



# Calcul de la valeur $U_w$ selon les normes EN ISO 10077-1 et -2

## Rapport d'essais

<b>Élément d'essais</b>	Fenêtre coulissante en aluminium à deux éléments (un fixe et un coulissant)
<b>Type, modèle</b>	VITROCSA V32
<b>Classification</b>	-
<b>Date</b>	18.06.2014
<b>Validité</b>	La valeur déclarée se rapporte aux détails constructifs et aux dimensions qui sont documentés dans ce rapport.
<b>Mandataire</b>	Orchidées Constructions SA Monsieur Eric Joray Rue de la Gare 8 2024 St-Aubin-Sauges
<b>N° de rapport</b>	73DL-001097-P-01-PB-01
<b>N° de mandat.</b>	P.001097-10-73DL-01
<b>Adresse de l'institut d'essais</b>	Haute école spécialisée bernoise BFH Architecture, bois et génie civil Institut pour la Construction bois, les structures et l'architecture Domaine de compétences fenêtres, portes et façades Route de Soleure 102, CH-2504 Bienne Tel / Fax +41 (0)32 344 0 341 / 391 www.ahb.bfh.ch
<b>Auteur</b>	Marc Donzé 
<b>Responsable du domaine de compétences</b>	Urs Uehlinger 



SCHWEIZERISCHER PRÜFSTELLENDIENST  
SERVICE SUISSE D'ESSAI  
SERVIZIO DI PROVA IN SVIZZERA



Haute école spécialisée bernoise  
Institut pour la Construction bois, les structures  
et l'architecture

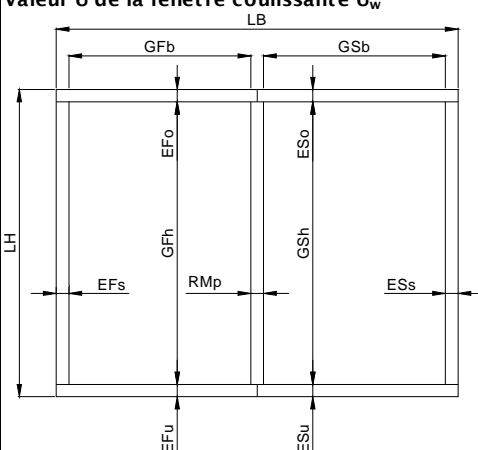
## 1 Résumé des résultats

Les calculs présentés dans ce rapport se basent sur le document « Minergie – Module fenêtre ». La fenêtre est développée et fabriquée par l'entreprise Orchidées Constructions SA à Onnens. La désignation commerciale de cette fenêtre est la suivante :

- VITROCSA V32 (fenêtre coulissante à deux éléments, un fixe et un coulissant)

La valeur  $U_g$  du verre est de  $1.1 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

### 1.1 Résultat du calcul de la valeur $U_w$

Valeur U de la fenêtre coulissante $U_w$			
	<b>Verre partie fixe</b>	Surf. verre $A_{gF}$	4.702 m <sup>2</sup>
		Valeur $U_{gF}$ du verre	1.1 W/(m <sup>2</sup> K)
		Périmètre de l'inter. $l_{gF}$	8.674 m
		Valeur $\psi_{gF}$ de l'inter.	0.046 W/(mK)
	<b>Verre partie coulissante</b>	Surf. verre $A_{gS}$	4.698 m <sup>2</sup>
		Valeur $U_{gS}$ du verre	1.1 W/(m <sup>2</sup> K)
		Périmètre de l'inter. $l_{gS}$	8.670 m
		Valeur $\psi_{gS}$ de l'inter.	0.049 W/(mK)
	<b>Cadre</b>	Surf. cadre $A_{f, \text{Lumière}}$	0.950 m <sup>2</sup>
		Valeur $U_f$ moy. du cadre	4.865 W/(m <sup>2</sup> K)
	<b>Calcul de la valeur <math>U_w</math></b>		
	$U_w = \frac{U_f \cdot A_{f, \text{licht}} + U_g \cdot A_{gF} + U_g \cdot A_{gS} + \psi_{gF} \cdot l_{gF} + \psi_{gS} \cdot l_{gS}}{A_w} \quad [\text{W}/\text{m}^2\text{K}]$		
	<b>Part de vitrage</b>	$(A_{gF} + A_{gS}) / A_w \cdot 100$	90.8 %
	<b>Porte-fenêtre coulissante</b>	Surface $A_w$	10.35 m <sup>2</sup>
		Valeur $U_w$	1.525 W/(m <sup>2</sup> K)
		<b>Valeur <math>U_w</math> déclarée</b>	<b>1.5 W/(m<sup>2</sup>K)</b>

La valeur déclarée de cette fenêtre est de  $1.5 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ .

### 1.2 Calcul des isothermes

Les calculs des isothermes sont réalisés avec une température intérieure de  $20^\circ\text{C}$  et une température extérieure de  $-10^\circ\text{C}$ . Les facteurs de température superficielle sont les suivants :

- |                          |                  |
|--------------------------|------------------|
| • Détail côté fixe       | $f_{Rsi} = 0.63$ |
| • Détail côté coulissant | $f_{Rsi} = 0.60$ |
| • Détail haut fixe       | $f_{Rsi} = 0.69$ |
| • Détail haut coulissant | $f_{Rsi} = 0.70$ |
| • Détail bas fixe        | $f_{Rsi} = 0.40$ |
| • Détail bas coulissante | $f_{Rsi} = 0.32$ |
| • Détail partie centrale | $f_{Rsi} = 0.23$ |

Bienne, laboratoire de la BFH, le 17 juin 2014.

## Table des matières

1	Résumé des résultats	2
1.1	Résultat du calcul de la valeur $U_w$	2
1.2	Calcul des isothermes	2
	Table des matières	3
2	Bases des essais	4
3	Objet	5
4	Calcul numérique	6
4.1	Calcul de la valeur $U_f$	6
4.2	Calcul des isothermes	6
5	Résultats des essais	7
5.1	Valeur $U_f$ moyen du cadre (cf. annexe B)	7
5.2	Valeur $U_g$ et valeur $\psi_g$ du verre (cf. annexe C)	8
5.3	Valeur $U_w$ de la fenêtre	9
5.4	Valeur fRsi	10
5.4.1	Détail côté fixe	10
5.4.2	Détail côté coulissant	11
5.4.3	Détail haut fixe	12
5.4.4	Détail haut coulissant	13
5.4.5	Détail bas fixe	14
5.4.6	Détail bas coulissant	15
5.4.7	Détail partie centrale	16
6	Dispositions générales	17
Annexe A:	Dessins et coupes (selon les indications du mandataire)	18
Annexe B:	Calcul de la valeur $U_f$ du cadre	25
Annexe C:	Calcul de la valeur $\psi_g$ de l'intercalaire	32

## 2 Bases des essais

- EN ISO 10077-1 (05/2010) Calcul du coefficient de transmission thermique – Partie 1 : méthode simplifiée.
- EN ISO 10077-2 (06/2012) Calcul du coefficient de transmission thermique – Partie 2 : méthode numérique pour les profilés de menuiserie.
- SN EN 12524 (11/2000) Matériaux et produits pour le bâtiment – Propriétés hygrothermiques – Valeurs utiles tabulées.
- SIA 180 (11/1999) Isolation thermique et protection contre l'humidité dans les bâtiments.
- Règlement et justifications pour l'attribution du certificat « Minergie – Module fenêtre » (édition 2010)

### 3 Objet

La valeur  $U_w$  est calculée sur la base d'une fenêtre dont les dimensions extérieures du cadre sont de 4500 mm (largeur) x 2300 mm (hauteur). L'annexe A présente les coupes (côté/haut, partie centrale et bas) de la fenêtre. Le tableau ci-dessous indique les diverses composantes de l'élément de calcul.

<b>Cadre</b>	
Matériau du cadre :	- Alliage d'aluminium 6060 de l'entreprise « Alcan » - Barrettes de rupture thermique en polyamide avec 25% de fibres de verre courtes (long. Max. 1 mm) - 1 joint de rupture thermique en matériau EPDM
Dimensions ext. du profil :	- Hauteur : 58 mm - Largeur : 124 mm
Etanchéité :	- Partie coulissante : 2 joints à brosse dans les montants et les traverses du cadre + 2 joints à brosse dans la partie centrale - Partie fixe : 1 joint EPDM dans les montants et les traverses du cadre + 2 joints à brosse dans la partie centrale
<b>Elément coulissant et élément fixe</b>	
Matériau du cadre :	- Profil vertical côté poigné : alliage d'aluminium 6060 de l'entreprise Alcan, barrettes de rupture thermique en polyamide avec 25% de fibres de verre courtes (long. Max. 1 mm) - Autres profils : profilés pultrudés à base de polyester insaturé, renforcé fibres de verre (GFK) de l'entreprise « GDP, Montendre, France »
Dimensions ext. du profil :	- En forme de U (43/30/var.) avec ruptures thermiques - En forme de U (GFK 42.8/20.5/var.)
Etanchéité :	- 2 joints à brosse dans le profil raccord entre deux vitrages.
<b>Vitrage (selon mandataire)</b>	
Fournisseur du vitrage :	Flachglas Schweiz
Valeur $U_g$ :	1.1 W/(m <sup>2</sup> K)
Valeur $\psi_g$ :	Selon calculs flixo
Construction du verre isolant :	6(LowE)-20-6 (mm)
Gaz de remplissage :	Argon
Intercalaire	TGI – Spacer (Technoform Glass Insulation GmbH)
<b>Etanchéité du verre isolant</b>	
Etanchéité intérieure :	Silicone
Etanchéité extérieure :	Silicone

Tableau 1 : description des composantes de la fenêtre

## 4 Calcul numérique

Le flux de chaleur ( $\Phi$ ) est calculé avec le programme flixo 7.0.612.1 de l'entreprise Infomind GmbH à Zurich. Les valeurs caractéristiques des matériaux (valeur lambda) proviennent des normes EN ISO 10077-2 et EN ISO 12524. La matérialisation des différentes surfaces des modèles est présentée en annexe.

### 4.1 Calcul de la valeur $U_f$

Lors du calcul de la valeur  $U_f$ , le verre isolant est remplacé par un panneau fictif (glaspanel) qui possède une valeur lambda de 0.035 W/(mK). Les conditions limites proposées par la norme EN ISO 10077-2 sont les suivantes.

Désignation	Température $\theta$ [°C]	Coefficient de chaleur surfacique $h$ [W/(m <sup>2</sup> K)]
Standard extérieur	0	25
Standard intérieur	20	7.692
Angle	20	5

Tableau 2: conditions limites pour le calcul des valeurs U du cadre

### 4.2 Calcul des isothermes

Le verre isolant ainsi que la construction du mur sont considérés dans les calculs d'isothermes. Les détails de construction correspondent à des cas conventionnels. Le tableau suivant présente les conditions limites appliquées dans les calculs.

Désignation	Température $\theta$ [°C]	Coefficient de chaleur surfacique $h$ [W/(m <sup>2</sup> K)]
Standard extérieur	-10	25
Standard intérieur	20	7.692
Angle	20	5

Tableau 3: conditions limites pour le calcul des valeurs U du cadre

Le facteur de température superficielle se calcul à l'aide de la formule suivante :

$$f_{Rsi} = \frac{\theta_{si} - \theta_e}{\theta_i - \theta_e} \quad [-]$$

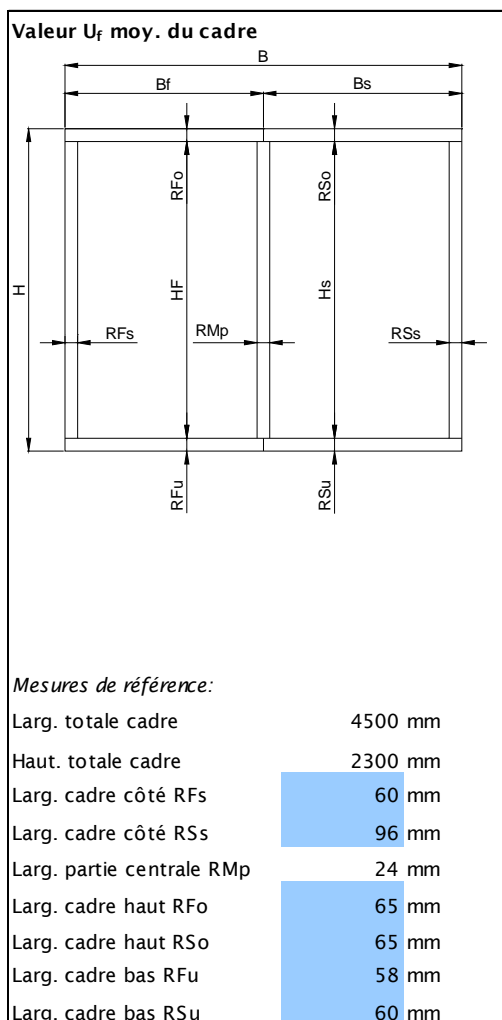
$\theta_{si}$  : température de la surface intérieure [°C]

$\theta_i$  : température de l'air intérieur [°C]

$\theta_e$  : température de l'air extérieur [°C]

## 5 Résultats des essais

### 5.1 Valeur $U_f$ moyen du cadre (cf. annexe B)



<b>Cadre partie fixe côté</b>	Surface $A_{Fs}$	0.131 m <sup>2</sup>
<i>selon calcul flixo</i>	Valeur $U_{f,Fs}$	2.700 W/(m <sup>2</sup> K)

<b>Cadre partie couliss. côté</b>	Surface $A_{Ss}$	0.209 m <sup>2</sup>
<i>selon calcul flixo</i>	Valeur $U_{f,Ss}$	4.439 W/(m <sup>2</sup> K)

<b>Cadre partie centrale</b>	Surface $A_{Mp}$	0.052 m <sup>2</sup>
<i>selon calcul flixo</i>	Valeur $U_{f,Mp}$	19.555 W/(m <sup>2</sup> K)

<b>Cadre partie fixe haut</b>	Surface $A_{Fo}$	0.146 m <sup>2</sup>
<i>selon calcul flixo</i>	Valeur $U_{f,Fo}$	3.277 W/(m <sup>2</sup> K)

<b>Cadre partie couliss. haut</b>	Surface $A_{So}$	0.146 m <sup>2</sup>
<i>selon calcul flixo</i>	Valeur $U_{f,So}$	3.216 W/(m <sup>2</sup> K)

<b>Cadre partie fixe bas</b>	Surface $A_{Fu}$	0.131 m <sup>2</sup>
<i>selon calcul flixo</i>	Valeur $U_{f,Fu}$	5.655 W/(m <sup>2</sup> K)

<b>Cadre partie couliss. haut</b>	Surface $A_{Su}$	0.135 m <sup>2</sup>
<i>selon calcul flixo</i>	Valeur $U_{f,Su}$	4.691 W/(m <sup>2</sup> K)

<b>Calcul de la valeur <math>U_f</math> moy. du cadre</b>		
$U_f = \frac{U_{f,Fs} \cdot A_{Fs} + U_{f,Ss} \cdot A_{Ss} + U_{f,Mp} \cdot A_{Mp} + U_{f,Fo} \cdot A_{Fo} + U_{f,So} \cdot A_{So} + U_{f,Fu} \cdot A_{Fu} + U_{f,Su} \cdot A_{Su}}{A_f}$		

<b>Cadre total</b>	Surface $A_f$	0.950 m <sup>2</sup>
	<b>Valeur <math>U_f</math> moyenne</b>	<b>4.865 W/(m<sup>2</sup>K)</b>

## 5.2 Valeur $U_g$ et valeur $\psi_g$ du verre (cf. annexe C)

La valeur  $U_g$  provient des indications du fabricant de verre isolant

Description				Selon EN 673
Verre	Type (désignation commerciale)	Construction [mm]	Gaz	Valeur $U_g$ [W/m <sup>2</sup> K]
		6(LowE)-20EA-6	Argon	1.1

### Valeur $\psi_g$ - Wert de l'intercalaire selon EN ISO 10077-2

La valeur  $\psi_g$  du verre est calculée selon la norme ISO 10077-2

$$\psi_g = \frac{\Psi_s \cdot G_h + \Psi_{Mp} \cdot G_h + \Psi_o \cdot G_b + \Psi_u \cdot G_b}{l_g} \quad [W/mK]$$

#### Partie fixe: calcul de la valeur $\psi_{gF}$ du verre isolant

$G_{Fb}$	Largeur visible du verre	2.160	m
$G_{Fh}$	Hauteur visible du verre	2.177	m
$l_{gF}$	Longueur de l'intercalaire	8.674	m

$\psi_{Fs}$	Valeur Psi côté <i>selon calcul fixo</i>	0.045	W/mK
$\psi_{Mp}$	Valeur Psi partie centrale <i>selon calcul fixo</i>	0.049	W/mK
$\psi_{Fo}$	Valeur Psi haut <i>selon calcul fixo</i>	0.045	W/mK
$\psi_{Fu}$	Valeur Psi bas <i>selon calcul fixo</i>	0.046	W/mK

Valeur $\psi_{gF}$ moyenne de l'intercalaire	$\psi_{gF}$	0.046	W/mK
--	-------------	-------	------

#### Partie coulissant: calcul de la valeur $\psi_{gS}$ de l'intercalaire

$G_{Sb}$	Largeur visible du verre	2.160	m
$G_{Sh}$	Hauteur visible du verre	2.175	m
$l_{gS}$	Longueur de l'intercalaire	8.670	m

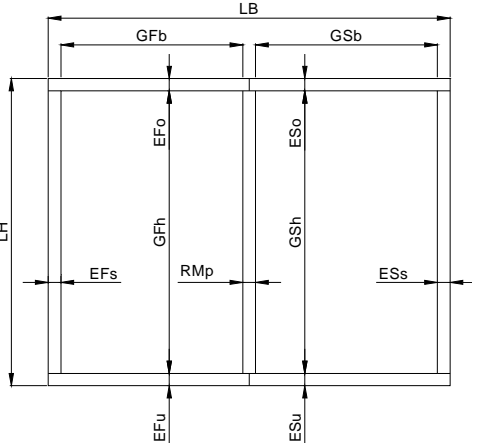
$\psi_{Ss}$	Valeur Psi côté <i>selon calcul fixo</i>	0.047	W/mK
$\psi_{Mp}$	Valeur Psi partie centrale <i>selon calcul fixo</i>	0.049	W/mK
$\psi_{So}$	Valeur Psi haut <i>selon calcul fixo</i>	0.051	W/mK
$\psi_{Su}$	Valeur Psi bas <i>selon calcul fixo</i>	0.048	W/mK

Valeur $\psi_{gS}$ moyenne de l'intercalaire	$\psi_{gS}$	0.049	W/mK
--	-------------	-------	------



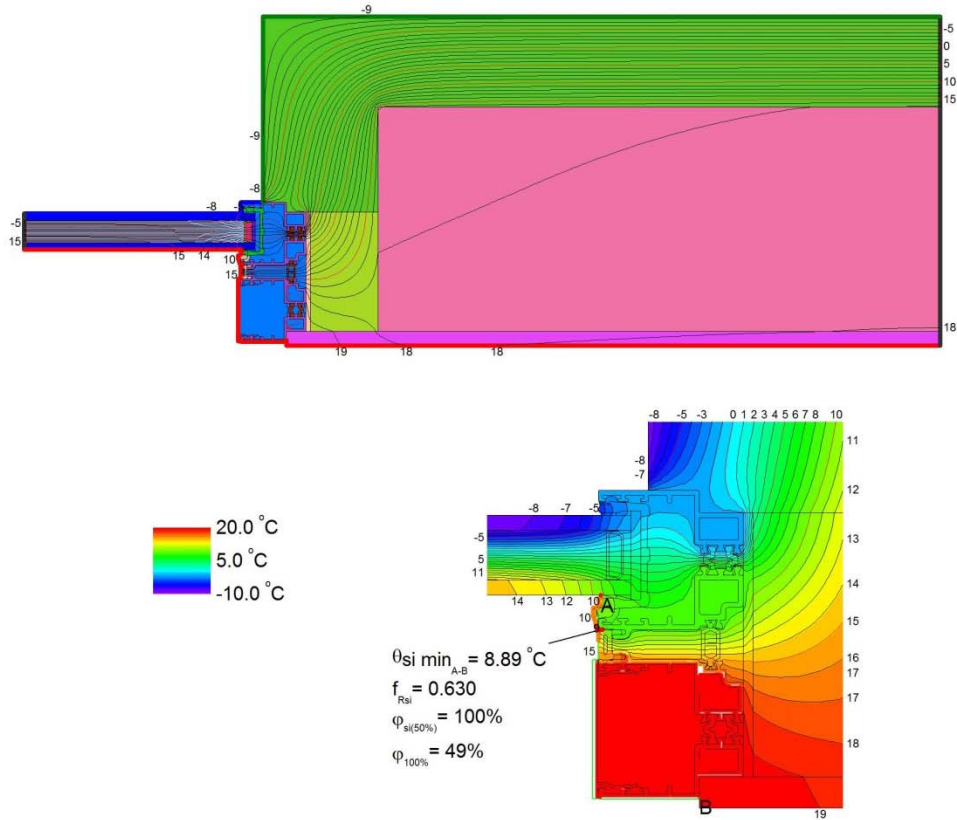
### 5.3 Valeur $U_w$ de la fenêtre

La valeur  $U_w$  présentée dans le tableau ci-dessous est calculée avec les dimensions extérieures du cadre.

Valeur U de la fenêtre coulissante $U_w$	
	
<b>Mesures de référence:</b>	
Larg. vide maçonnerie	4500 mm
Haut. vide maçonnerie	2300 mm
Larg. cadre côté EFs	60 mm
Larg. cadre côté ESs	96 mm
Larg. partie centrale RMp	24 mm
Larg. cadre haut EFo	65 mm
Larg. cadre haut ESo	65 mm
Larg. cadre bas EFu	58 mm
Larg. cadre bas ESu	60 mm
<b>Verre partie fixe</b>	
Surf. verre $A_{gF}$	4.702 m <sup>2</sup>
Valeur $U_{gF}$ du verre	1.1 W/(m <sup>2</sup> K)
Périmètre de l'inter. $l_{gF}$	8.674 m
Valeur $\psi_{gF}$ de l'inter.	0.046 W/(mK)
<b>Verre partie coulissante</b>	
Surf. verre $A_{gS}$	4.698 m <sup>2</sup>
Valeur $U_{gS}$ du verre	1.1 W/(m <sup>2</sup> K)
Périmètre de l'inter. $l_{gS}$	8.670 m
Valeur $\psi_{gS}$ de l'inter.	0.049 W/(mK)
<b>Cadre</b>	
Surf. cadre $A_{f, lumière}$	0.950 m <sup>2</sup>
Valeur $U_f$ moy. du cadre	4.865 W/(m <sup>2</sup> K)
<b>Calcul de la valeur <math>U_w</math></b>	
$U_w = \frac{U_i \cdot A_{f, licht} + U_g \cdot A_{gF} + U_g \cdot A_{gS} + \psi_{gF} \cdot l_{gF} + \psi_{gS} \cdot l_{gS}}{A_w} \quad [W/m^2K]$	
<b>Part de vitrage</b>	
$(A_{gF} + A_{gS}) / A_w \cdot 100$	90.8 %
<b>Porte-fenêtre coulissante</b>	
Surface $A_w$	10.35 m <sup>2</sup>
Valeur $U_w$	1.525 W/(m <sup>2</sup> K)
<b>Valeur <math>U_w</math> déclarée</b>	<b>1.5 W/(m<sup>2</sup>K)</b>

## 5.4 Valeur fRsi

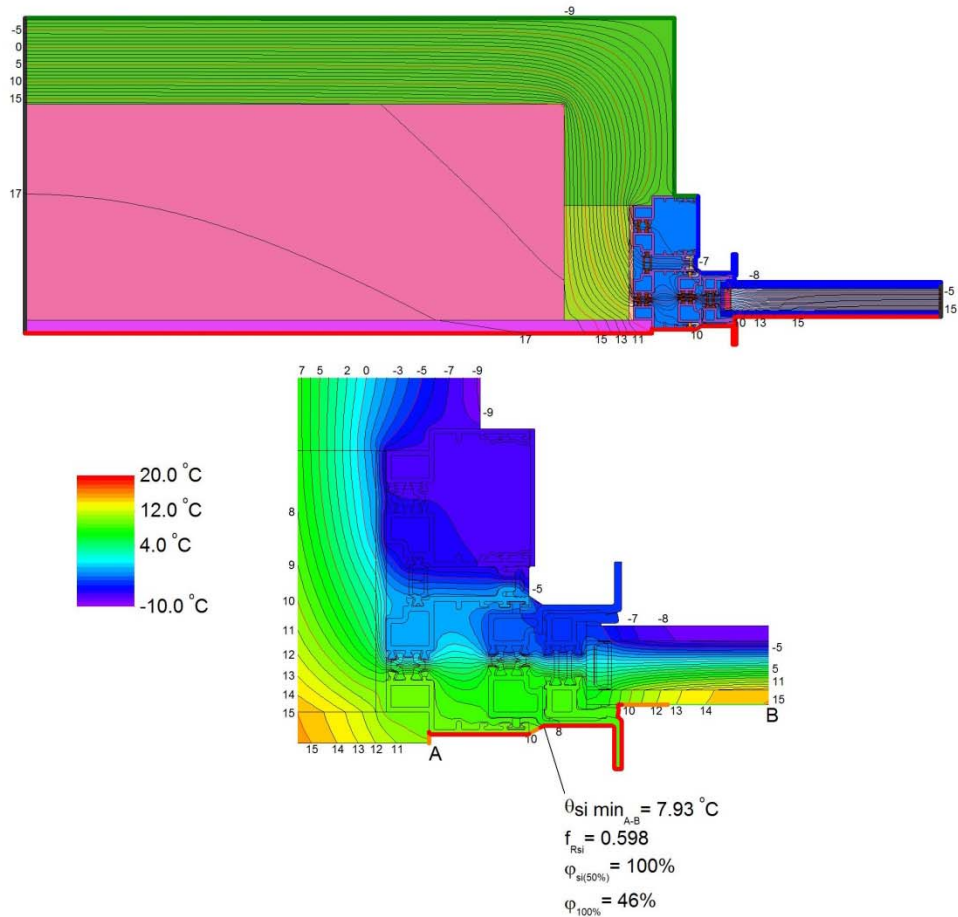
### 5.4.1 Détail côté fixe



Material	$\lambda$ [W/(m·K)]	Randbedingung	$q$ [W/m <sup>2</sup> ]	$\theta$ [°C]	$R$ [(m <sup>2</sup> ·K)/W]	$\epsilon$
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000	Aussen Fenster	-10.000	0.040		
Beton armiert (mit 2% Stahl)	2.500	Aussen stark belüftet	-10.000	0.130		
Butyl (Isobuten), heissgeschmolzen	0.240	Innen Standard	20.000	0.130		
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250	Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			
Floatglas	1.000					
GFK	0.300					
Gasfüllung(35)	0.028					
Innenputz für normale Berechnungen	0.700					
Jackodur KF 300 (1)	0.035					
Molekularsieb (Trockenmittel)	0.100					
Nichtrostender Stahl (1)	17.000					
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300					
Polysulfid (1)	0.400					
Tecatherm	0.230					
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9					
Weisstanne, Fichte, Sitkafichte	0.110					
swissporLAMBDA Light (1)	0.032					

fixo professional 7.0.612.1

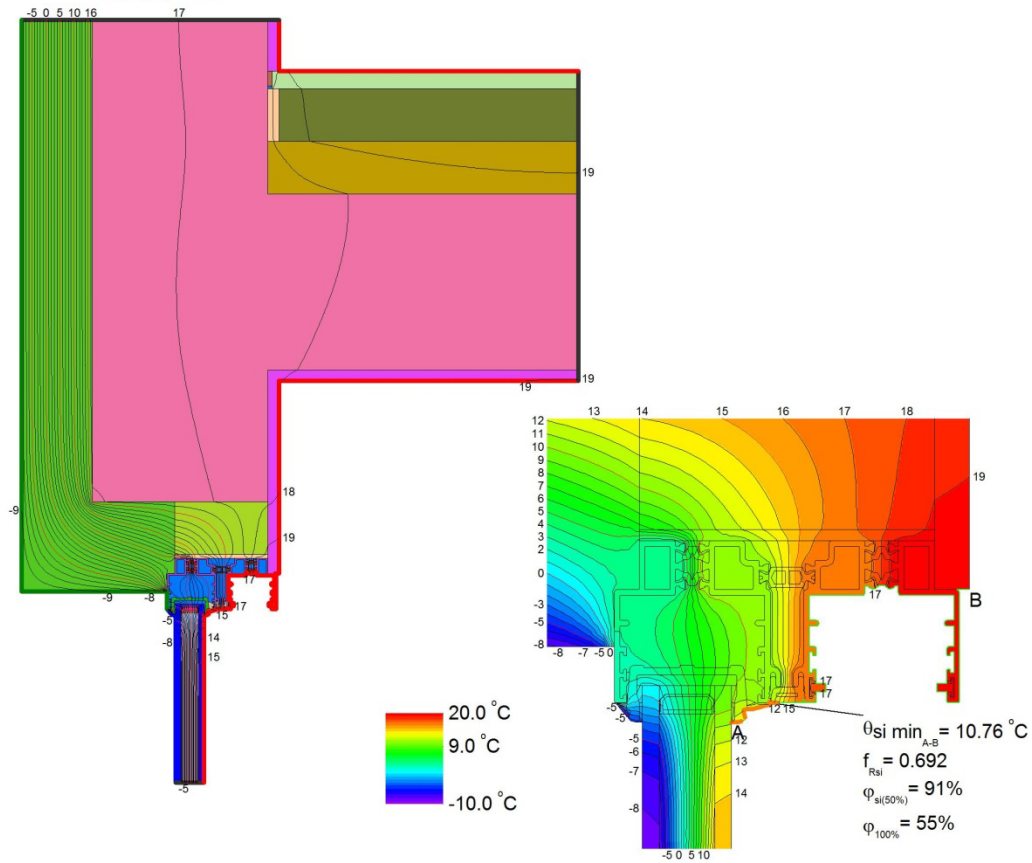
### 5.4.2 Détail côté coulissant



Material	$\lambda$ [W/(m·K)]	Randbedingung	$q$ [W/m <sup>2</sup> ]	$\theta$ [°C]	$R$ [(m <sup>2</sup> ·K)/W]	$\varepsilon$
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000	Aussen Fenster	-10.000	-10.000	0.040	
Beton armiert (mit 2% Stahl)	2.500	Aussen stark belüftet	-10.000	-10.000	0.130	
Butyl (Isobuten), heissgeschmolzen	0.240	Innen Standard	20.000	20.000	0.130	
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250	Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			
Floatglas	1.000					
Gasfüllung(31)	0.028					
Innenputz für normale Berechnungen	0.700					
Jackodur KF 300 (1)	0.035					
Leicht belüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9					
Molekularsieb (Trockenmittel)	0.100					
Nichtrostender Stahl (1)	17.000					
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300					
Polypropylen mit 25% Glasfaser verstärkt	0.250					
Polysulfid (1)	0.400					
Tecatherm	0.230					
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9					
Weisstanne, Fichte, Sitkafichte	0.110					
swissporLAMBDA Light (1)	0.032					

flixo professional 7.0.612.1

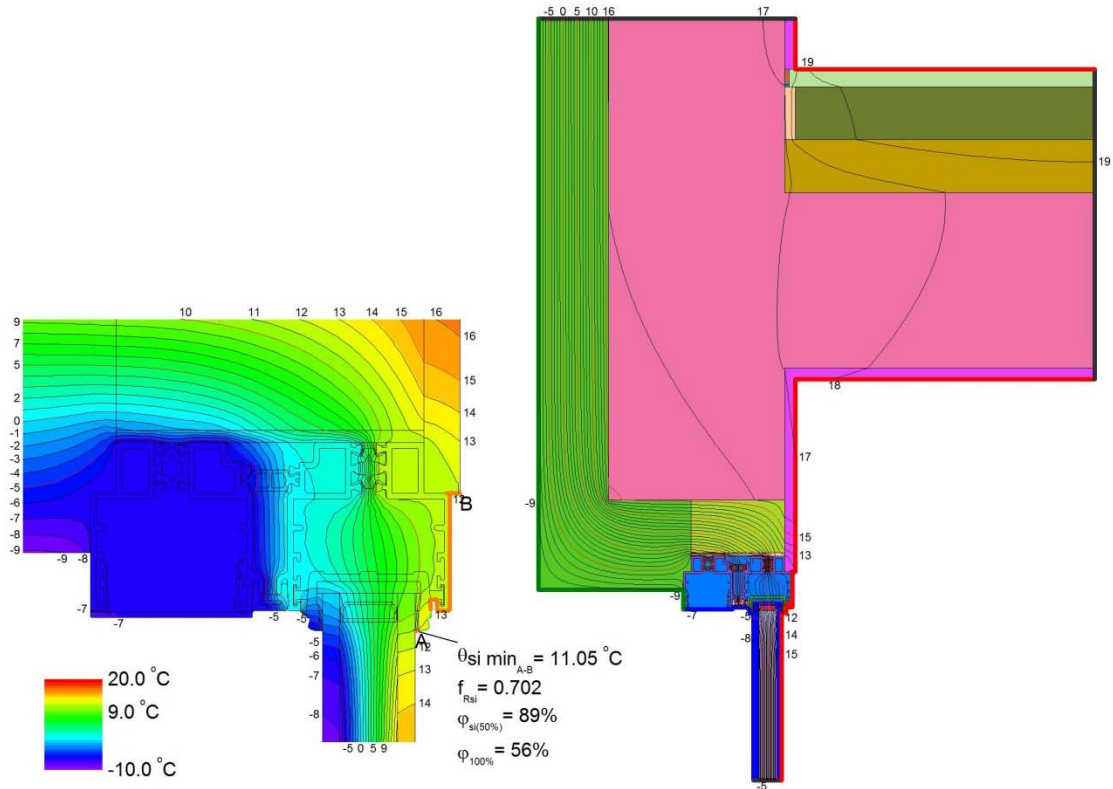
### 5.4.3 Détail haut fixe



Material	$\lambda$ [W/(m·K)]	Randbedingung	$q$ [W/m <sup>2</sup> ]	$\theta$ [°C]	$R$ [(m <sup>2</sup> ·K)/W]	$\epsilon$
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000	Aussen Fenster	-10.000		0.040	
Beton armiert (mit 2% Stahl)	2.500	Aussen stark belüftet	-10.000		0.130	
Butyl (Isobuten), heissgeschmolzen	0.240	Innen Standard	20.000		0.130	
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250	Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			
Floatglas	1.000					
GFK	0.300					
Gasfüllung(34)	0.028					
Hart-Holz	0.180					
ISOVER ISOFLAT	0.038					
Innenputz für normale Berechnungen	0.700					
Jackodur KF 300 (1)	0.035					
Molekularsieb (Trockenmittel)	0.100					
Nichtrostender Stahl (1)	17.000					
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300					
Polypropylen mit 25% Glasfaser verstärkt	0.250					
Polysulfid (1)	0.400					
Rein-Silikon	0.350					
Tecatherm	0.230					
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9					
Weisstanne, Fichte, Sitkafichte	0.110					
Zement-Estrich	1.400					
swissporLAMBDA Light (1)	0.032					

fixo professional 7.0.612.1

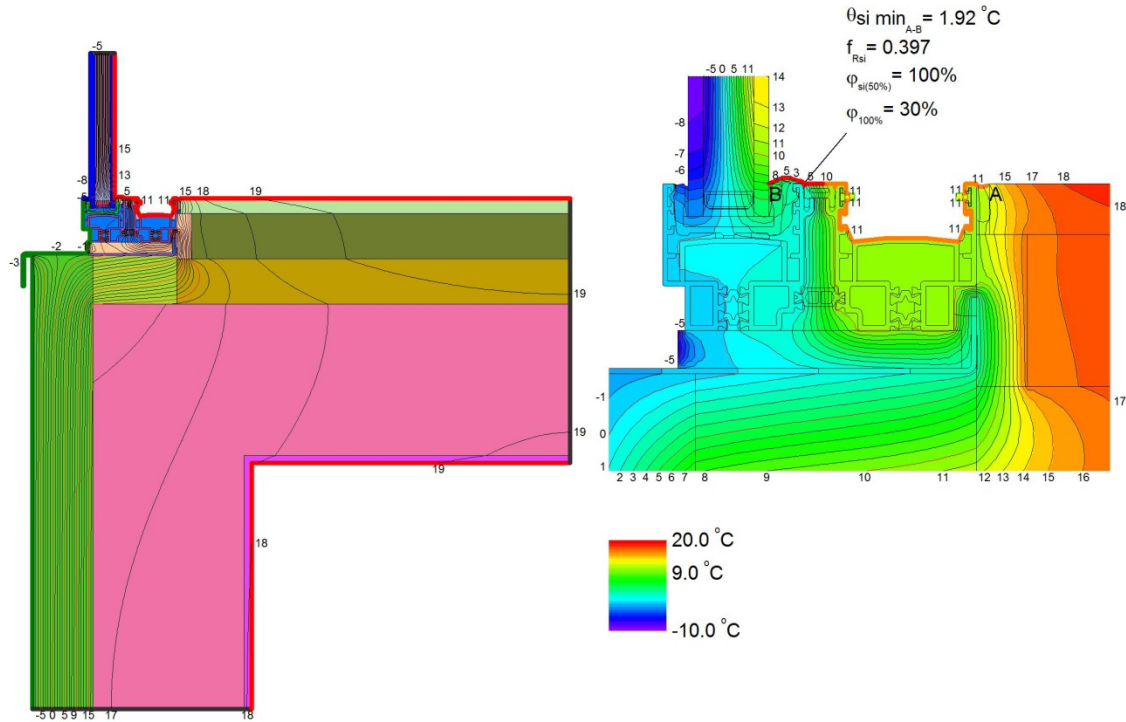
### 5.4.4 Détail haut coulissant



Material	$\lambda [W/(m \cdot K)]$	Randbedingung	$q [W/m^2]$	$\theta [^\circ C]$	$R [(m^2 \cdot K)/W]$	$\epsilon$
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000	Aussen Fenster		-10.000	0.040	
Beton armiert (mit 2% Stahl)	2.500	Aussen stark belüftet		-10.000	0.130	
Butyl (Isobuten), heissgeschmolzen	0.240	Innen Standard		20.000	0.130	
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250	Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			
Floatglas	1.000					
GFK	0.300					
Gasfüllung(29)	0.028					
Hart-Holz	0.180					
ISOVER ISOFLAT	0.038					
Innenputz für normale Berechnungen	0.700					
Jackodor KF 300 (1)	0.035					
Leicht belüfete Hohlräume	Eps=0.9/0.9					
Molekularsieb (Trockenmittel)	0.100					
Nichtrostender Stahl (1)	17.000					
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300					
Polypropylen mit 25% Glasfaser verstärkt	0.250					
Polysulfid (1)	0.400					
Rein-Silikon	0.350					
Tecatherm	0.230					
Unbelüfete Hohlräume	Eps=0.9/0.9					
Weisstanne, Fichte, Sitkafichte	0.110					
Zement-Estrich	1.400					
swissporLAMBDA Light (1)	0.032					

flixo professional 7.0.612.1

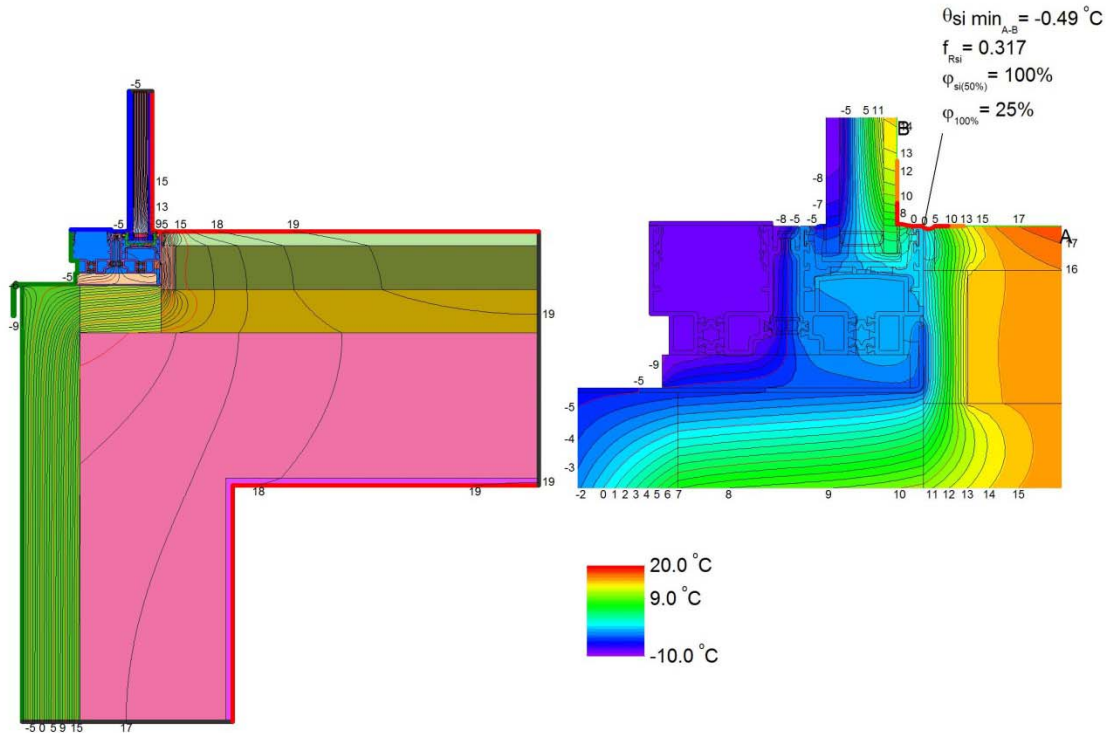
### 5.4.5 Détail bas fixe



Material	$\lambda[W/(m \cdot K)]$	Randbedingung	$q[W/m^2]$	$\theta_f[^\circ C]$	$R[(m^2 \cdot K)/W]$	$\epsilon$
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000	Aussen Fenster	-10.000	0.040		
Beton armiert (mit 2% Stahl)	2.500	Aussen stark belüftet	-10.000	0.130		
Butyl (Isobuten), heissgeschmolzen	0.240	Innen Standard	20.000	0.130		
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250	Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			
Floatglas	1.000					
GFK	0.300					
Gasfüllung(31)	0.028					
Hart-Holz	0.180					
ISOVER ISOFLOAT	0.038					
Innenputz für normale Berechnungen	0.700					
Jackodur KF 300 (1)	0.035					
Leicht belüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9					
Molekularsieb (Trockenmittel)	0.100					
Nichtrostender Stahl (1)	17.000					
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300					
Polypropylen mit 25% Glasfaser verstärkt	0.250					
Polysulfid (1)	0.400					
Rein-Silikon	0.350					
Tecatherm	0.230					
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9					
Weisstanne, Fichte, Sitkafichte	0.110					
Zement-Estrich	1.400					
swissporLAMBDA Light (1)	0.032					

fixo professional 7.0.612.1

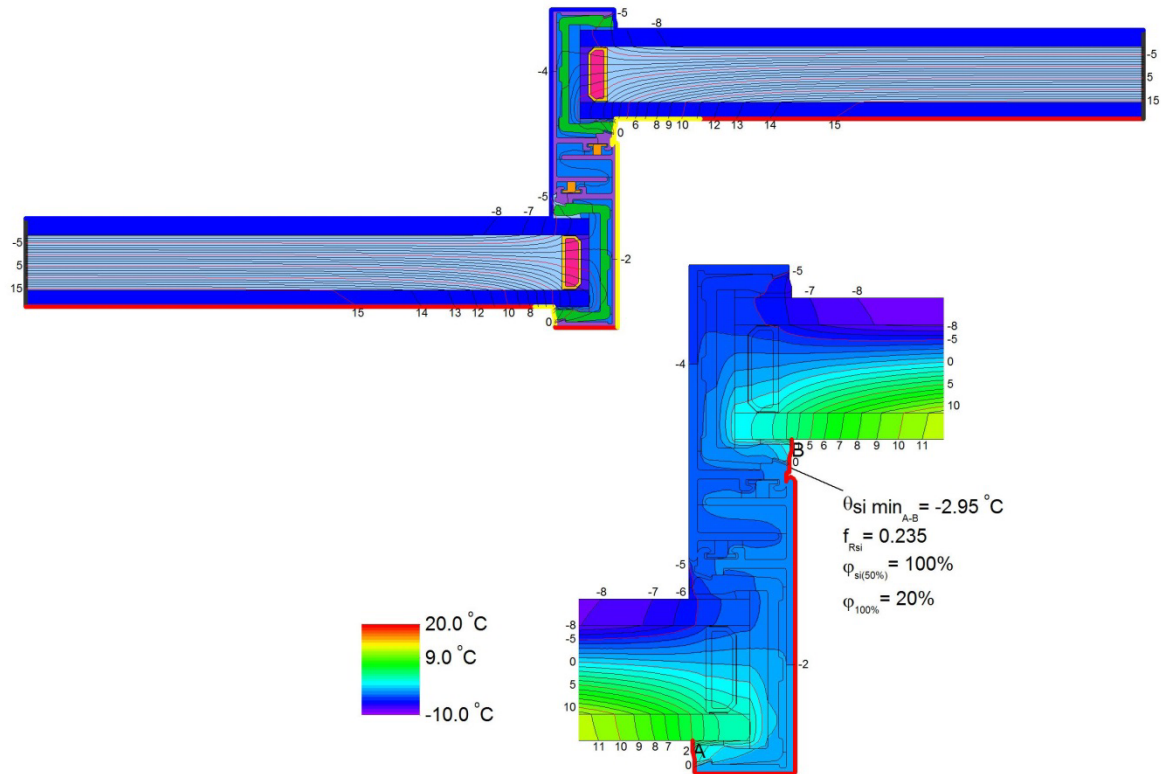
### 5.4.6 Détail bas coulissant



Material	$\lambda[W/(m \cdot K)]$	Randbedingung	$q[W/m^2]$	$\theta_i[^\circ C]$	$R[(m^2 \cdot K)/W]$	$\epsilon$
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000	Aussen Fenster	-10.000		0.040	
Beton armiert (mit 2% Stahl)	2.500	Aussen stark belüftet	-10.000		0.130	
Butyl (Isobuten), heissgeschmolzen	0.240	Innen Standard	20.000		0.130	
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250	Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			
Floatglas	1.000					
GFK	0.300					
Gasfüllung(28)	0.028					
Hart-Holz	0.180					
ISOVER ISOFLAT	0.038					
Innenputz für normale Berechnungen	0.700					
Jackodur KF 300 (1)	0.035					
Leicht belüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9					
Molekularsieb (Trockenmittel)	0.100					
Moosgummi	0.050					
Nichtrostender Stahl (1)	17.000					
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300					
Polypropylen mit 25% Glasfaser verstärkt	0.250					
Polysulfid (1)	0.400					
Rein-Silikon	0.350					
Tecatherm	0.230					
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9					
Weisstanne, Fichte, Sitkafichte	0.110					
Zement-Estrich	1.400					
swissporLAMBDA Light (1)	0.032					

fixo professional 7.0.612.1

### 5.4.7 Détail partie centrale



Material	$\lambda$ [W/(m·K)]	Randbedingung	$q$ [W/m <sup>2</sup> ]	$\theta$ [°C]	$R$ [(m <sup>2</sup> ·K)/W]	$\varepsilon$
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000	Aussen Fenster		-10.000	0.040	
Butyl (Isobuten), heissgeschmolzen	0.240	Innen Fensterrahmen Reduziert		20.000	0.200	
Floatglas	1.000	Innen Fensterrahmen Standard		20.000	0.130	
GFK	0.300	Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			
Gasfüllung(29)	0.028					
Gasfüllung(30)	0.028					
Leicht belüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9					
Maske	0.035					
Molekularsieb (Trockenmittel)	0.100					
Nichtrostender Stahl (1)	17.000					
Polypropylen mit 25% Glasfaser verstärkt	0.250					
Polysulfid (1)	0.400					
Tecatherm	0.230					
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9					

fixo professional 7.0.612.1



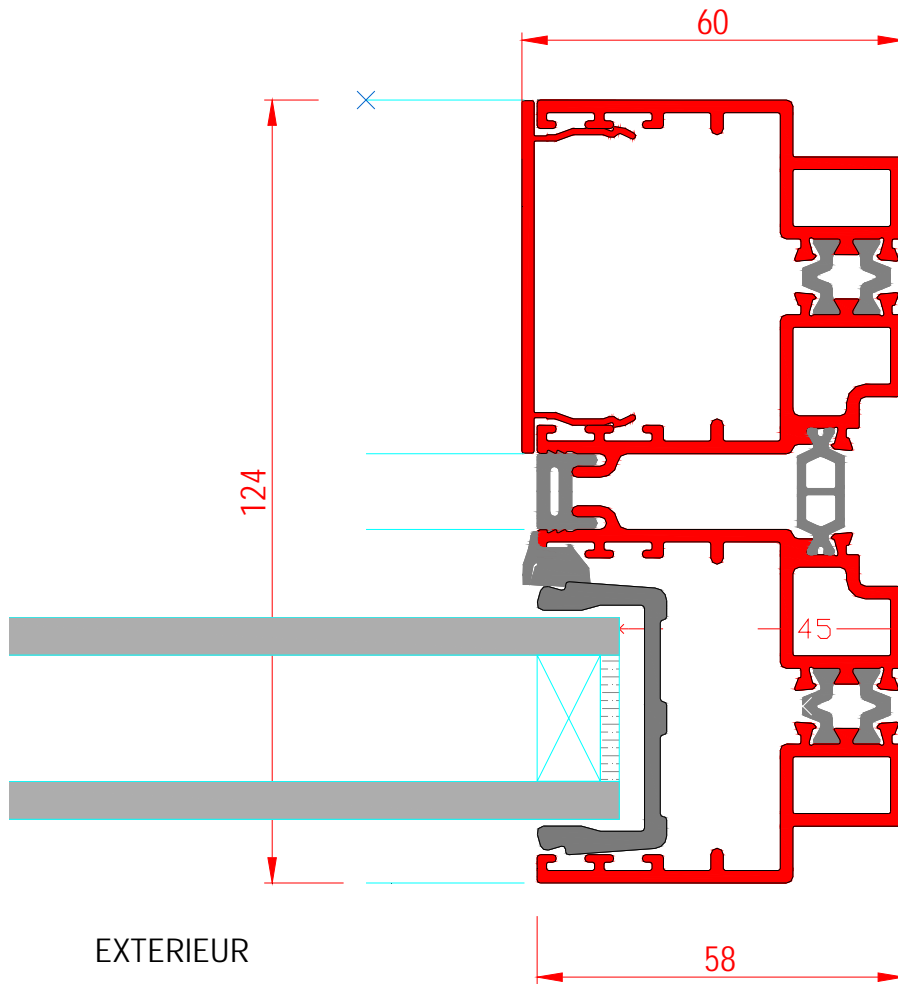
## 6 Dispositions générales

Les résultats présentés dans ce rapport se portent uniquement aux échantillons testés. Ce rapport ne peut être reproduit, en entier ou par extraits, sans l'accord de la BFH. Toute publication du rapport, en entier ou par extraits, doit être soumise à l'approbation par écrit de la BFH. Des données sur les tolérances de mesure peuvent être fournies sur demande. Un exemplaire original du rapport est conservé par la BFH pendant 5 ans. Ce rapport n'est valable qu'avec les signatures du responsable du domaine de compétences fenêtres, portes et façades et de l'auteur.

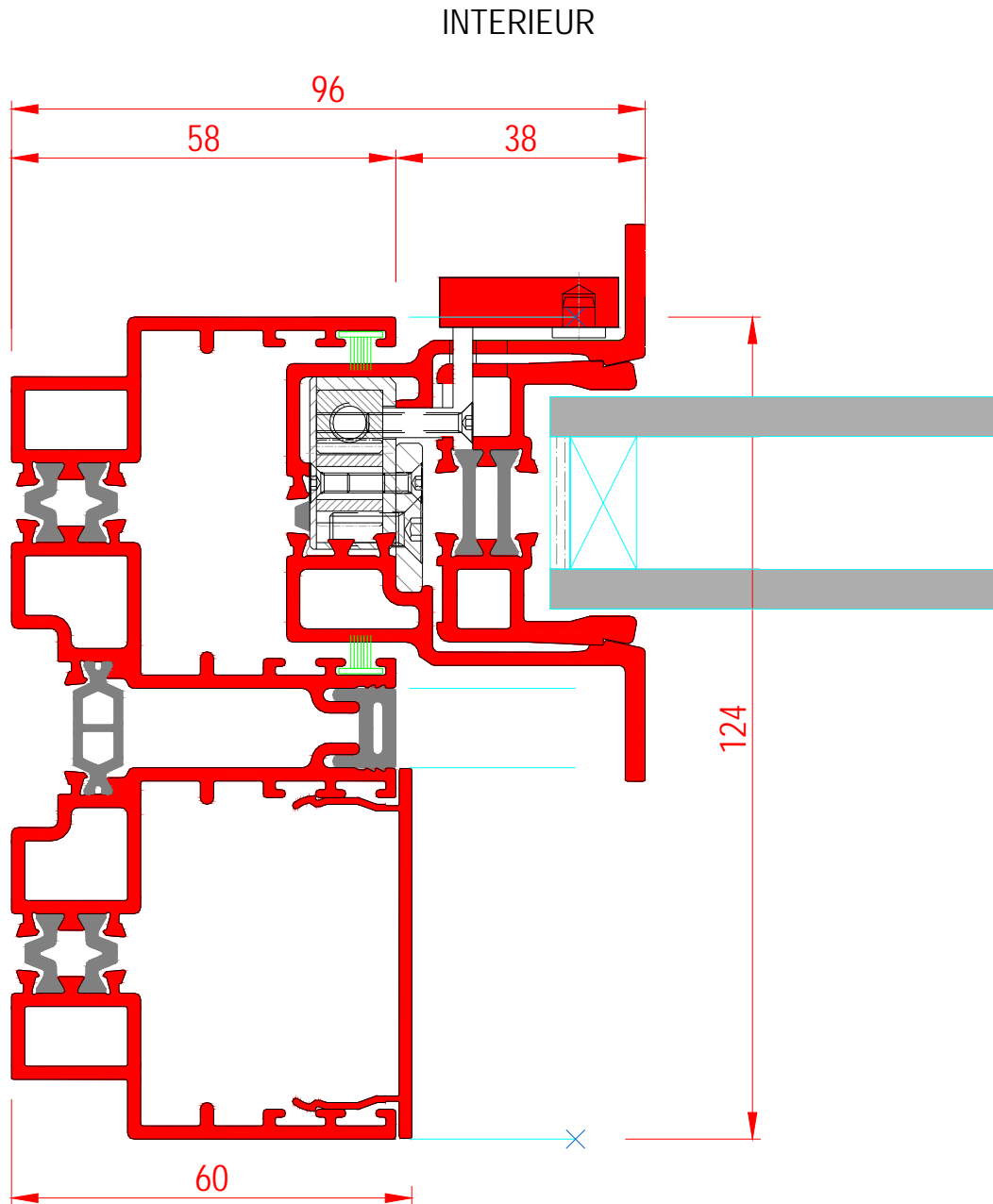
Ce rapport d'essais comporte 38 pages annexes incluses.

## Annexe A: Dessins et coupes (selon les indications du mandataire)

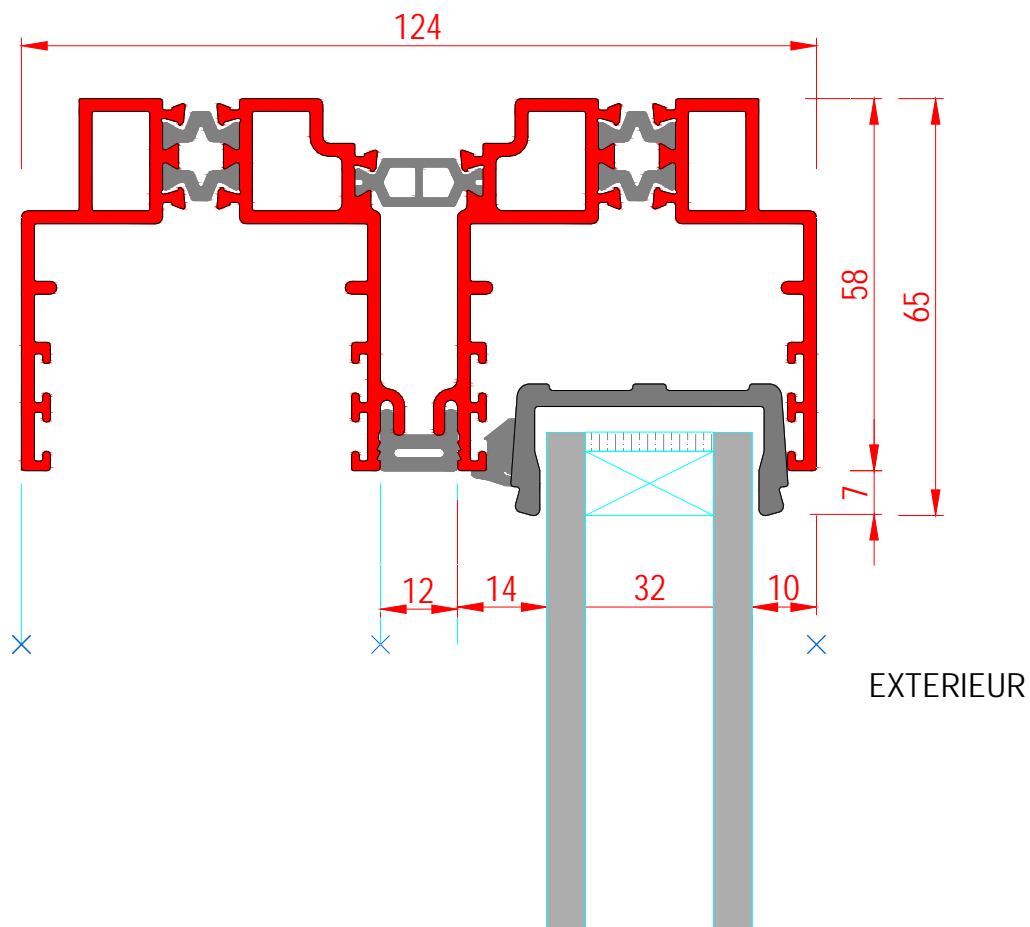
### A.1 Détail côté fixe



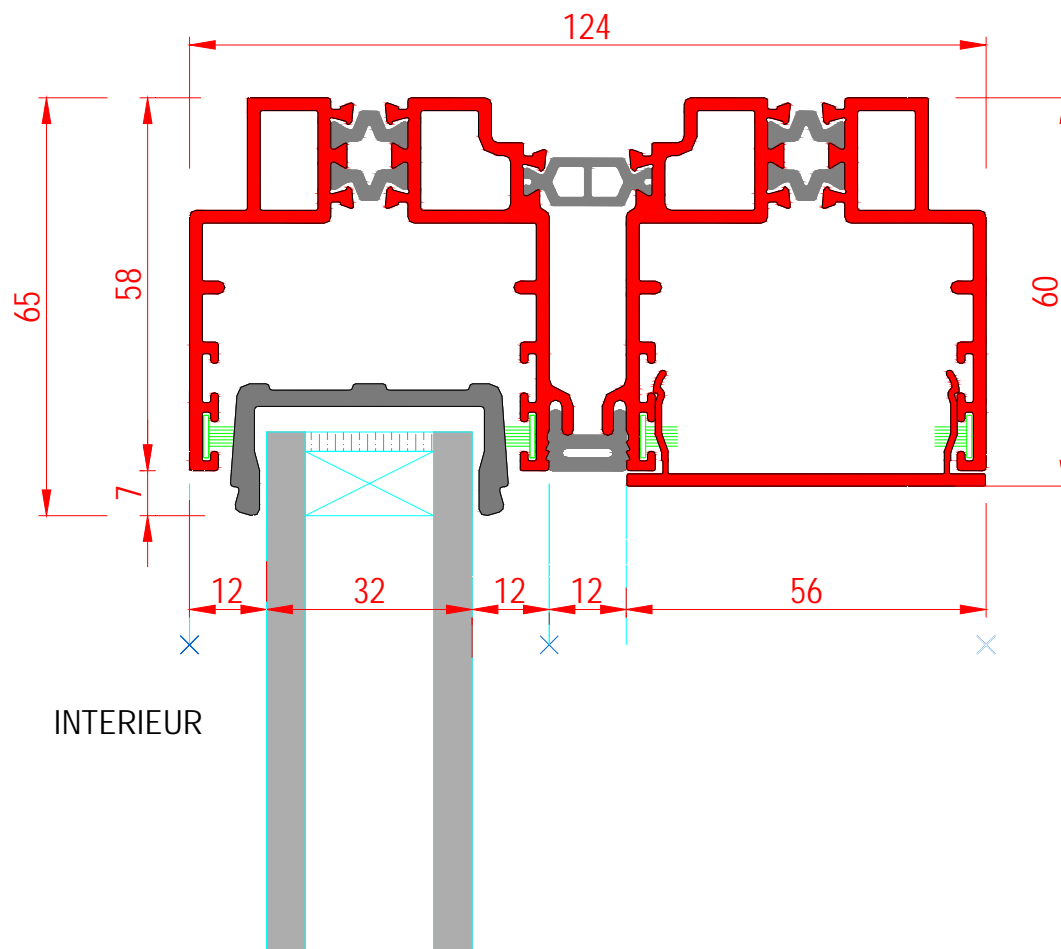
## A.2 Détail côté coulissant



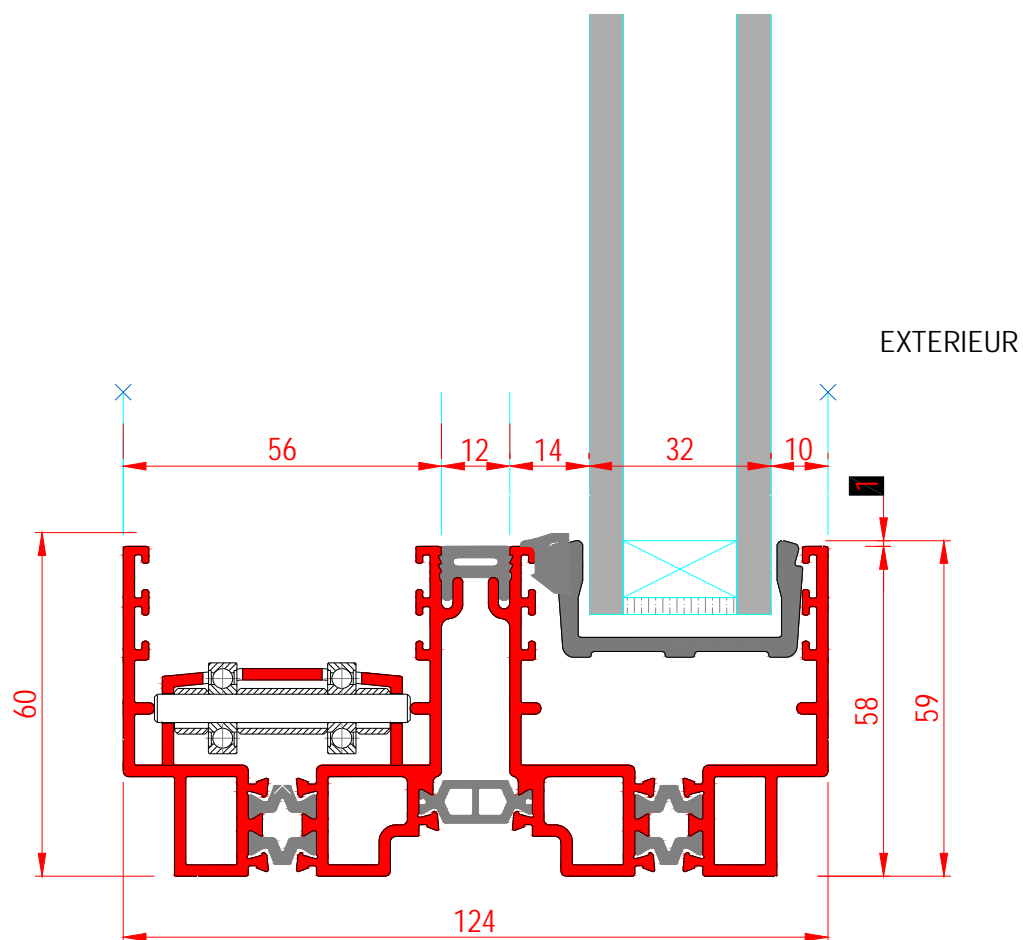
### A.3 Détail haut fixe



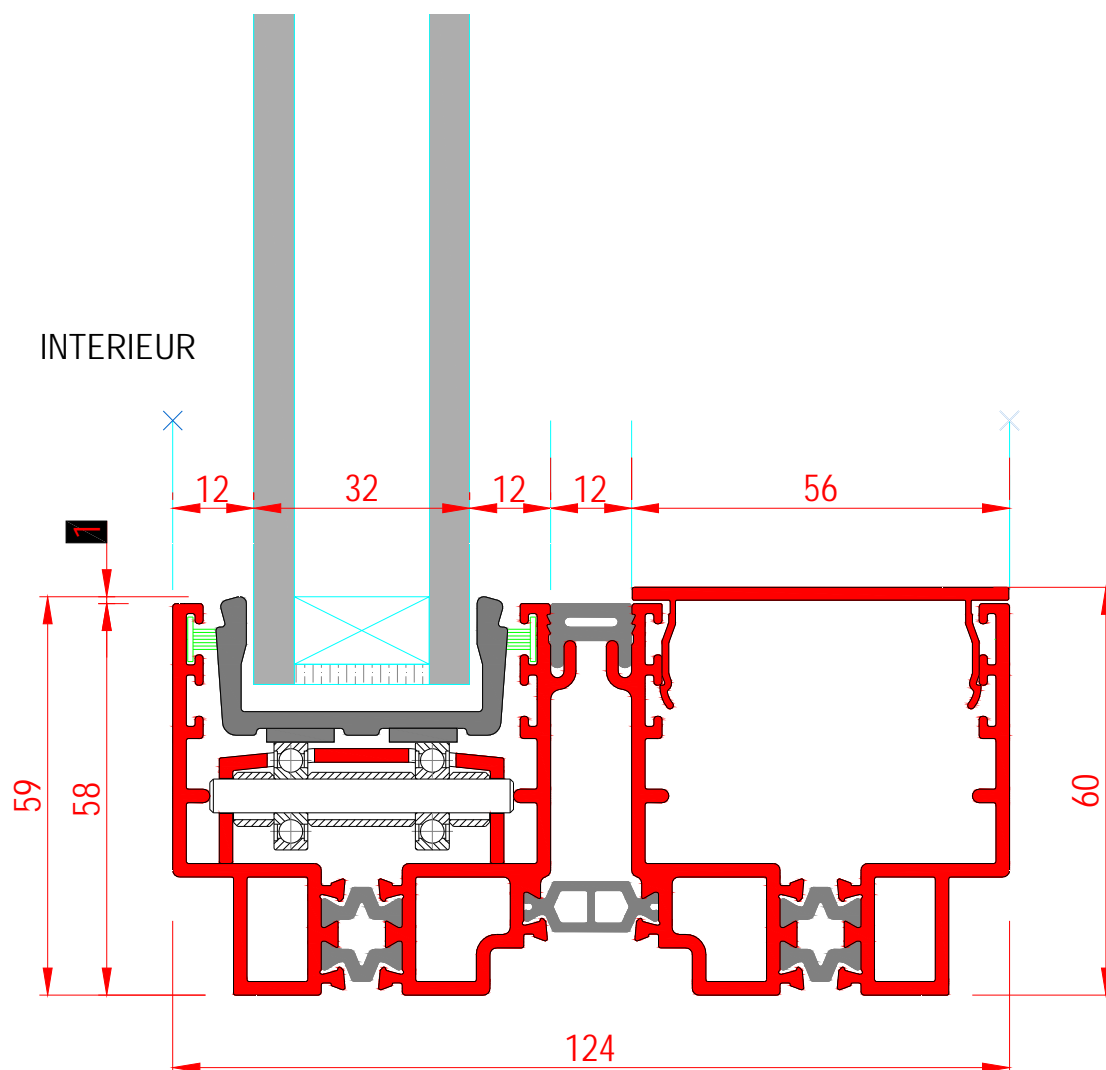
#### A.4 Détail haut coulissant



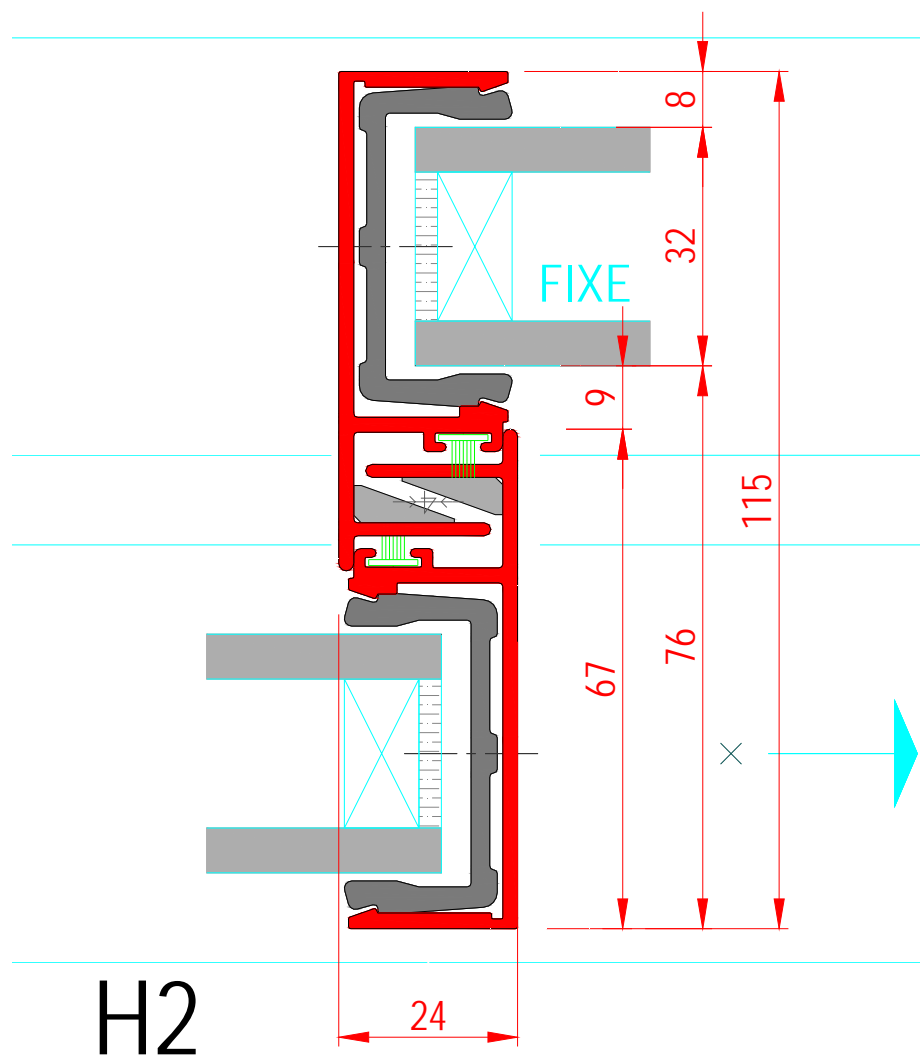
## A.5 Détail bas fixe



## A.6 Détail bas coulissant



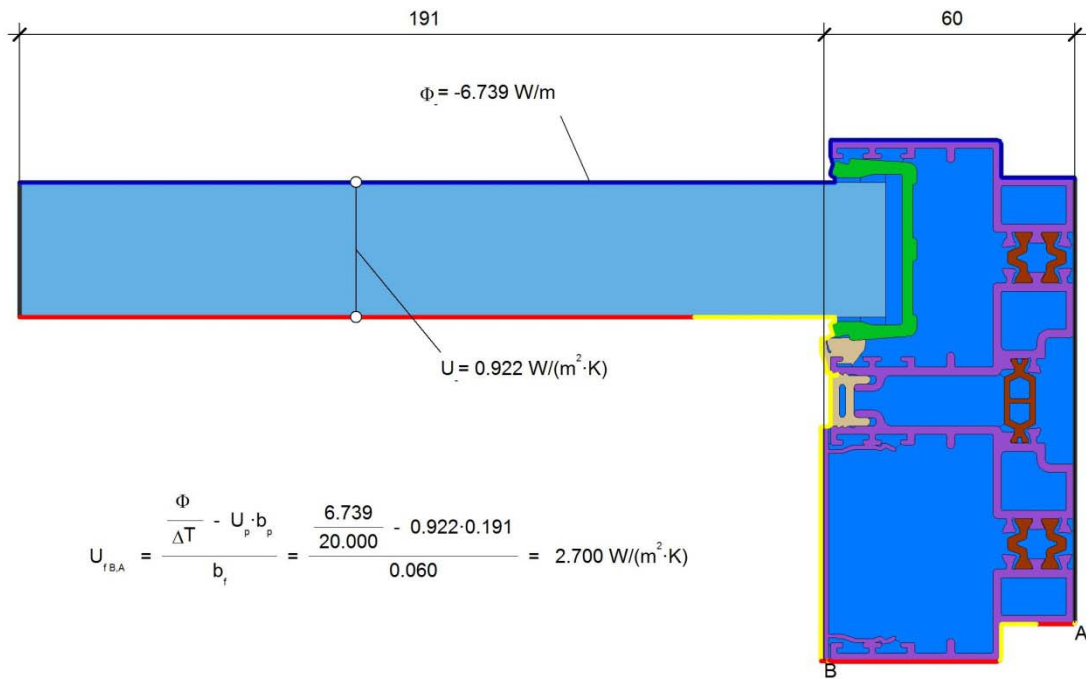
## A.7 Détail partie centrale





## Annexe B: Calcul de la valeur $U_f$ du cadre

### B.1 Détail côté fixe

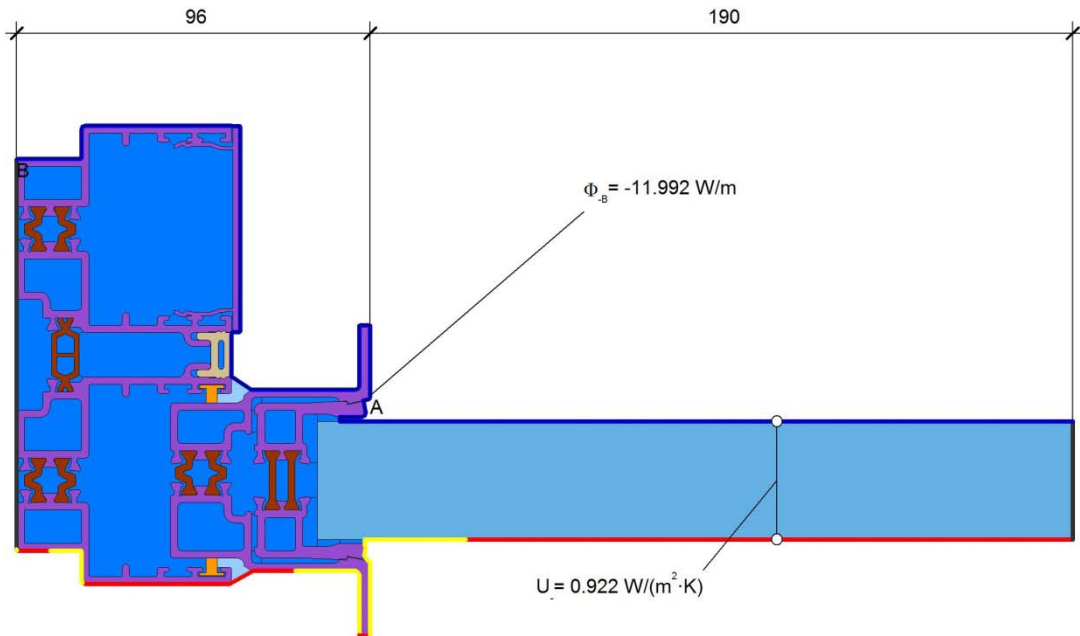


$$U_{f,BA} = \frac{\frac{\Phi}{\Delta T} - U_p \cdot b_p}{b_f} = \frac{\frac{6.739}{20.000} - 0.922 \cdot 0.191}{0.060} = 2.700 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Material	$\lambda$ [W/(m·K)]	Randbedingung	$q$ [W/m <sup>2</sup> ]	$\theta$ [°C]	$R$ [(m <sup>2</sup> ·K)/W]	$\epsilon$
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000	Aussen Fenster	0.000	0.040		
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250	Innen Fensterrahmen Reduziert	20.000	0.200		
GFK	0.300	Innen Fensterrahmen Standard	20.000	0.130		
Maske	0.035	Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300					
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9					

flixo professional 7.0.612.1

## B.2 Détail côté coulissant

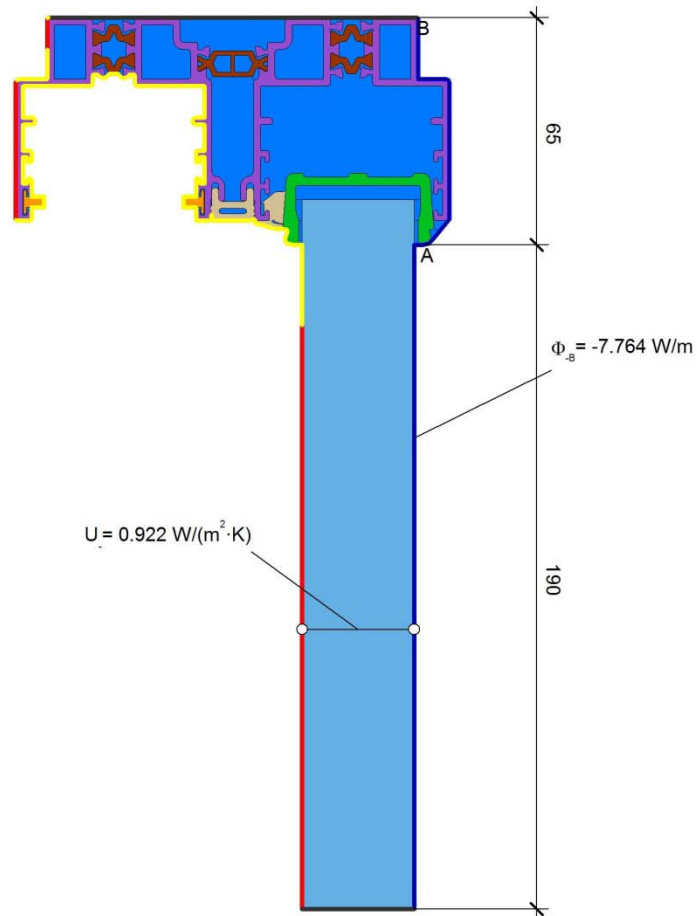


$$U_{f,A,B} = \frac{\frac{\Phi}{\Delta T} - U_p \cdot b_p}{b_f} = \frac{\frac{11.992}{20.000} - 0.922 \cdot 0.190}{0.096} = 4.439 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Material	$\lambda$ [W/(m·K)]	Randbedingung	$q$ [W/m <sup>2</sup> ]	$\theta$ [°C]	$R$ [(m <sup>2</sup> ·K)/W]	$\varepsilon$
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000	Aussen Fenster	0.000	0.040		
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250	Innen Fensterrahmen Reduziert	20.000	0.200		
Leicht belüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9	Innen Fensterrahmen Standard	20.000	0.130		
Maske	0.035	Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300					
Polypropylen mit 25% Glasfaser verstärkt	0.250					
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9					

flixo professional 7.0.612.1

### B.3 Détail haut fixe

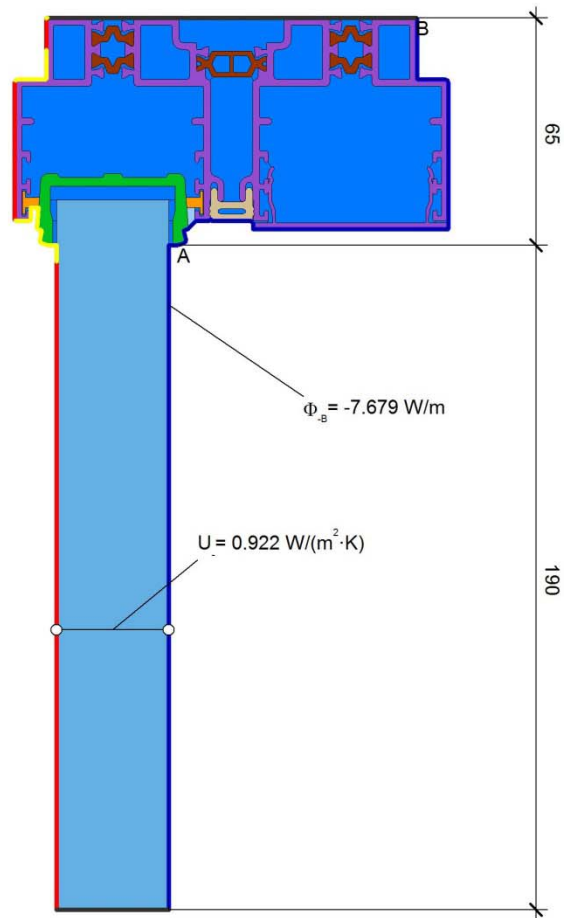


$$U_{fA,B} = \frac{\frac{\Phi}{\Delta T} - U_p \cdot b_p}{b_f} = \frac{\frac{7.764}{20.000} - 0.922 \cdot 0.190}{0.065} = 3.277 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Material	$\lambda$ [W/(m·K)]	Randbedingung	$q$ [W/m <sup>2</sup> ]	$\theta$ [°C]	$R$ [(m <sup>2</sup> ·K)/W]	$\varepsilon$
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000	Aussen Fenster	0.000	0.040		
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250	Innen Fensterrahmen Reduziert	20.000	0.200		
GFK	0.300	Innen Fensterrahmen Standard	20.000	0.130		
Maske	0.035	Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300					
Polypropylen mit 25% Glasfaser verstärkt	0.250					
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9					

fixo professional 7.0.612.1

### B.4 Détail haut coulissant

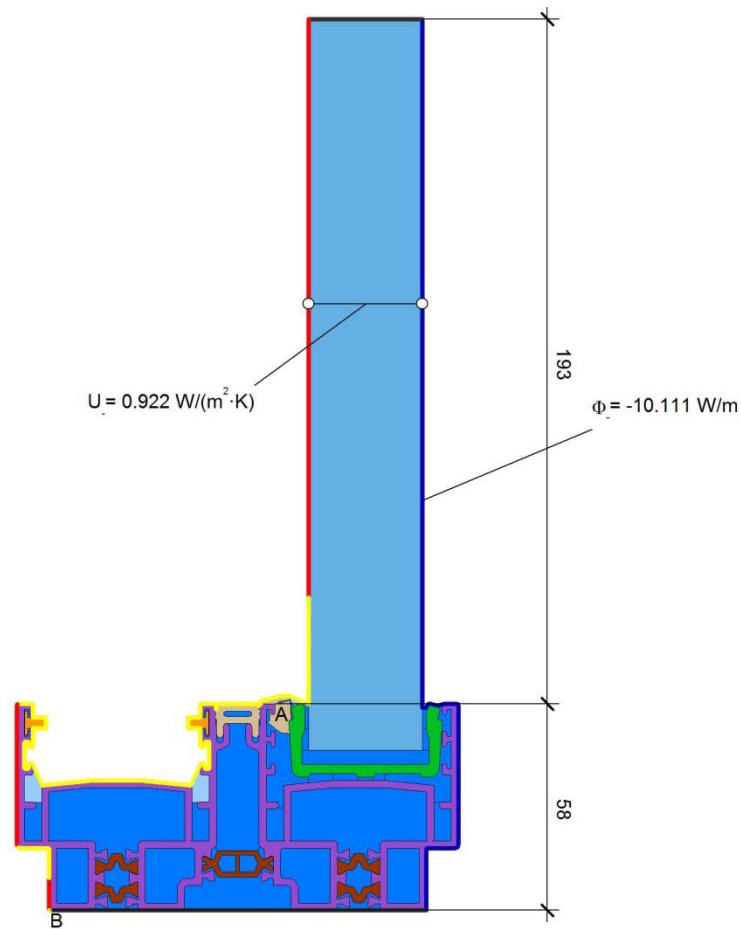


$$U_{fA,B} = \frac{\frac{\Phi}{\Delta T} - U_p \cdot b_p}{b_f} = \frac{\frac{7.679}{20.000} - 0.922 \cdot 0.190}{0.065} = 3.216 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Material	$\lambda$ [W/(m·K)]	Randbedingung	$q$ [W/m <sup>2</sup> ]	$\theta$ [°C]	$R$ [(m <sup>2</sup> ·K)/W]	$\epsilon$
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000	Aussen Fenster		0.000		0.040
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250	Innen Fensterrahmen Reduziert		20.000		0.200
GFK	0.300	Innen Fensterrahmen Standard		20.000		0.130
Leicht belüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9	Symmetrie/Bauteilschnitt		0.000		
Maske	0.035					
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300					
Polypropylen mit 25% Glasfaser verstärkt	0.250					
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9					

fixo professional 7.0.612.1

## B.5 Détail bas fixe

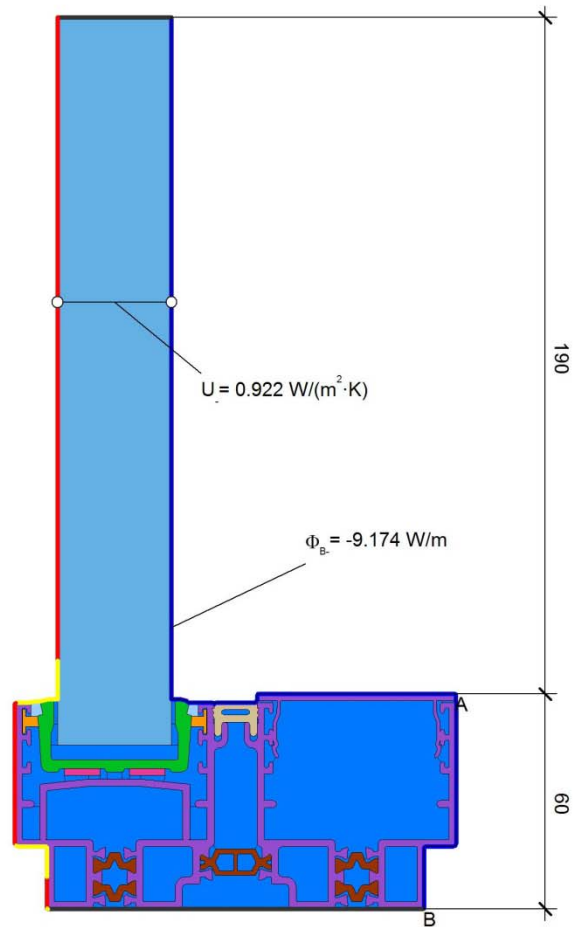


$$U_{fA,B} = \frac{\frac{\Phi}{\Delta T} - U_p \cdot b_p}{b_f} = \frac{\frac{10.111}{20.000} - 0.922 \cdot 0.193}{0.058} = 5.655 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Material	$\lambda$ [W/(m·K)]	Randbedingung	$q$ [W/m <sup>2</sup> ]	$\theta$ [°C]	$R$ [(m <sup>2</sup> ·K)/W]	$\epsilon$
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000	Aussen Fenster		0.000	0.040	
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250	Innen Fensterrahmen Reduziert		20.000	0.200	
GFK	0.300	Innen Fensterrahmen Standard		20.000	0.130	
Leicht belüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9	Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			
Maske	0.035					
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300					
Polypropylen mit 25% Glasfaser verstärkt	0.250					
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9					

fixo professional 7.0.612.1

## B.6 Détail bas coulissant

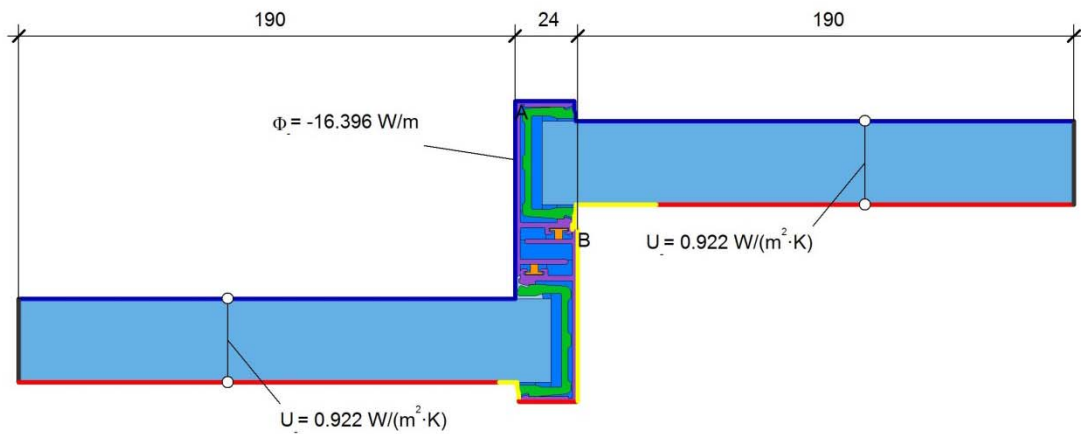


$$U_{fA,B} = \frac{\frac{\Phi}{\Delta T} - U_p \cdot b_p}{b_f} = \frac{\frac{9.174}{20.000} - 0.922 \cdot 0.190}{0.060} = 4.691 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Material	$\lambda$ [W/(m·K)]	Randbedingung	$q$ [W/m <sup>2</sup> ]	$\theta_r$ [°C]	$R$ [(m <sup>2</sup> ·K)/W]	$\varepsilon$
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000	Aussen Fenster	0.000	0.000	0.040	
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250	Innen Fensterrahmen Reduziert	20.000	20.000	0.200	
GFK	0.300	Innen Fensterrahmen Standard	20.000	20.000	0.130	
Leicht belüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9	Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			
Maske	0.035					
Moosgummi	0.050					
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300					
Polypropylen mit 25% Glasfaser verstärkt	0.250					
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9					

flixo professional 7.0.612.1

## B.7 Détail partie centrale



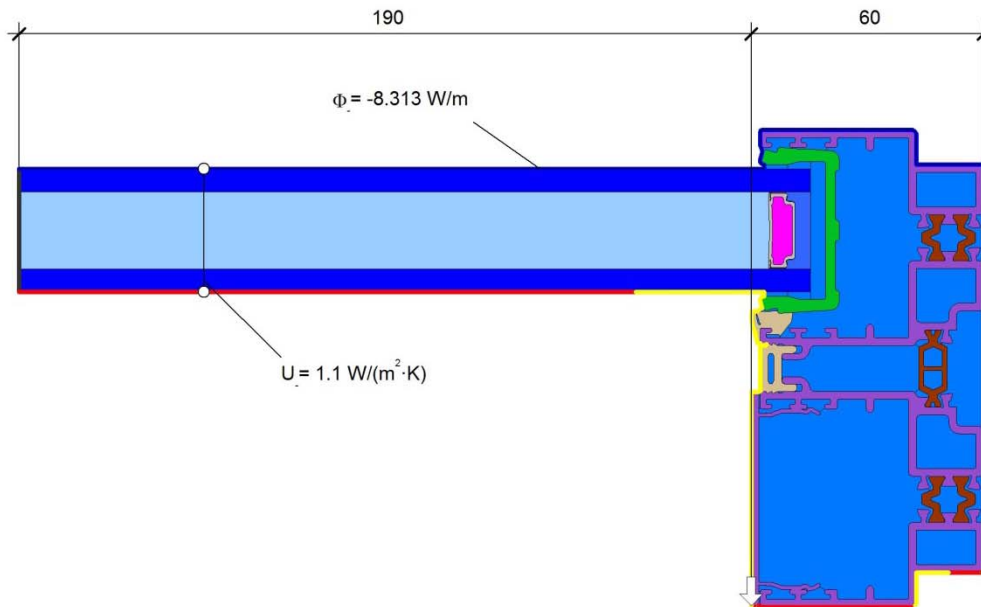
$$U_f = \frac{\frac{\Phi}{\Delta T} - U_{p1} \cdot b_{p1} - U_{p2} \cdot b_{p2}}{b_f} = \frac{\frac{16.396}{20.000} - 0.922 \cdot 0.190 - 0.922 \cdot 0.190}{0.024} = 19.555 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Material	$\lambda$ [W/(m·K)]	Randbedingung	$q$ [W/m <sup>2</sup> ]	$\theta_i$ [°C]	$R$ [(m <sup>2</sup> ·K)/W]	$\varepsilon$
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000	Aussen Fenster	0.000	0.040		
GFK	0.300	Innen Fensterrahmen Reduziert	20.000	0.200		
Leicht belüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9	Innen Fensterrahmen Standard	20.000	0.130		
Maske	0.035	Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			
Polypropylen mit 25% Glasfaser verstärkt	0.250					
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9					

fixo professional 7.0.612.1

## Annexe C: Calcul de la valeur $\psi_g$ de l'intercalaire

### C.1 Détail côté fixe



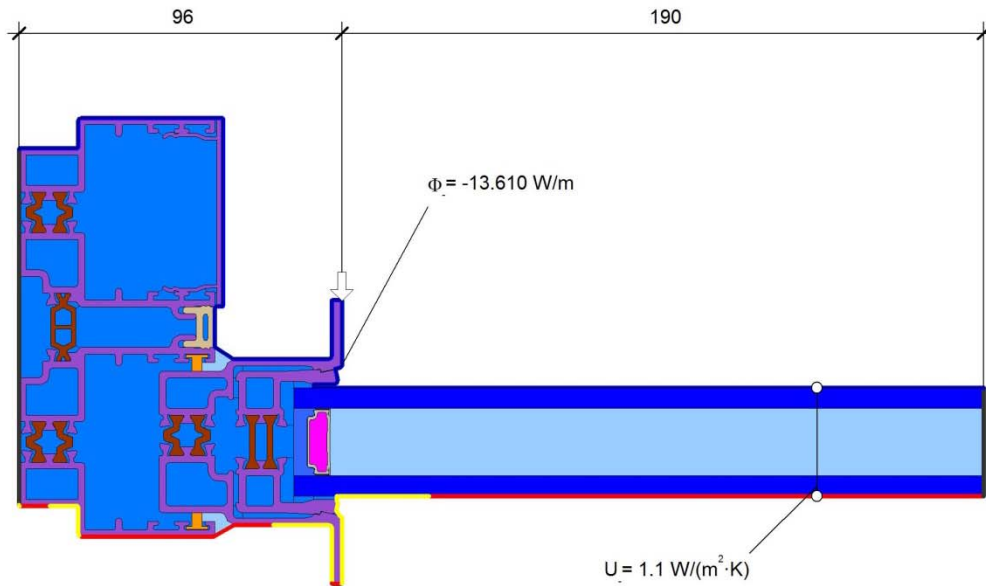
$$\psi = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_g \cdot b_g - U_f \cdot b_f = \frac{8.313}{20.000} - 1.100 \cdot 0.190 - 2.673 \cdot 0.060 = 0.045 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$

Material	$\lambda$ [W/(m·K)]	Randbedingung	$q$ [W/m <sup>2</sup> ]	$\theta$ [°C]	$R$ [(m <sup>2</sup> ·K)/W]	$\varepsilon$
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000	Aussen Fenster	0.000	0.000	0.040	
Butyl (Isobuten), heissgeschmolzen	0.240	Innen Fensterrahmen Reduziert	20.000	20.000	0.200	
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250	Innen Fensterrahmen Standard	20.000	20.000	0.130	
Floatglas	1.000	Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			
GFK	0.300					
Gasfüllung(36)	0.028					
Nichtrostender Stahl (1)	25.000					
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300					
Polypropylen	0.193					
Polysulfid (1)	0.400					
Silicagel (Trockenmittel) (1)	0.130					
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9					

fixo professional 7.0.612.1



## C.2 Détail côté coulissant

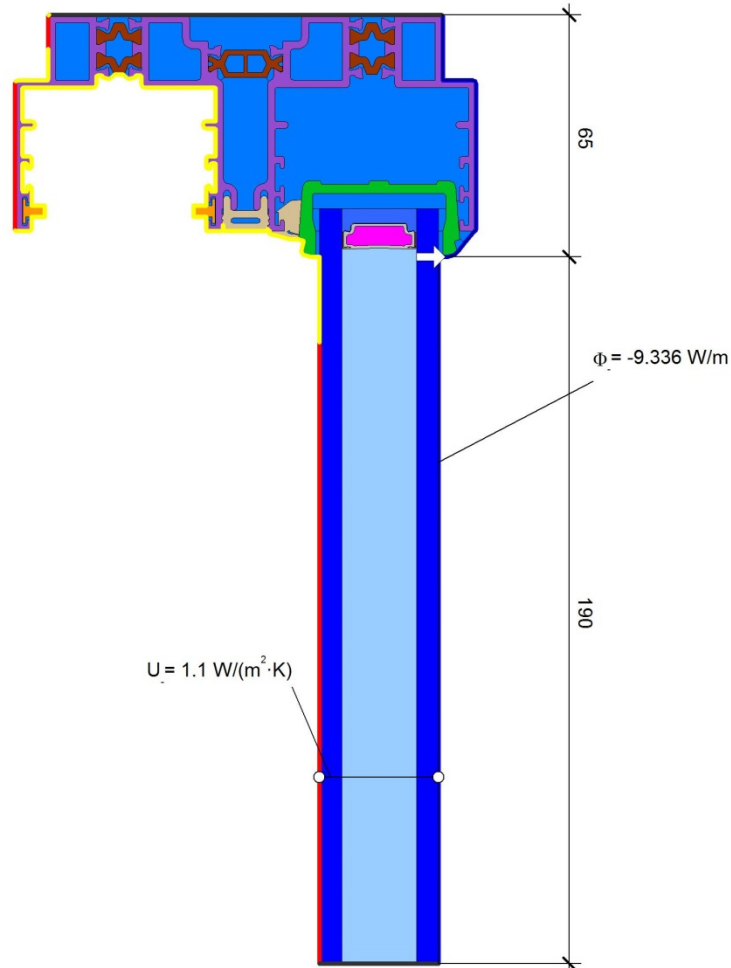


$$\psi = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_g \cdot b_g - U_r \cdot b_r = \frac{13.610}{20.000} - 1.100 \cdot 0.190 - 4.439 \cdot 0.096 = 0.047 \text{ W}/(\text{m} \cdot \text{K})$$

Material	$\lambda$ [W/(m·K)]	Randbedingung	$q$ [W/m <sup>2</sup> ]	$\theta$ [°C]	$R$ [(m <sup>2</sup> ·K)/W]	$\varepsilon$
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000	Aussen Fenster	0.000	0.040		
Butyl (Isobuten), heissgeschmolzen	0.240	Innen Fensterrahmen Reduziert	20.000	0.200		
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250	Innen Fensterrahmen Standard	20.000	0.130		
Floatglas	1.000	Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			
Gasfüllung(31)	0.028					
Leicht belüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9					
Nichtrostender Stahl (1)	25.000					
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300					
Polypropylen	0.193					
Polypropylen mit 25% Glasfaser verstärkt	0.250					
Polysulfid (1)	0.400					
Silicagel (Trockenmittel) (1)	0.130					
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9					

fixo professional 7.0.612.1

### C.3 Détail haut fixe

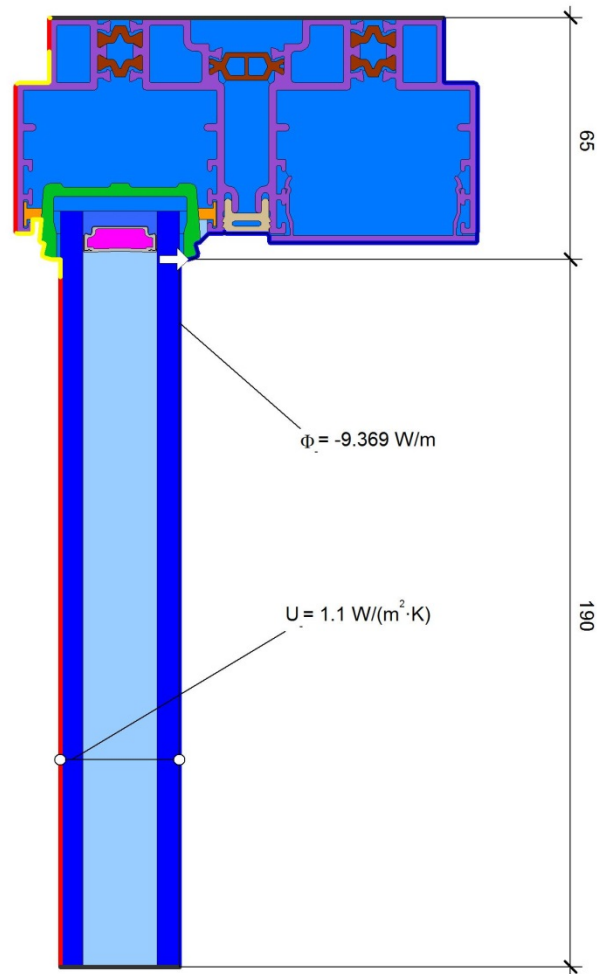


$$\psi = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_g \cdot b_g - U_f \cdot b_f = \frac{9.336}{20.000} - 1.100 \cdot 0.190 - 3.277 \cdot 0.065 = 0.045 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

Material	$\lambda$ [W/(m·K)]	Randbedingung	$q$ [W/m <sup>2</sup> ]	$\theta$ [°C]	$R$ [(m <sup>2</sup> ·K)/W]	$\varepsilon$
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000	Aussen Fenster	0.000	0.040		
Butyl (Isobuten), heissgeschmolzen	0.240	Innen Fensterrahmen Reduziert	20.000	0.200		
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250	Innen Fensterrahmen Standard	20.000	0.130		
Floatglas	1.000	Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			
GFK	0.300					
Gasfüllung(42)	0.028					
Nichtrostender Stahl (1)	25.000					
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300					
Polypropylen	0.193					
Polypropylen mit 25% Glasfaser verstärkt	0.250					
Polysulfid (1)	0.400					
Silicagel (Trockenmittel) (1)	0.130					
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9					

fixo professional 7.0.612.1

## C.4 Détail haut coulissant

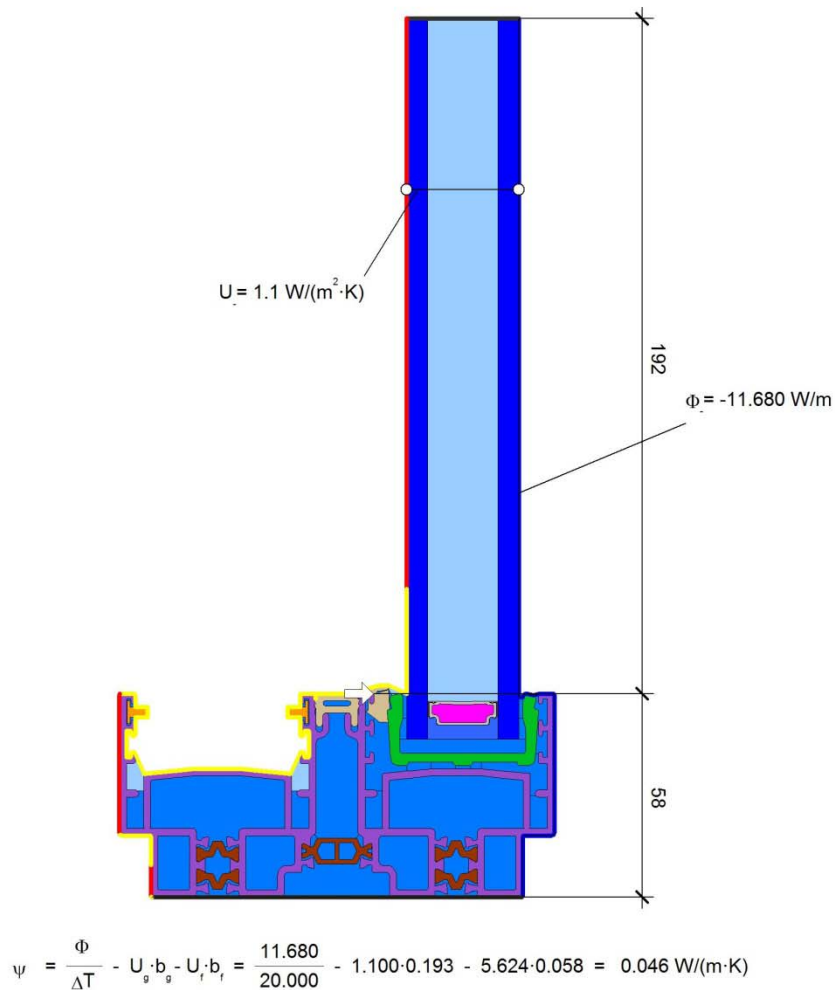


$$\psi = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_g \cdot b_g - U_r \cdot b_r = \frac{9.369}{20.000} - 1.100 \cdot 0.190 - 3.216 \cdot 0.065 = 0.051 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

Material	$\lambda$ [W/(m·K)]	Randbedingung	$q$ [W/m <sup>2</sup> ]	$\theta$ [°C]	$R$ [(m <sup>2</sup> ·K)/W]	$\varepsilon$
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000	Aussen Fenster	0.000	0.040		
Butyl (Isobuten), heissgeschmolzen	0.240	Innen Fensterrahmen Reduziert	20.000	0.200		
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250	Innen Fensterrahmen Standard	20.000	0.130		
Floatglas	1.000	Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			
GFK	0.300					
Gasfüllung(43)	0.028					
Leicht belüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9					
Nichtrostender Stahl (1)	25.000					
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300					
Polypropylen	0.193					
Polypropylen mit 25% Glasfaser verstärkt	0.250					
Polysulfid (1)	0.400					
Silicagel (Trockenmittel) (1)	0.130					
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9					

fixo professional 7.0.612.1

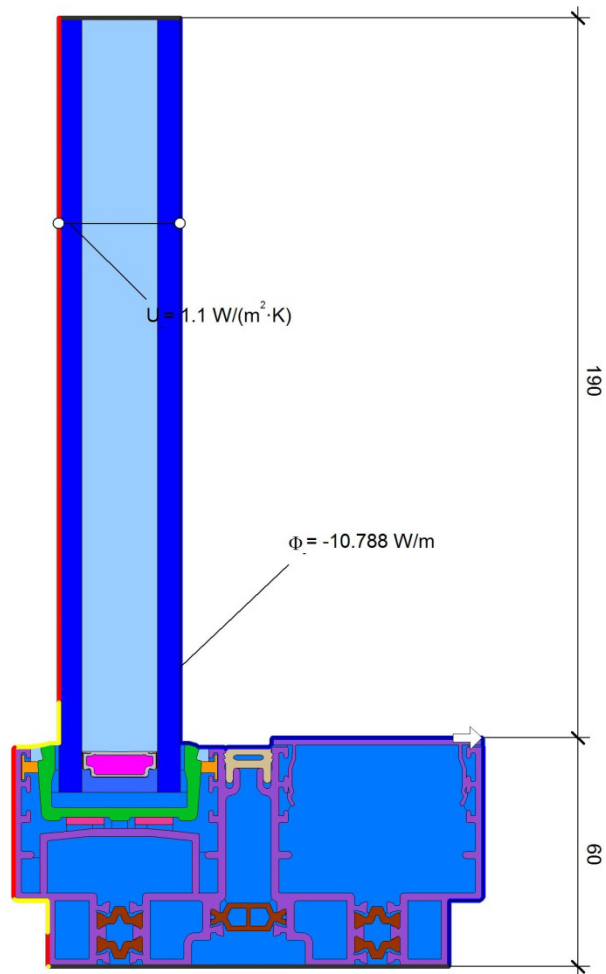
## C.5 Détail bas fixe



Material	$\lambda$ [W/(m·K)]	Randbedingung	$q$ [W/m <sup>2</sup> ]	$\theta_f$ [°C]	$R$ [(m <sup>2</sup> ·K)/W]	$\varepsilon$
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000	Aussen Fenster	0.000	0.040		
Butyl (Isobuten), heissgeschmolzen	0.240	Innen Fensterrahmen Reduziert	20.000	0.200		
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250	Innen Fensterrahmen Standard	20.000	0.130		
Floatglas	1.000	Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			
GFK	0.300					
Gasfüllung(36)	0.028					
Leicht belüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9					
Nichtrostender Stahl (1)	25.000					
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300					
Polypropylen	0.193					
Polypropylen mit 25% Glasfaser verstärkt	0.250					
Polysulfid (1)	0.400					
Silicagel (Trockenmittel) (1)	0.130					
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9					

flxo professional 7.0.612.1

## C.6 Détail bas coulissant

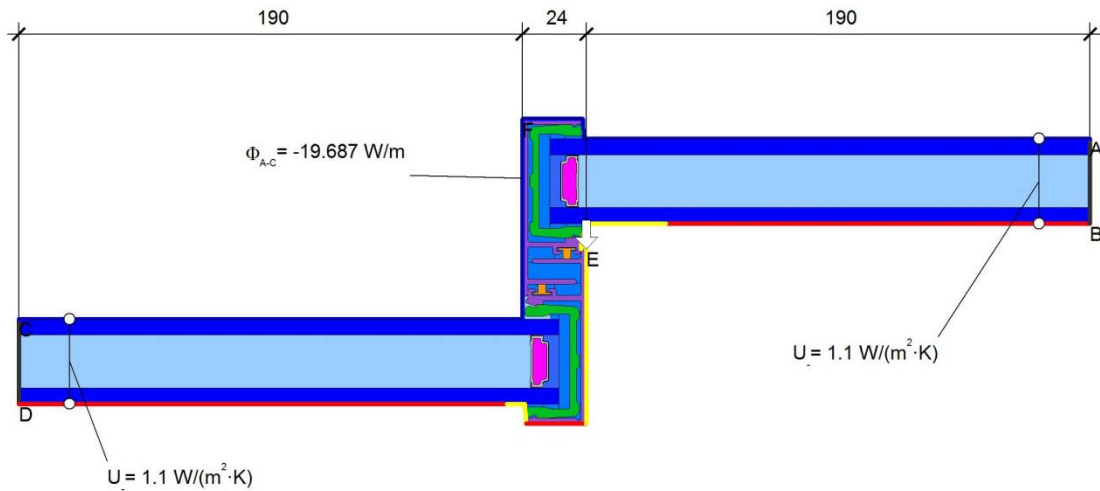


$$\psi = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_g \cdot b_g - U_f \cdot b_f = \frac{10.788}{20.000} - 1.100 \cdot 0.190 - 4.667 \cdot 0.060 = 0.048 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

Material	$\lambda$ [W/(m·K)]	Randbedingung	$q$ [W/m <sup>2</sup> ]	$\theta$ [°C]	$R$ [(m <sup>2</sup> ·K)/W]	$\varepsilon$
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000	Aussen Fenster	0.000	0.040		
Butyl (Isobuten), heissgeschmolzen	0.240	Innen Fensterrahmen Reduziert	20.000	0.200		
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250	Innen Fensterrahmen Standard	20.000	0.130		
Floatglas	1.000	Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			
GFK	0.300					
Gasfüllung(36)	0.028					
Leicht belüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9					
Moosgummi	0.050					
Nichtrostender Stahl (1)	25.000					
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300					
Polypropylen	0.193					
Polypropylen mit 25% Glasfaser verstärkt	0.250					
Polysulfid (1)	0.400					
Silicagel (Trockenmittel) (1)	0.130					
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9					

fixo professional 7.0.612.1

## C.7 Détail partie centrale



$$\psi_{A-E-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 - U_2 \cdot b_2 - U_3 \cdot b_3 = \frac{19.687}{20.000} - 1.100 \cdot 0.190 - 19.555 \cdot 0.024 - 1.100 \cdot 0.190 = 0.097 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$$

Material	$\lambda$ [W/(m·K)]	Randbedingung	$q$ [W/m <sup>2</sup> ]	$\theta$ [°C]	$R$ [(m <sup>2</sup> ·K)/W]	$\varepsilon$
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000	Aussen Fenster	0.000	0.000	0.040	
Butyl (Isobuten), heissgeschmolzen	0.240	Innen Fensterrahmen Reduziert	20.000	20.000	0.200	
Floatglas	1.000	Innen Fensterrahmen Standard	20.000	20.000	0.130	
GFK	0.300	Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			
Gasfüllung(29)	0.028					
Gasfüllung(30)	0.028					
Leicht belüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9					
Maske	0.035					
Nichtrostender Stahl (1)	25.000					
Polypropylen	0.193					
Polypropylen mit 25% Glasfaser verstärkt	0.250					
Polysulfid (1)	0.400					
Silicagel (Trockenmittel) (1)	0.130					
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9					

fixo professional 7.0.612.1