAF	0,16
Mélèze	Larix decidua	LADC / LAXX	0,13
Mengkulang (Palapi)	Heritiera spp.	HEXM	0,16
Meranti dark red	Shorea spp. section Rubroshorea	SHDR	0,16
Meranti light red	Shorea spp. section Rubroshorea	SHLR	0,13
Merbau	Intsia spp.	INXX	0,18
Moabi	Baillonella toxisperma	BLTX	0,18
Movingui	Distemonanthus benthamianus	DTBN	0,18
Niangon	Heritiera utilis	HEXN	0,16
Peuplier blanc	Populus alba L	POAL	0,13
Pin maritime	Pinus pinaster	PNPN	0,13
Pin noir d'Autriche et Laricio	Pinus nigra	PNNN PNNL	0,13
Pin sylvestre	Pinus sylvestris	PNSY	0,13
Robinier (faux Acacia)	Robinia pseudoacacia L	ROPS	0,18
Sapelli	Entandrophragma cylindricum	ENCY	0,16
Sapin blanc	Abies alba	ABAL	0,11
Sipo	Entandrophragma utile	ENUT	0,16
Tauari	Couratari spp.	CIXX	0,15
Teck	Tectona grandis	TEGR	0,16
Tiama	Entandrophragma angolense	ENAN	0,15
Tola	Gossweilerodendron balsamiferum	GOXX	0,15
Western Hemlock	Tsuga heterophylla	TSHT	0,13
Western Red Cedar	Thuja plicata	THPL	0,11

Ce tableau se base sur les informations données par l'annexe A de la NF EN ISO 10077-2 de Mars 2013
