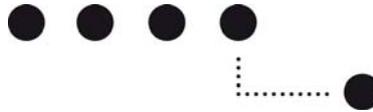


Calcul de la valeur U_w et isothermes selon les normes EN ISO 10077-1 et -2

Rapport d'essais

Haute école spécialisée bernoise
Architecture, bois et génie civil
Berthoud, Bienne



Rapport n°	9107-PB-02
Mandat n°	9107.DPE
Classification	confidentielle
Object	Fenêtre coulissante à deux éléments
Type, modèle ou numéro de série	VITROCSA TH+
Date	21.12.2010
Mandataire	Orchidées Constructions SA Monsieur Eric Joray Grand'Rue 1 1425 Onnens
Adresse de l'institut d'essai	Haute école spécialisée bernoise Architecture, bois et génie civil Route de Soleure 102, CH-2504 Bienne www.ahb.bfh.ch
Auteur	Marc Donzé
Chef R+D Product Engineering	Urs Uehlinger



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

Nach ISO/IEC 17025 akkreditiert, STS 317

HESB | Recherche et Développement

Vorlage_D_Prüfbericht_STS_Version 4.1, 25.01.2006
PE9107-PB-02_[con]_Vitrocsa_Minergie_Valeur Uw.doc, zuletzt gedruckt am 23.12.2010

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES	2
RESUME DES RESULTATS	3
1.1 Résultat du calcul de la valeur U_w	3
1.2 Calcul des isothermes.....	3
2 BASES DES ESSAIS	4
3 OBJET 4	
4 CALCUL NUMERIQUE	5
4.1 Calcul de la valeur U_f	5
4.2 Calcul des isothermes.....	5
5 RESULTATS DES ESSAIS	6
5.1 Valeur U_f moyen du cadre (cf. annexe B).....	6
5.2 Valeur U_g et valeur Ψ_g du verre (cf. annexe C).....	7
5.3 Valeur U_w de la fenêtre.....	8
5.4 Isothermes.....	9
5.4.1 Détail côté fixe (0°C).....	9
5.4.2 Détail côté coulissant (0°C).....	10
5.4.3 Détail partie centrale (0°C).....	10
5.4.4 Détail haut fixe (0°C).....	11
5.4.5 Détail haut coulissant (0°C).....	12
5.4.6 Détail bas fixe (0°C).....	13
5.4.7 Détail bas coulissant (0°C).....	14
5.4.8 Détail côté fixe (-10°C).....	15
5.4.9 Détail côté coulissant (-10°C).....	16
5.4.10 Détail partie centrale (-10°C).....	16
5.4.11 Détail haut fixe (-10°C).....	17
5.4.12 Détail haut coulissant (-10°C).....	18
5.4.13 Détail bas fixe (-10°C).....	19
5.4.14 Détail bas coulissant (-10°C).....	20
6 DISPOSITIONS GENERALES	21
ANNEXE A: DESSINS ET COUPES (SELON INDICATIONS DU MANDATAIRE)	22
ANNEXE B: CALCUL DE LA VALEUR U_f DU CADRE	29
ANNEXE C: CALCUL DE LA VALEUR Ψ_g	36
ANNEXE D: CALCUL DES ISOTHERMES	43

RESUME DES RESULTATS

Les calculs présentés dans ce document se basent sur 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 TH+ (fenêtre coulissante à deux éléments, un fixe et un coulissant)

La valeur U_g du verre isolant est de $0.7 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$.

1.1 Résultat du calcul de la valeur U_w

Valeur U de la fenêtre coulissante U_w	
<i>Mesures de référence:</i>	
Larg. vide maçonnerie	4500 mm
Haut. vide maçonnerie	2300 mm
Larg. cadre côté EFs	7 mm
Larg. cadre côté ESs	38 mm
Larg. partie centrale RMp	37 mm
Larg. cadre haut ELo	15 mm
Larg. cadre haut ESo	13 mm
Larg. cadre bas EFu	19 mm
Larg. cadre bas ESu	19 mm
Verre partie fixe	Surf. verre A_{gF} 5.006 m ² Valeur U_{gF} du verre 0.7 W/(m ² K) Périmètre de l'inter. l_{gF} 8.950 m Valeur Ψ_{gF} de l'inter. 0.044 W/(mK)
Verre partie coulissante	Surf. verre A_{gS} 5.010 m ² Valeur U_{gS} du verre 0.7 W/(m ² K) Périmètre de l'inter. l_{gS} 8.954 m Valeur Ψ_{gS} de l'inter. 0.044 W/(mK)
Cadre	Surf. cadre $A_{f, \text{lumière}}$ 0.334 m ² Valeur U_f moy. du cadre 5.174 W/(m ² K)
Calcul de la valeur U_w	
$U_w = \frac{U_f \cdot A_{f, \text{licht}} + U_g \cdot A_{gF} + U_g \cdot A_{gS} + \Psi_{gF} \cdot l_{gF} + \Psi_{gS} \cdot l_{gS}}{A_w} \quad [W/m^2K]$	
Part de vitrage	$(A_{gF} + A_{gS}) / A_w \cdot 100$ 96.8 %
Porte-fenêtre coulissante	Surface A_w 10.35 m ² Valeur U_w 0.920 W/(m ² K) Valeur U_w déclarée 0.92 W/(m²K)

La valeur U_w de la fenêtre est de $0.92 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$, elle correspond aux exigences requises par le règlement « Minergie – Module fenêtre ».

1.2 Calcul des isothermes

Les calculs des isothermes sont réalisés avec une température intérieure de 20°C et une température extérieure de 0°C et de -10°C (selon le règlement « Minergie – Module fenêtre »). Les facteurs de température superficielle des 7 différents détails sont les suivants :

- Détail côté fixe $f_{Rsi} = 0.598$
- Détail côté coulissant $f_{Rsi} = 0.620$
- Détail haut fixe $f_{Rsi} = 0.588$
- Détail haut coulissant $f_{Rsi} = 0.628$
- Détail bas fixe $f_{Rsi} = 0.437$
- Détail bas coulissant $f_{Rsi} = 0.325$
- Détail partie centrale $f_{Rsi} = 0.342$

21.12.2010, Laboratoire de la HESB, Bienne.

2 BASES DES ESSAIS

EN ISO 10077-1 (11/2006)	Calcul du coefficient de transmission thermique - Partie 1: méthode simplifiée.
EN ISO 10077-2 (12/2003)	Calcul du coefficient de transmission thermique - Partie 2: méthode numérique pour les profilés de menuiserie.
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. L'annexe A présente les coupes (côté/haut, partie centrale et bas) de la fenêtre. Le tableau ci-dessous indique les divers composants de l'élément de calcul.

Cadre	
Matériau du cadre:	-alliage d'aluminium 6060 de l'entreprise Alcan -barrette de rupture thermique en polyamide avec 25% (+/-3%) de fibres de verre courte (longueur max. 1 mm) -joint de rupture thermique en EPDM
Profil:	Hauteur: 58 mm Largeur: 140 mm
Étanchéité:	2 joints à brosse dans les montants et traverses du cadre dans les parties coulissantes, 2 joints EPDM dans les montants et traverses du cadre dans la partie fixe
Élément coulissant et fixe	
Matériau du cadre:	-alliage d'aluminium 6060 de l'entreprise Alcan -barrette de rupture thermique en polyamide avec 25% (+/-3%) de fibres de verre courte (longueur max. 1 mm) -Isolation en PVC dans le profil raccord
Profil :	-En forme de U (51/18/2) sans rupture au niveau du raccord entre deux vitrages. -En forme de U (51/29/2) avec ruptures thermiques.
Étanchéité:	2 joints à brosse dans le profil raccord entre deux vitrages.
Vitrage (selon mandataire)	
Fournisseur vitrage :	Flachglas Schweiz
Valeur U_g :	0.7 W/(m ² K)
Valeur Ψ_g :	Selon calcul flixo
Construction du verre isolant:	6(LowE)-12-6-12-6(LowE) (mm)
Gaz de remplissage:	Argon
Intercalaire :	TGI – Spacer (Technoform Glass Insulation GmbH)
Étanchéité du verre	
Étanchéité intérieure:	Silicone
Étanchéité extérieure:	Silicone

Tableau 1: description des composants de la fenêtre

4 CALCUL NUMERIQUE

Le flux de chaleur (ϕ) est calculé avec le programme flixo 6.00.492.1 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 θ [°C]	Coefficient de transfert de chaleur surfacique h [W/m ² K]
Standard extérieur	0	25
Standard intérieur	20	7.692
Angle intérieur	20	5

Tableau 2: conditions limites pour le calcul des valeurs U

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 de bord appliquées dans les calculs.

Désignation	Température θ [°C]	Coefficient de transfert de chaleur surfacique h [W/m ² K]
Standard extérieur	0 et -10°C	25
Standard intérieur	20	7.692
Angle intérieur	20	5

Tableau 3: conditions limites pour le calcul des isothermes

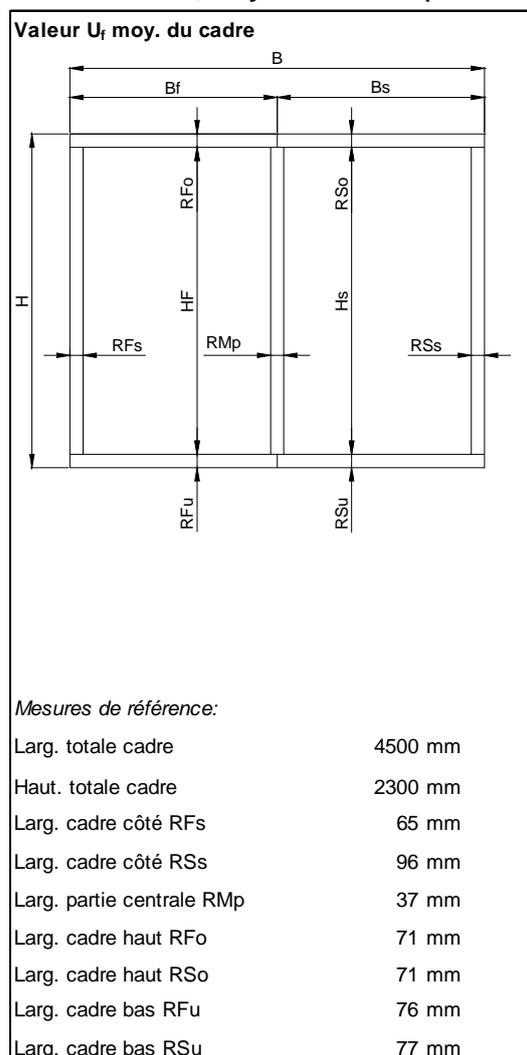
Le facteur de température superficielle se calcul à l'aide de la formule suivante :

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

- θ_{si} : température de la surface intérieure [°C]
- θ_i : température de l'air intérieur [°C]
- θ_e : température de l'air extérieur [°C]

5 RESULTATS DES ESSAIS

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



Cadre partie fixe côté	Surface A_{Fs}	0.140 m ²
<i>selon calcul fixo</i>	Valeur $U_{f,Fs}$	3.96 W/(m ² K)

Cadre partie couliss. côté	Surface A_{Ss}	0.207 m ²
<i>selon calcul fixo</i>	Valeur $U_{f,Ss}$	4.614 W/(m ² K)

Cadre partie centrale	Surface A_{Mp}	0.085 m ²
<i>selon calcul fixo</i>	Valeur $U_{f,Mp}$	14.725 W/(m ² K)

Cadre partie fixe haut	Surface A_{Fo}	0.160 m ²
<i>selon calcul fixo</i>	Valeur $U_{f,Fo}$	3.792 W/(m ² K)

Cadre partie couliss. haut	Surface A_{So}	0.160 m ²
<i>selon calcul fixo</i>	Valeur $U_{f,So}$	3.903 W/(m ² K)

Cadre partie fixe bas	Surface A_{Fu}	0.171 m ²
<i>selon calcul fixo</i>	Valeur $U_{f,Fu}$	4.846 W/(m ² K)

Cadre partie couliss. haut	Surface A_{Su}	0.173 m ²
<i>selon calcul fixo</i>	Valeur $U_{f,Su}$	4.895 W/(m ² K)

Calcul de la valeur U_f moy. du cadre

$$U_f = \frac{U_{f,Fs} \cdot A_{Fs} + U_{f,Ss} \cdot A_{Ss} + U_{f,Mp} \cdot A_{Mp} + U_{f,Fo} \cdot A_{Fo} + U_{f,So} \cdot A_{So} + U_{f,Fu} \cdot A_{Fu} + U_{f,Su} \cdot A_{Su}}{A_f}$$

Cadre total	Surface A_f	1.095 m ²
	Valeur U_f moyenne	5.174 W/(m²K)

5.2 Valeur U_g et valeur Ψ_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 ² K]
	Flachglas Schweiz	6-12-6-12-6	Argon	0.7

Valeur ψ_g -Wert de l'intercalaire selon EN ISO 10077-2

La valeur ψ_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 ψ_{gF} du verre isolant

G_{Fb}	Largeur visible du verre	2.209	m
G_{Fh}	Hauteur visible du verre	2.266	m
l_{gF}	Longueur de l'intercalaire	8.950	m

Ψ_{Fs}	Valeur Psi côté <i>selon calcul fixo</i>	0.051	W/mK
Ψ_{Mp}	Valeur Psi partie centrale <i>selon calcul fixo</i>	0.023	W/mK
Ψ_{Fo}	Valeur Psi haut <i>selon calcul fixo</i>	0.053	W/mK
Ψ_{Fu}	Valeur Psi bas <i>selon calcul fixo</i>	0.050	W/mK

Valeur Ψ_{gF} moyenne de l'intercalaire Ψ_{gF} **0.044 W/mK**

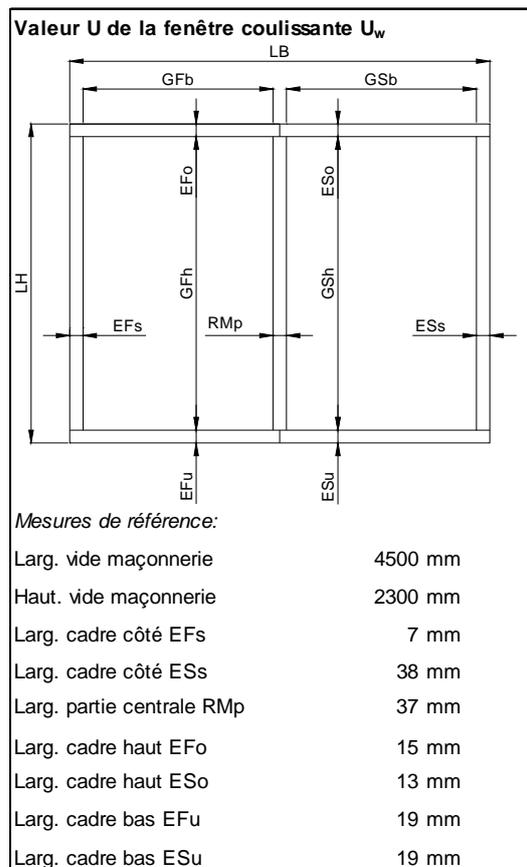
Partie coulissant: calcul de la valeur ψ_{gS} de l'intercalaire

G_{Sb}	Largeur visible du verre	2.209	m
G_{Sh}	Hauteur visible du verre	2.268	m
l_{gS}	Longueur de l'intercalaire	8.954	m

Ψ_{Ss}	Valeur Psi côté <i>selon calcul fixo</i>	0.048	W/mK
Ψ_{Mp}	Psi-Wert Seitlich 2 gemäss Berechnung Flixo	0.023	W/mK
Ψ_{So}	Psi-Wert oben gemäss Berechnung Flixo	0.050	W/mK
Ψ_{Su}	Psi-Wert unten gemäss Berechnung Flixo	0.053	W/mK

Valeur Ψ_{gS} moyenne de l'intercalaire Ψ_{gS} **0.044 W/mK**

5.3 Valeur U_w de la fenêtre



Verre partie fixe	Surf. verre A_{gF}	5.006 m ²
	Valeur U_{gF} du verre	0.7 W/(m ² K)
	Périmètre de l'inter. l_{gF}	8.950 m
	Valeur Ψ_{gF} de l'inter.	0.044 W/(mK)

Verre partie coulissante	Surf. verre A_{gS}	5.010 m ²
	Valeur U_{gS} du verre	0.7 W/(m ² K)
	Périmètre de l'inter. l_{gS}	8.954 m
	Valeur Ψ_{gS} de l'inter.	0.044 W/(mK)

Cadre	Surf. cadre $A_{f, lumière}$	0.334 m ²
	Valeur U_f moy. du cadre	5.174 W/(m ² K)

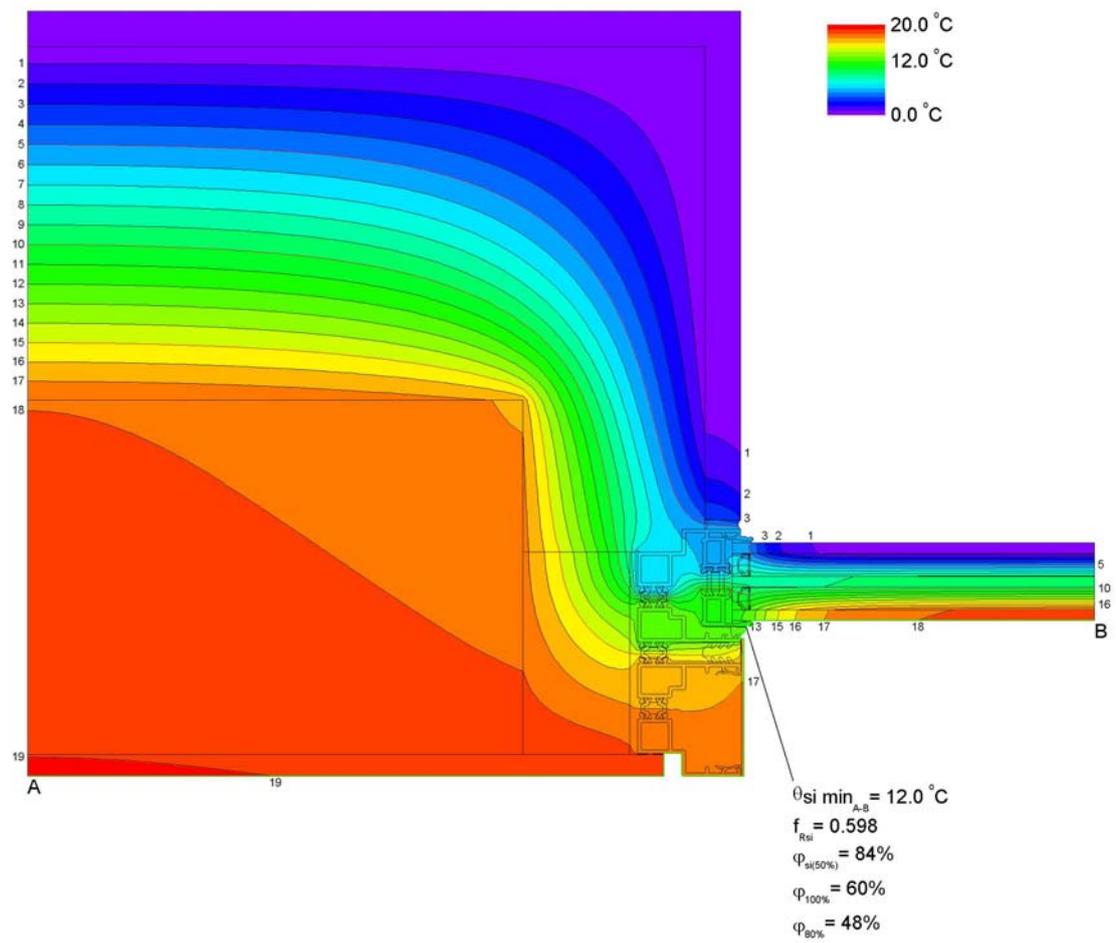
Calcul de la valeur U_w	
$U_w = \frac{U_f \cdot A_{f, licht} + U_g \cdot A_{gF} + U_g \cdot A_{gS} + \Psi_{gF} \cdot l_{gF} + \Psi_{gS} \cdot l_{gS}}{A_w} \quad [W/m^2K]$	

Part de vitrage	$(A_{gF} + A_{gS}) / A_w \cdot 100$	96.8 %
------------------------	-------------------------------------	--------

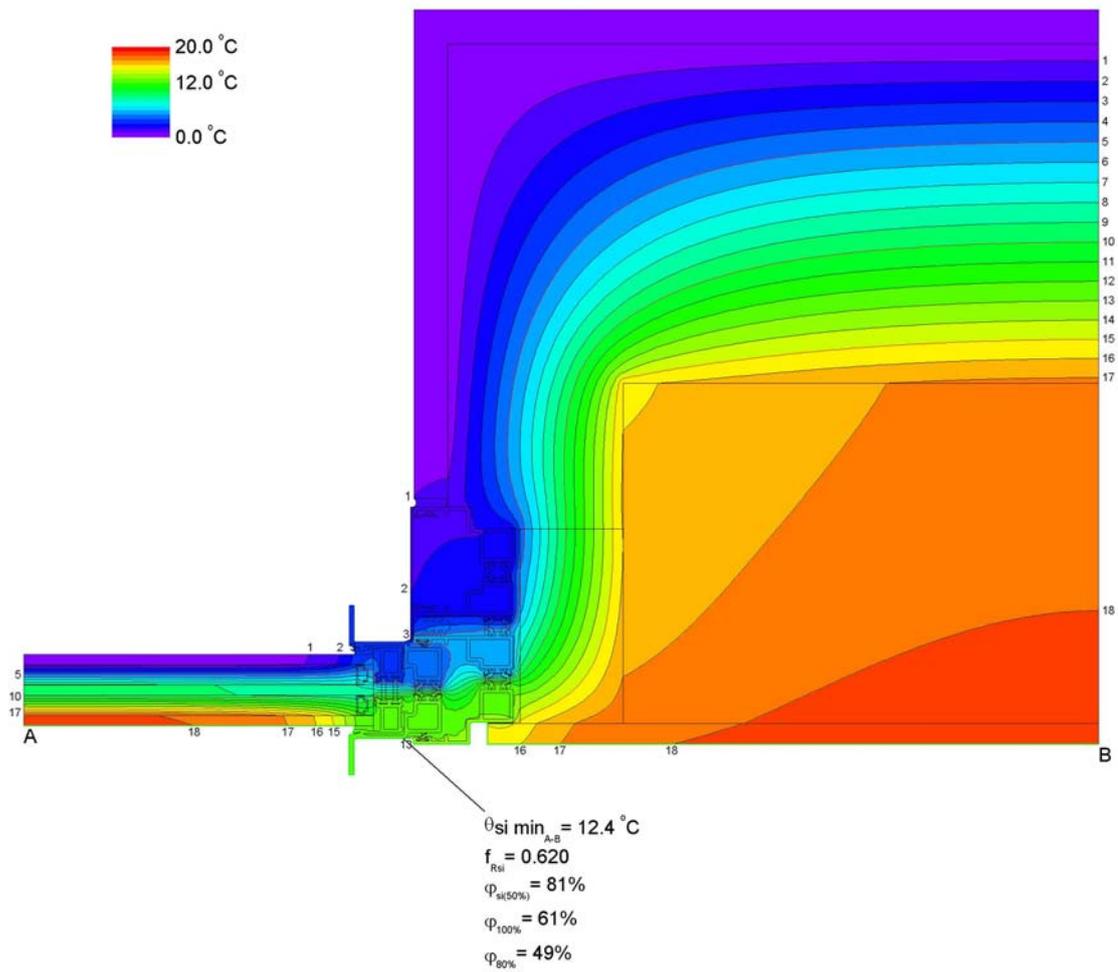
Porte-fenêtre coulissante	Surface A_w	10.35 m ²
	Valeur U_w	0.920 W/(m ² K)
	Valeur U_w déclarée	0.92 W/(m²K)

5.4 Isothermes

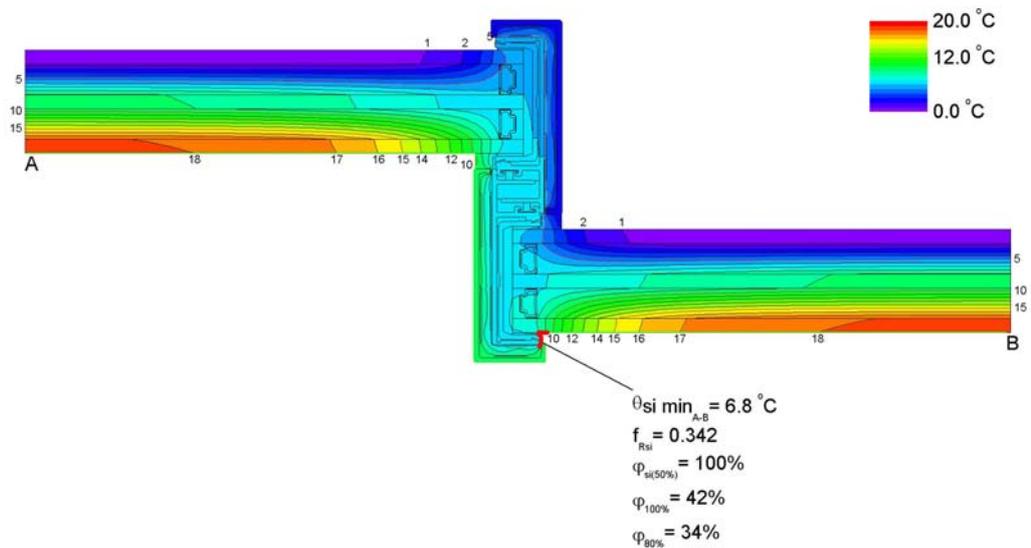
5.4.1 Détail côté fixe (0°C)



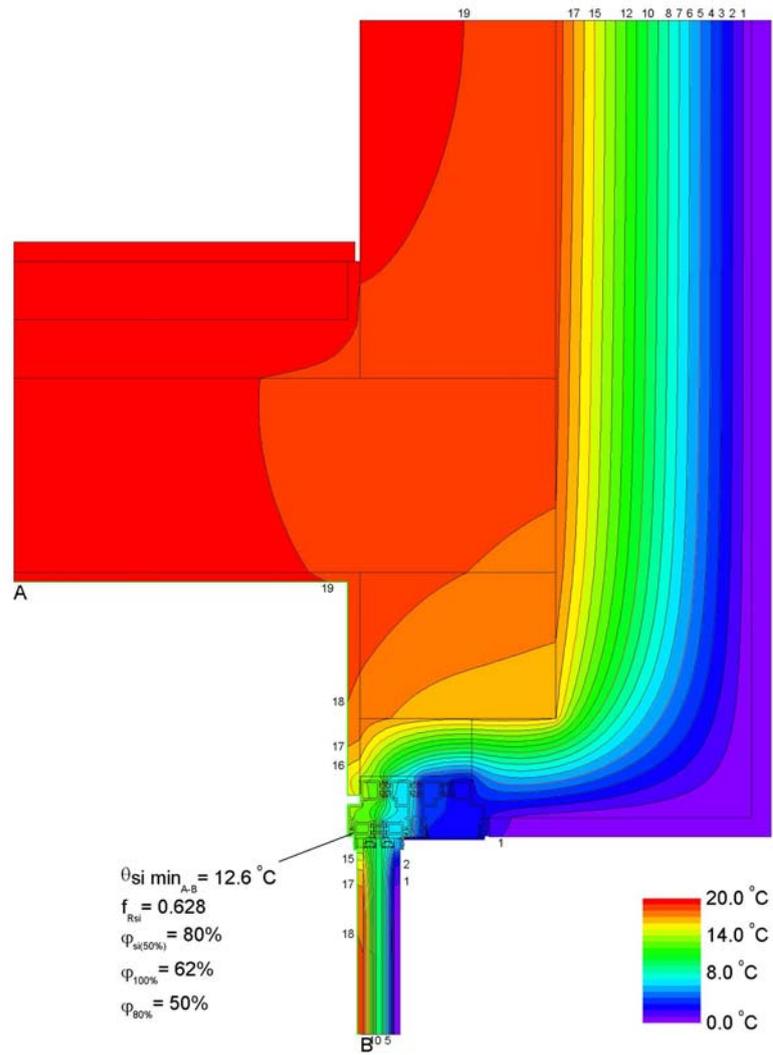
5.4.2 Détail côté coulissant (0°C)



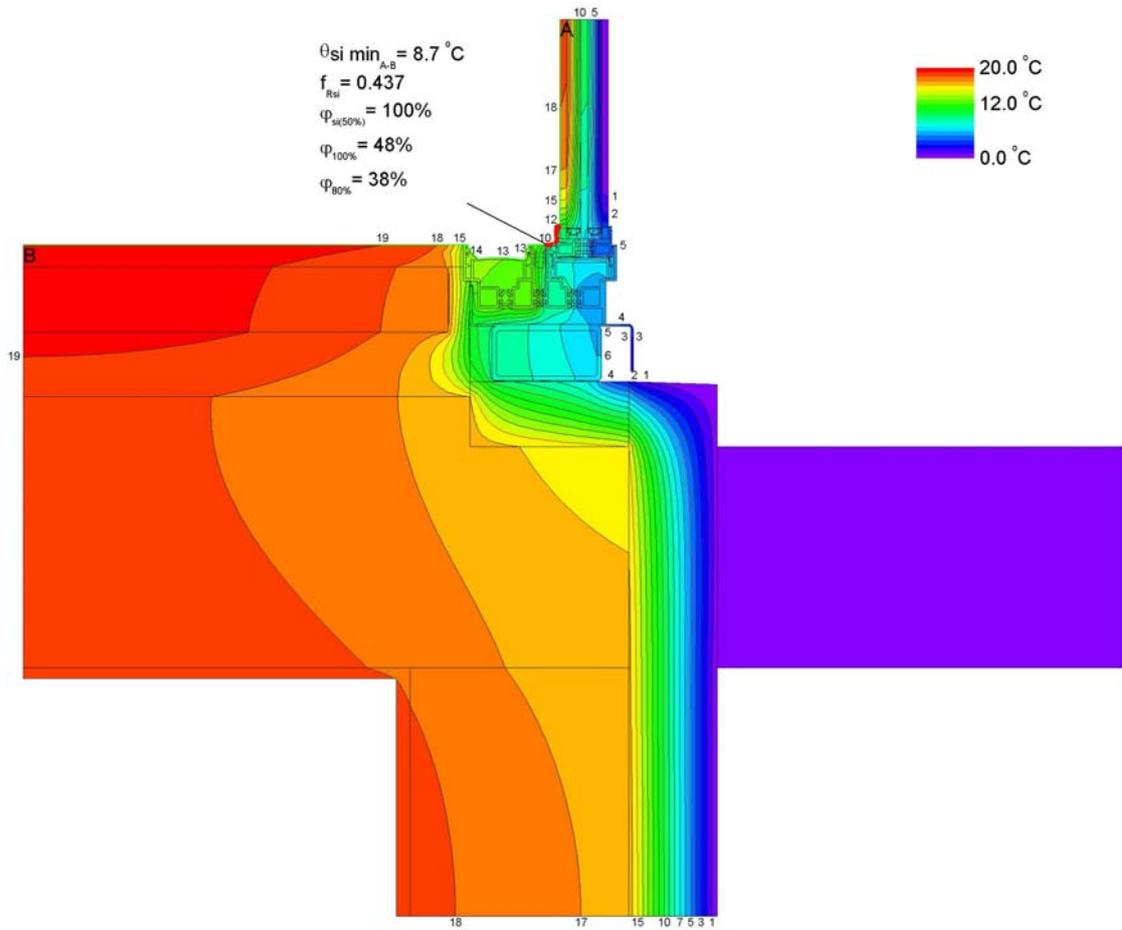
5.4.3 Détail partie centrale (0°C)



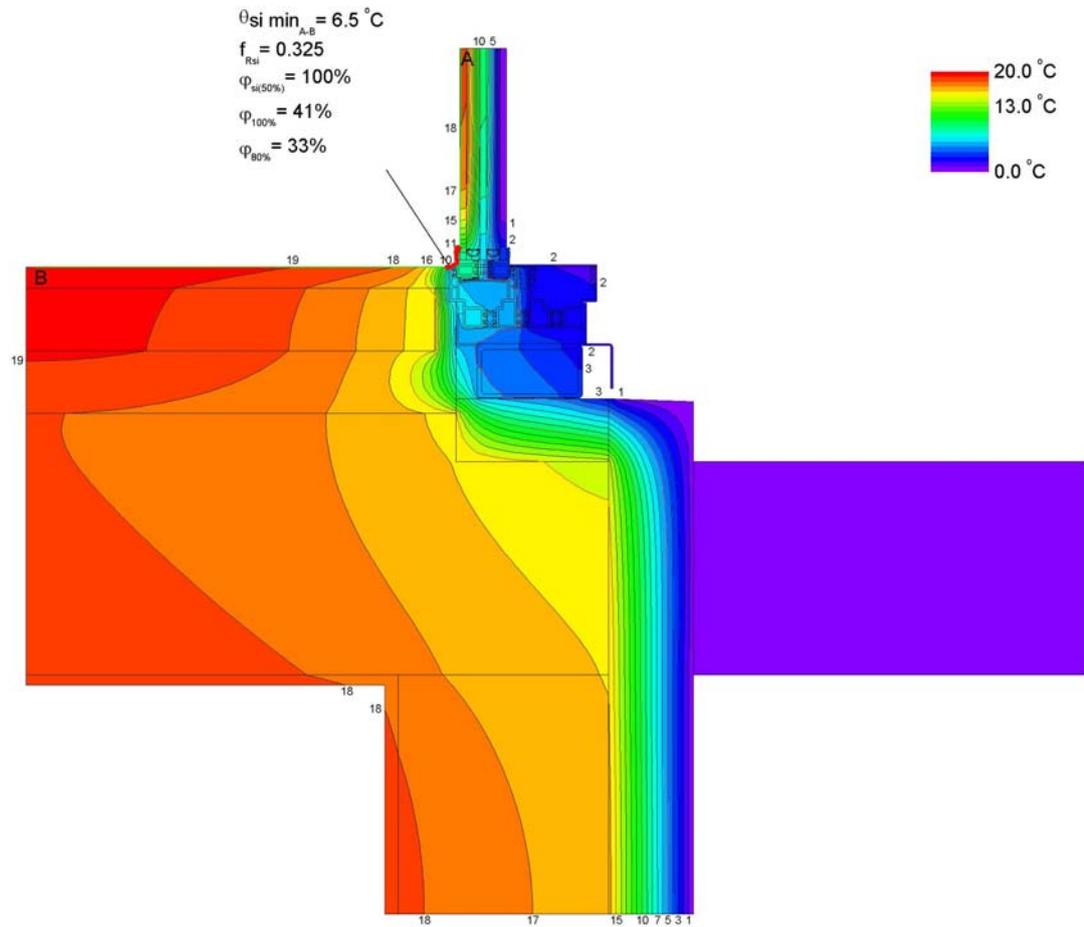
5.4.5 Détail haut coulissant (0°C)



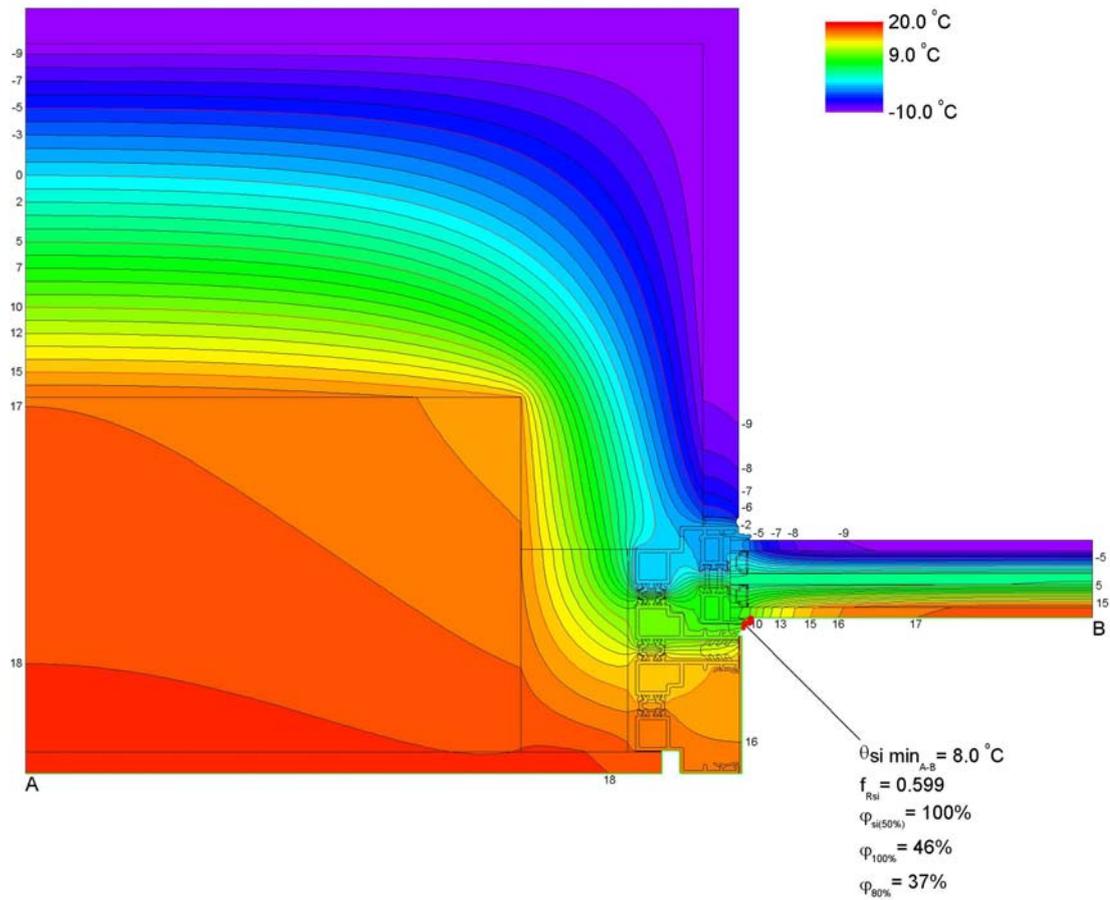
5.4.6 Détail bas fixe (0°C)



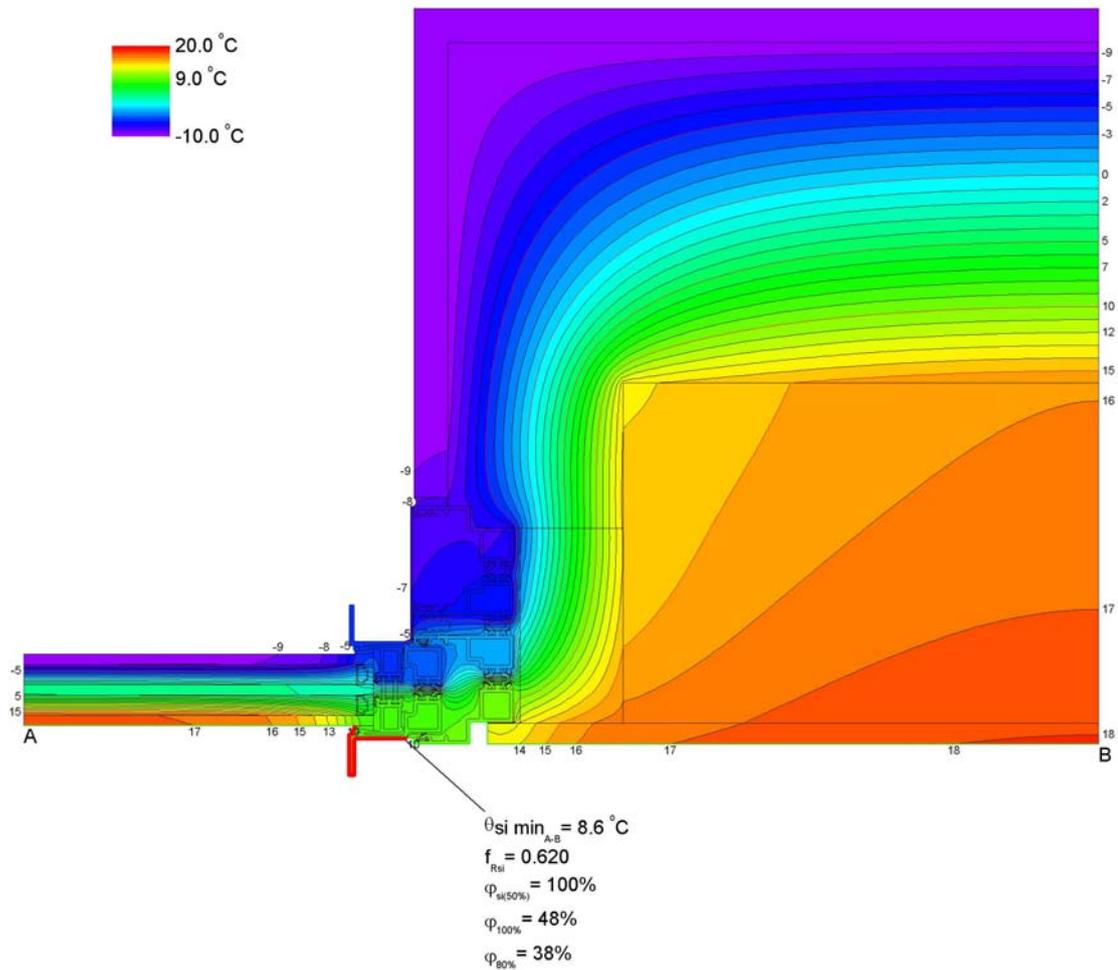
5.4.7 Détail bas coulissant (0°C)



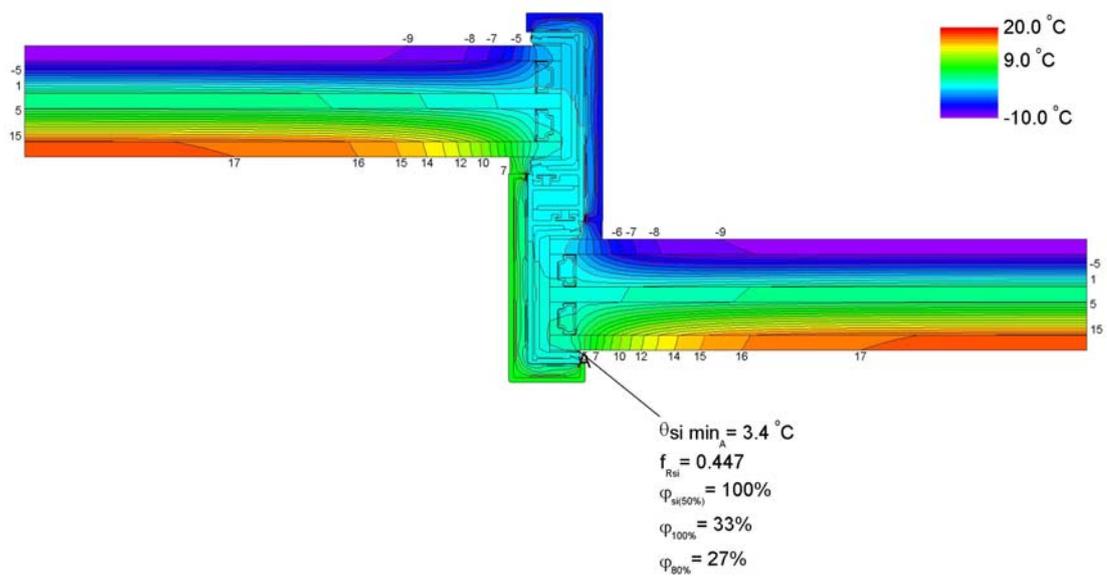
5.4.8 Détail côté fixe (-10°C)



5.4.9 Détail côté coulissant (-10°C)



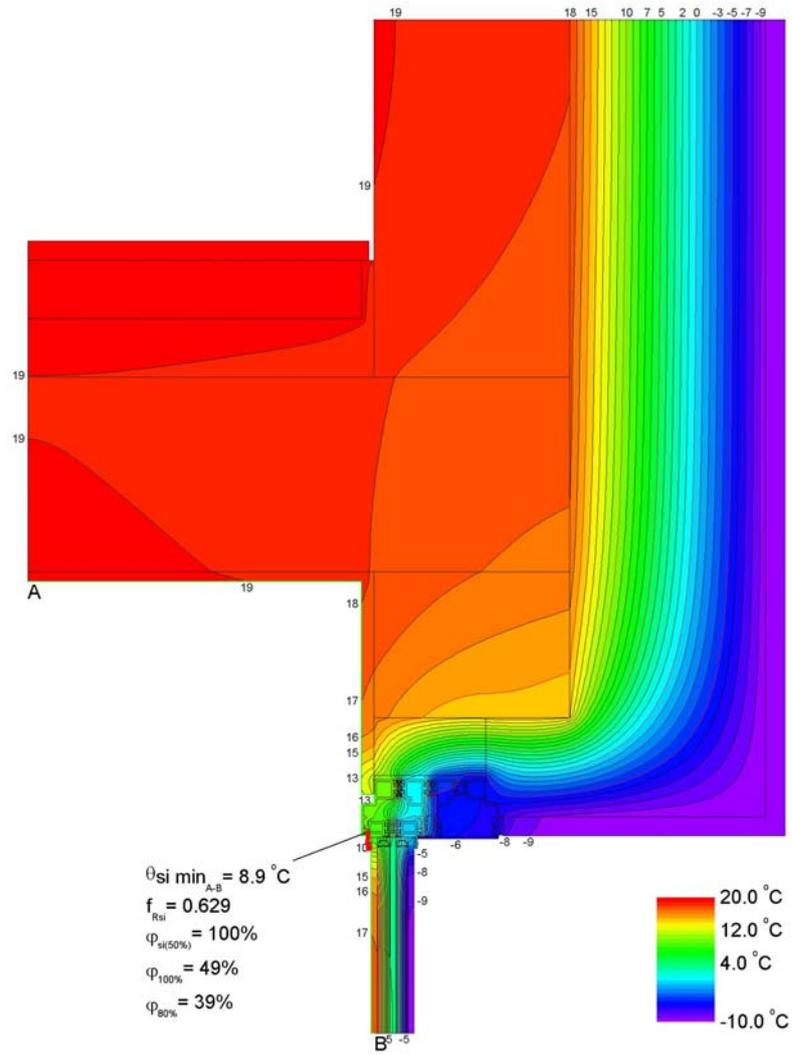
5.4.10 Détail partie centrale (-10°C)



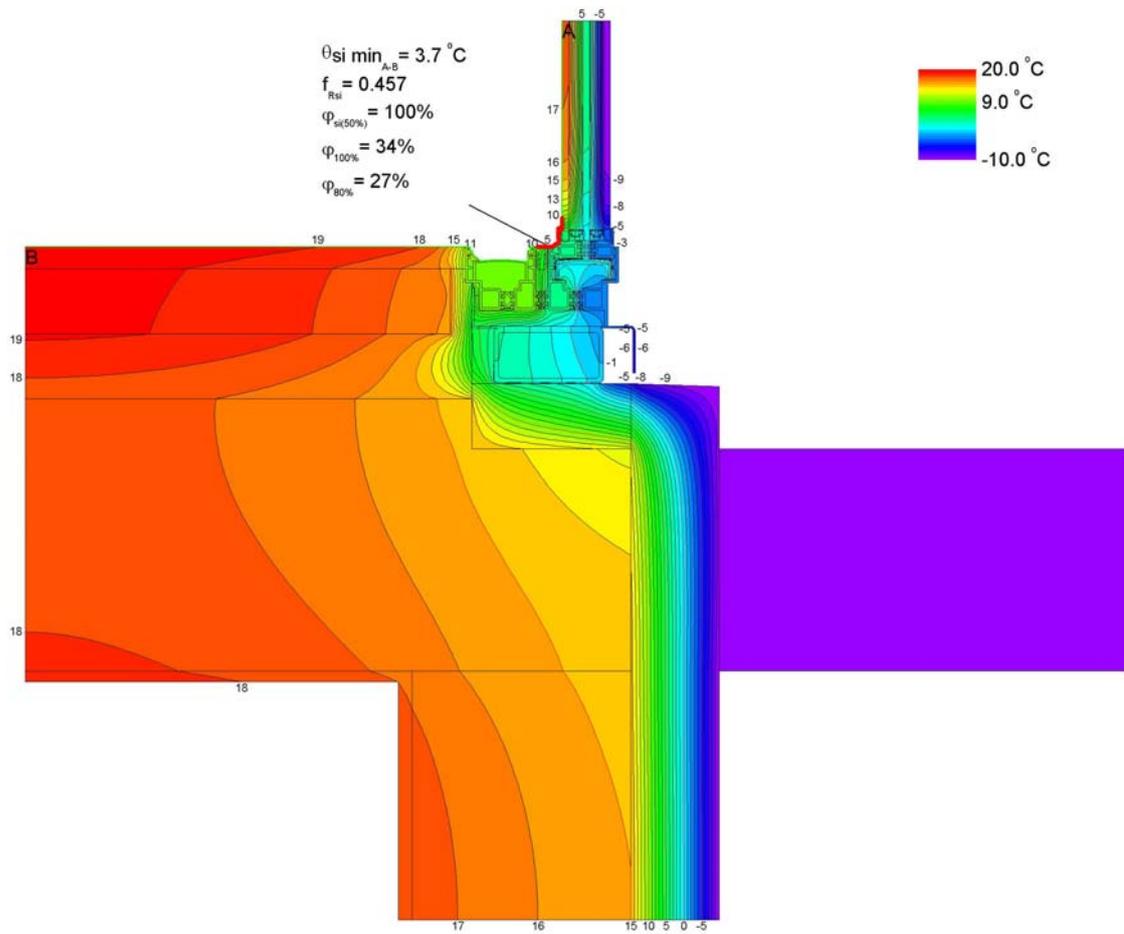
5.4.11 Détail haut fixe (-10°C)



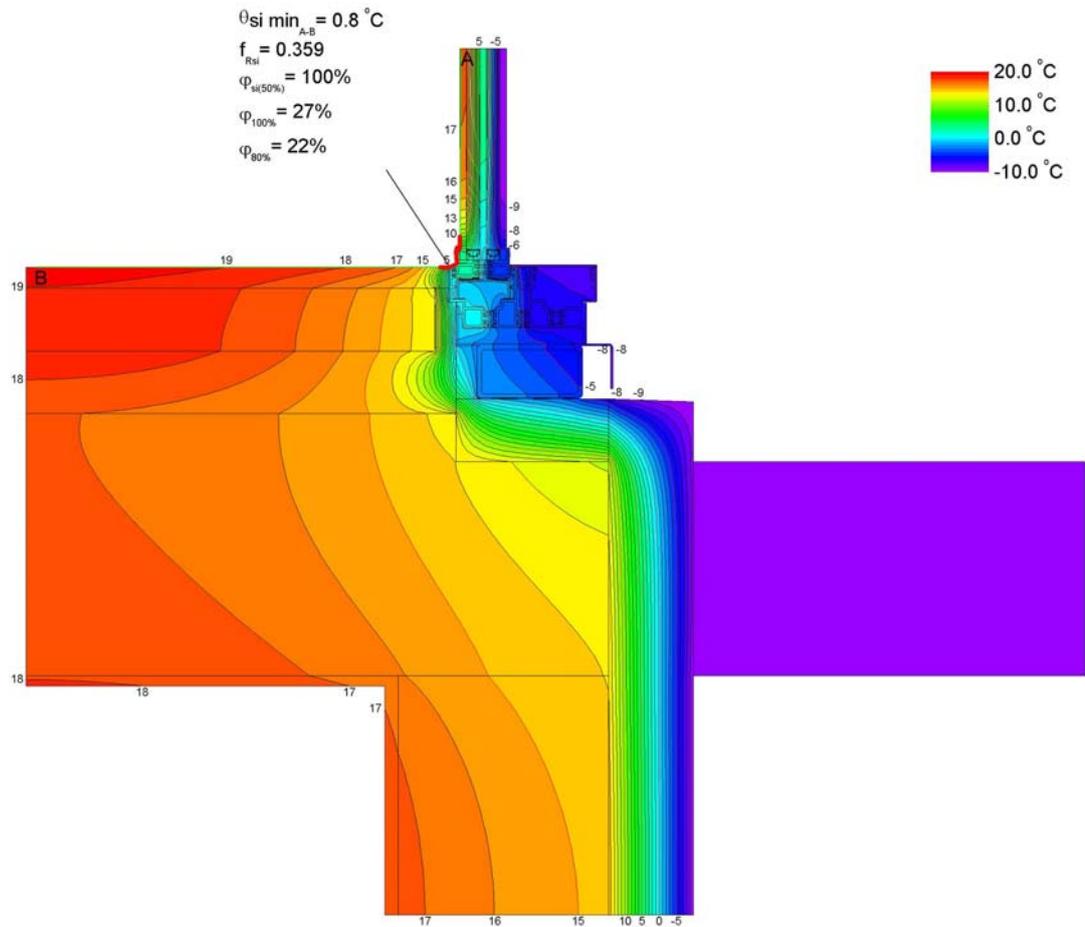
5.4.12 Détail haut coulissant (-10°C)



5.4.13 Détail bas fixe (-10°C)



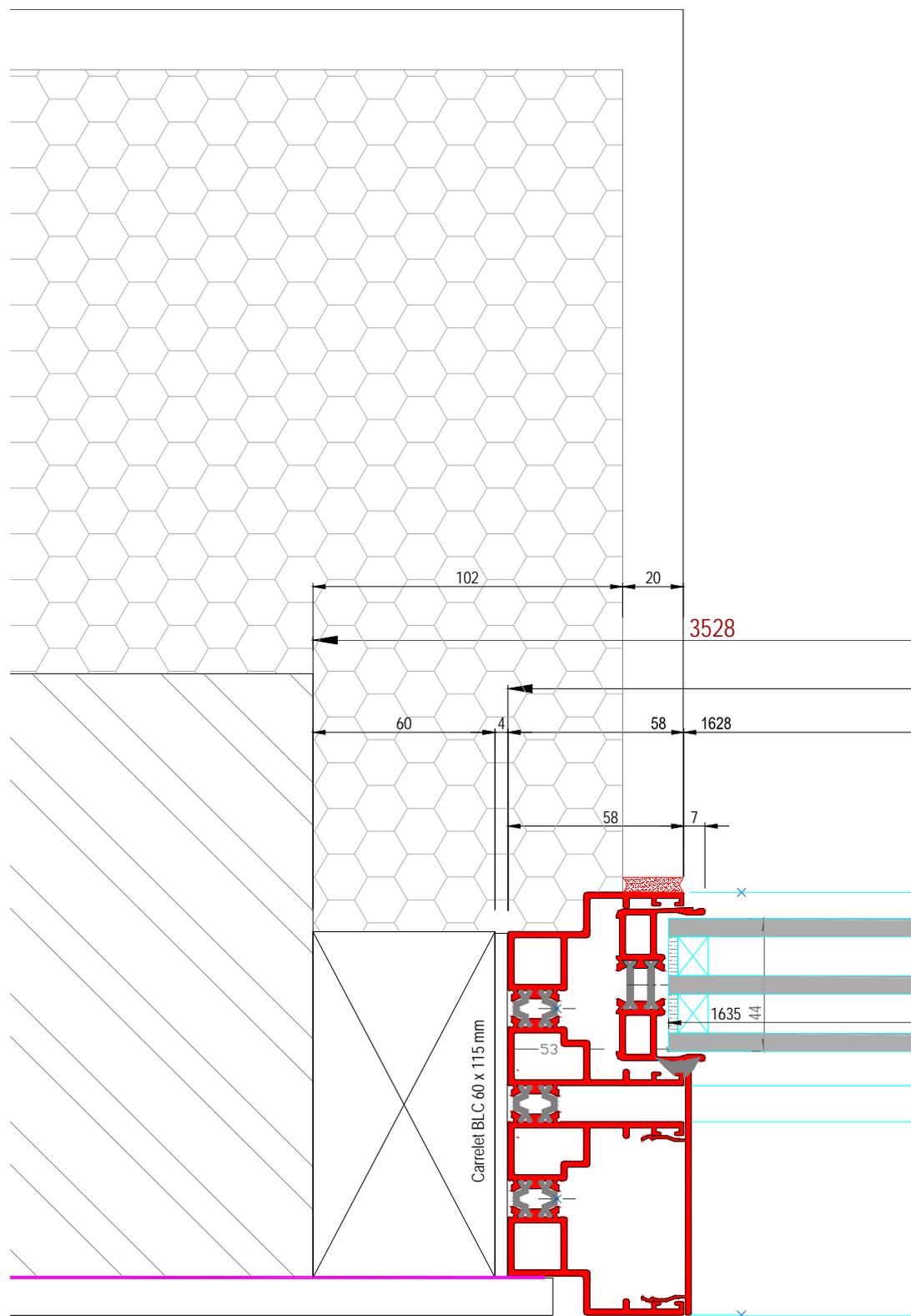
5.4.14 Détail bas coulissant (-10°C)



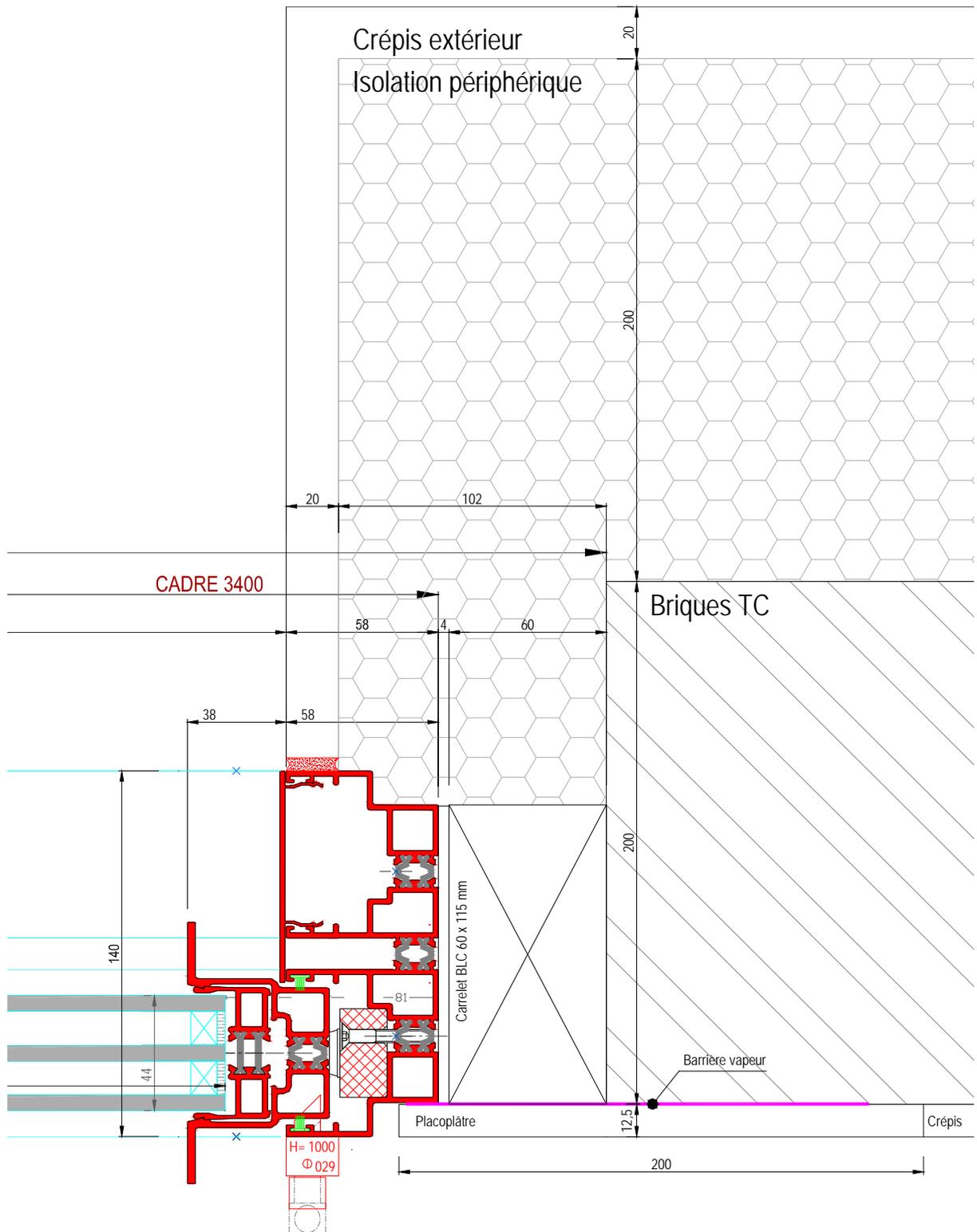
6 DISPOSITIONS GENERALES

Les résultats présentés dans ce rapport se rapportent uniquement aux échantillons testés. Ce rapport ne peut être reproduit, en entier ou par extraits, sans l'accord de la HESB. Toute publication du rapport, en entier ou par extraits, doit être soumise à l'approbation par écrit de la HESB. Des données sur les tolérances de mesure peuvent être fournies sur demande. Un exemplaire original du rapport est conservé par la HESB pendant 5 ans. Ce rapport n'est valable qu'avec les signatures du chef R+D Eléments de façade, aménagement intérieur et mobilier, et de l'auteur.

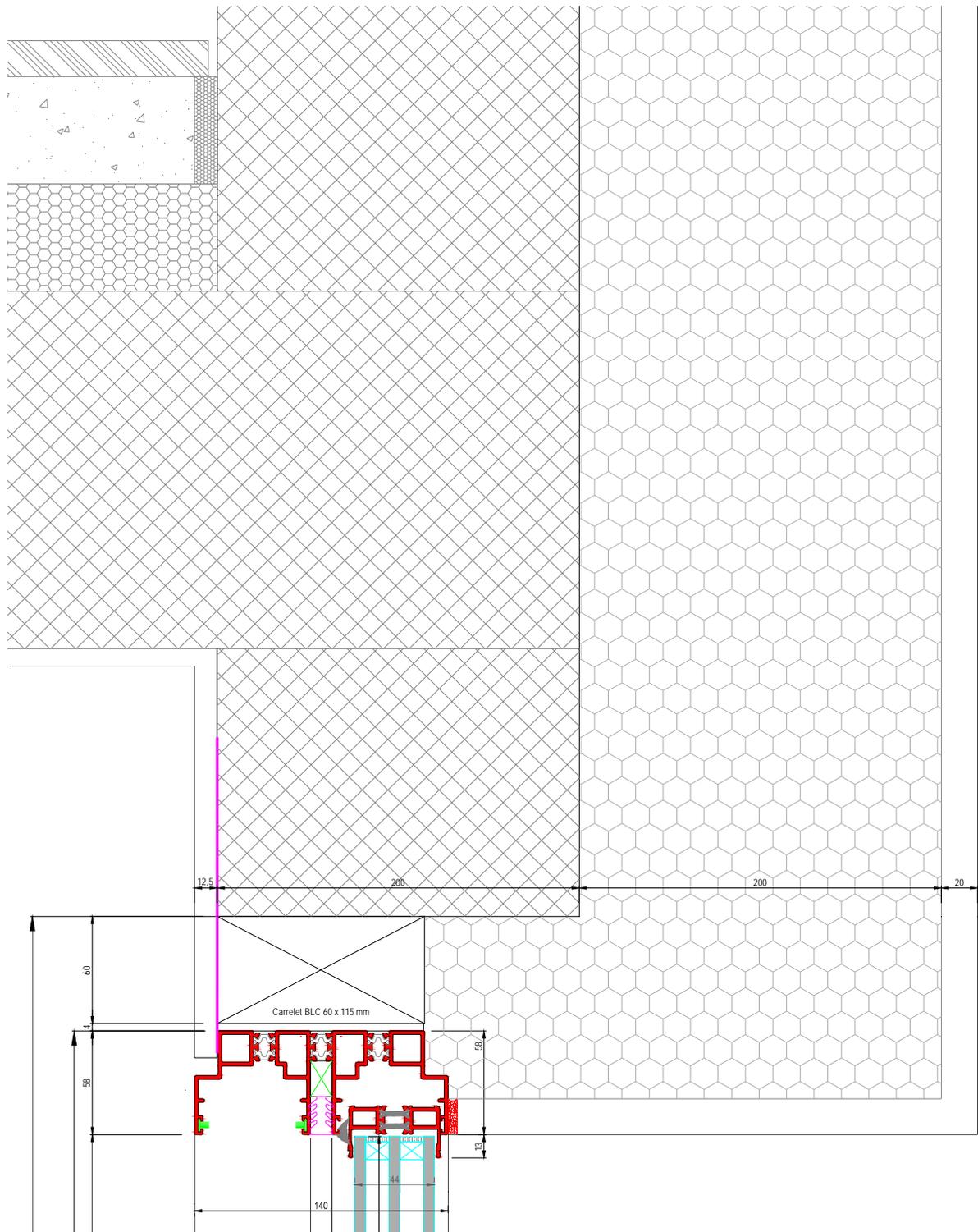
Ce rapport d'essai comporte 48 pages annexes incluses.

Annexe A: DESSINS ET COUPES (SELON INDICATIONS DU MANDATAIRE)**A.1 Détail côté fixe**

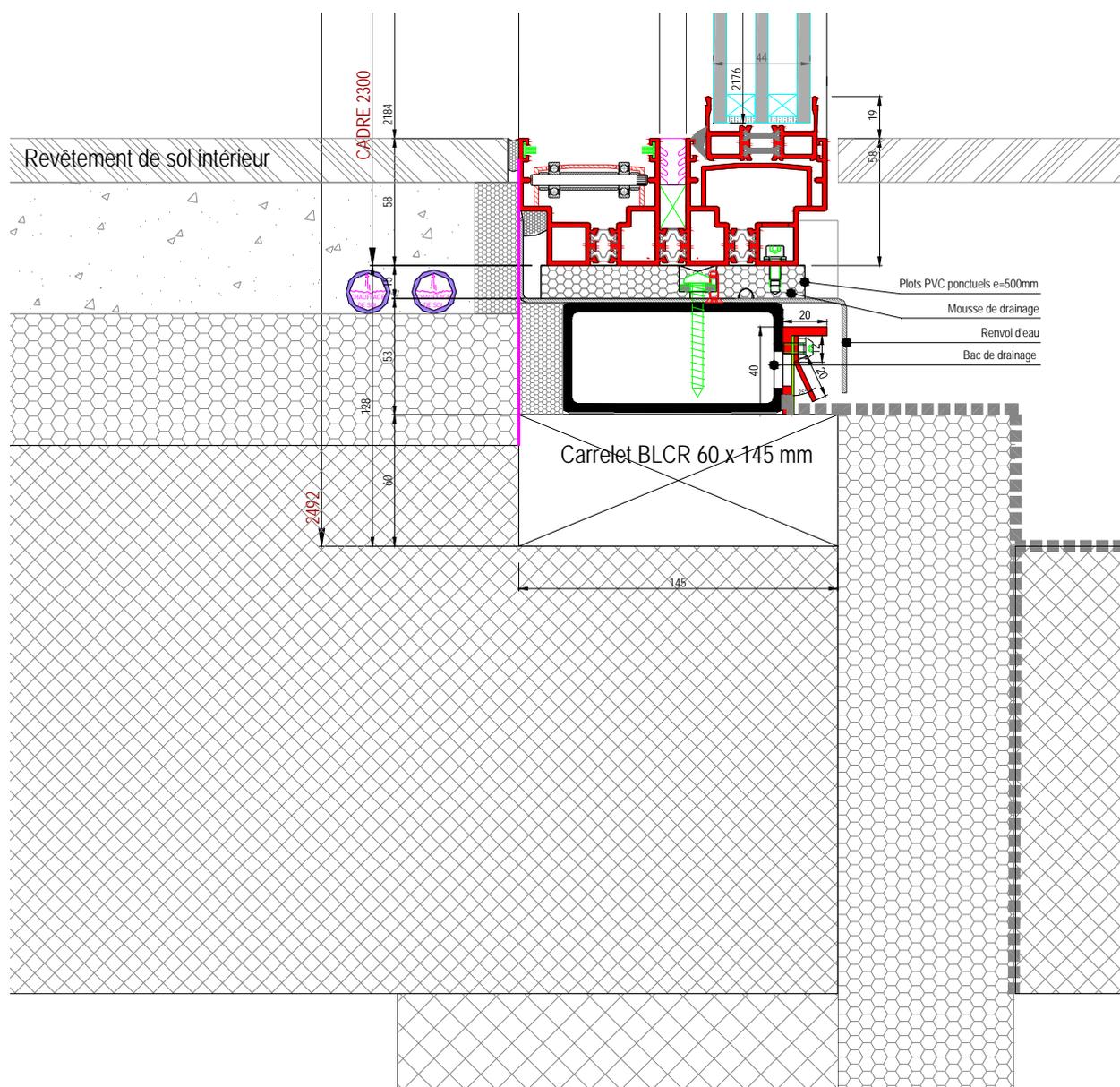
A.2 Détail côté coulissant



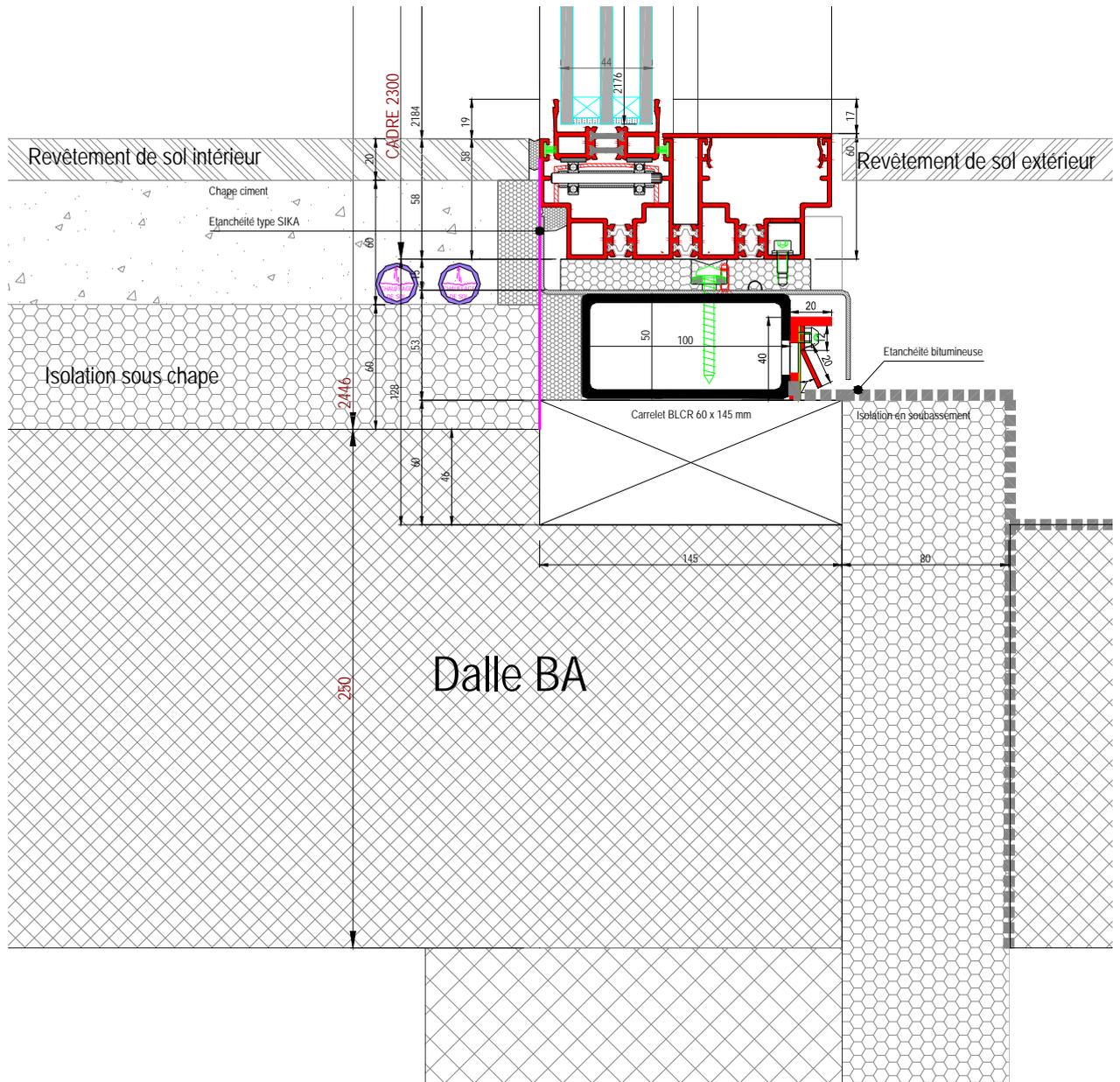
A.3 Détail haut fixe



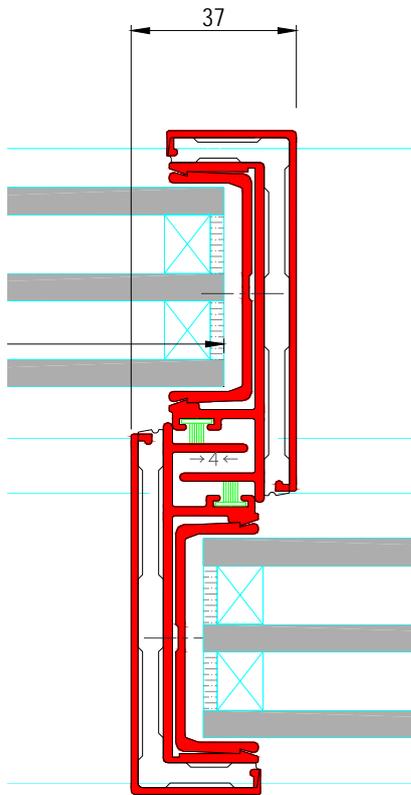
A.5 Détail bas fixe



A.6 Détail bas coulissant



A.7 Détail partie centrale



Annexe B: CALCUL DE LA VALEUR UF DU CADRE

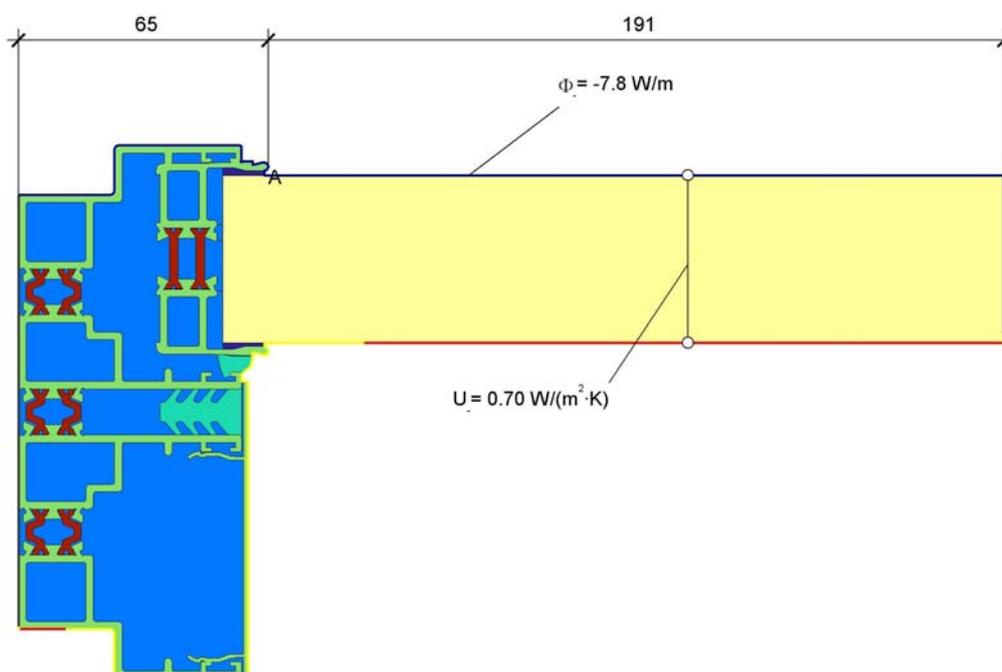
B.1 Détail côté fixe

Randbedingungen

Name	q[W/m ²]	θ[°C]	R[(m ² ·K)/W]	ε
Aussen Fenster	0.000	0.000	0.040	
Innen Fensterrahmen Reduziert	20.000	20.000	0.200	
Innen Fensterrahmen Standard	20.000	20.000	0.130	
Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			

Materialien

Name	λ[W/(m·K)]
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250
Maske	0.035
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300
Rein-Silicon	0.350
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Unbelüftete Hohlräume, Eps=0.9	Eps=0.9/0.9



$$U_{sA} = \frac{\frac{\Phi}{\Delta T} - U_p \cdot b_p}{b_f} = \frac{\frac{7.831}{20.000} - 0.701 \cdot 0.191}{0.065} = 3.960 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

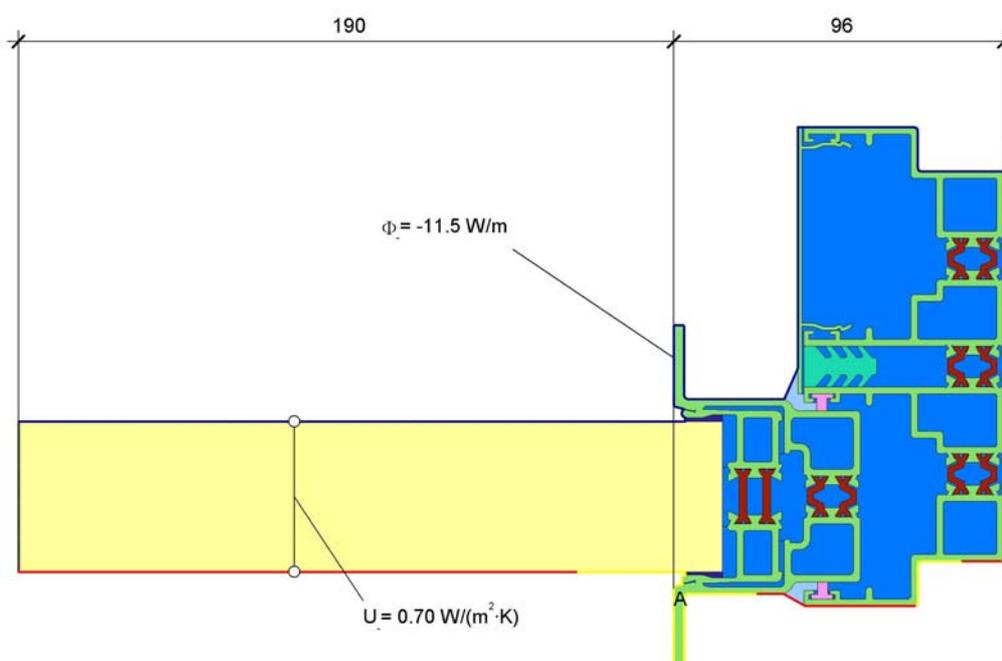
B.2 Détail côté coulissant

Randbedingungen

Name	$q[\text{W}/\text{m}^2]$	$\theta_f[^\circ\text{C}]$	$R[(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}]$	ε
Aussen Fenster	0.000	0.000	0.040	
Innen Fensterrahmen Reduziert	20.000	20.000	0.200	
Innen Fensterrahmen Standard	20.000	20.000	0.130	
Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			

Materialien

Name	$\lambda[\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250
Leicht belüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Maske	0.035
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300
Polypropylen mit 25% Glasfasern verstärkt	0.250
Rein-Silicon	0.350
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Unbelüftete Hohlräume, Eps=0.9	Eps=0.9/0.9



$$U_{fA} = \frac{\frac{\Phi}{\Delta T} - U_p \cdot b_p}{b_f} = \frac{\frac{11.494}{20.000} - 0.701 \cdot 0.190}{0.096} = 4.614 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$$

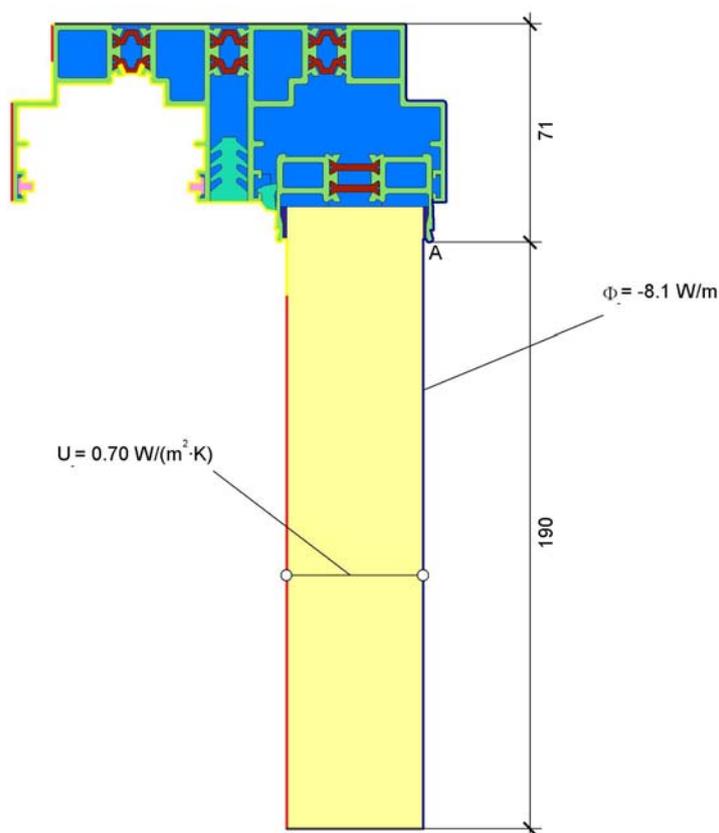
B.3 Détail haut fixe

Randbedingungen

Name	q[W/m ²]	θ[°C]	R[(m ² ·K)/W]	ε
Aussen Fenster	0.000	0.000	0.040	
Innen Fensterrahmen Reduziert	20.000	20.000	0.200	
Innen Fensterrahmen Standard	20.000	20.000	0.130	
Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			

Materialien

Name	λ[W/(m·K)]
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250
Maske	0.035
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300
Polypropylen mit 25% Glasfasern verstärkt	0.250
Rein-Silicon	0.350
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Unbelüftete Hohlräume, Eps=0.9	Eps=0.9/0.9



$$U_{fA} = \frac{\frac{\Phi}{\Delta T} - U_p \cdot b_p}{b_f} = \frac{\frac{8.053}{20.000} - 0.701 \cdot 0.190}{0.071} = 3.792 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

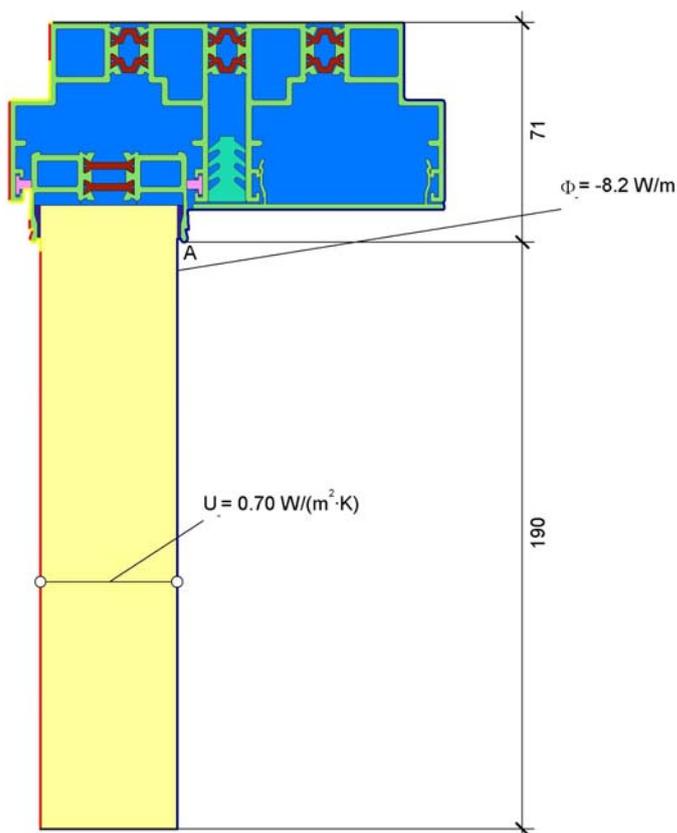
B.4 Détail haut coulissant

Randbedingungen

Name	$q[\text{W/m}^2]$	$\theta[^\circ\text{C}]$	$R[(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}]$	ε
Aussen Fenster	0.000	0.000	0.040	
Innen Fensterrahmen Reduziert	20.000	20.000	0.200	
Innen Fensterrahmen Standard	20.000	20.000	0.130	
Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			

Materialien

Name	$\lambda[\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250
Maske	0.035
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300
Polypropylen mit 25% Glasfasern verstärkt	0.250
Rein-Silicon	0.350
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Unbelüftete Hohlräume, Eps=0.9	Eps=0.9/0.9



$$U_{\text{ra}} = \frac{\frac{\Phi}{\Delta T} - U_p \cdot b_p}{b_r} = \frac{\frac{8.212}{20.000} - 0.701 \cdot 0.190}{0.071} = 3.903 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$$

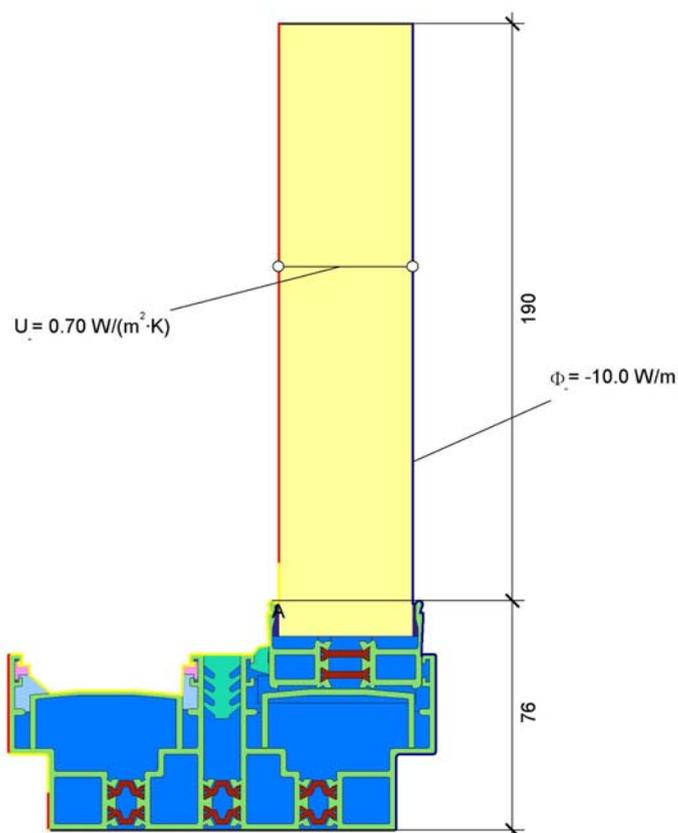
B.5 Détail bas fixe

Randbedingungen

Name	$q[\text{W}/\text{m}^2]$	$\theta[\text{C}]$	$R[(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}]$	ε
Aussen Fenster	0.000	0.000	0.040	
Innen Fensterrahmen Reduziert	20.000	20.000	0.200	
Innen Fensterrahmen Standard	20.000	20.000	0.130	
Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			

Materialien

Name	$\lambda[\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250
Leicht belüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Maske	0.035
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300
Polypropylen mit 25% Glasfasren verstärkt	0.250
Rein-Silicon	0.350
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Unbelüftete Hohlräume, Eps=0.9	Eps=0.9/0.9



$$U_{fA} = \frac{\frac{\Phi}{\Delta T} - U_p \cdot b_p}{b_f} = \frac{\frac{10.005}{20.000} - 0.701 \cdot 0.190}{0.076} = 4.846 \text{ W}/(\text{m}^2\cdot\text{K})$$

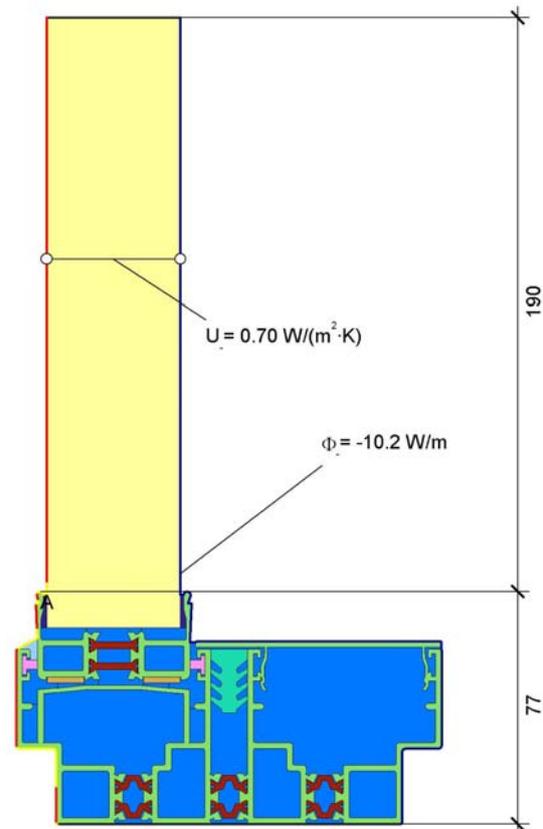
B.6 Détail bas coulissant

Randbedingungen

Name	q [W/m ²]	θ [°C]	R [(m ² ·K)/W]	ε
Aussen Fenster		0.000	0.040	
Innen Fensterrahmen Reduziert		20.000	0.200	
Innen Fensterrahmen Standard		20.000	0.130	
Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			

Materialien

Name	λ [W/(m·K)]
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250
Leicht belüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Maske	0.035
Messing (1)	120.000
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300
Polypropylen mit 25% Glasfasren verstärkt	0.250
Rein-Silicon	0.350
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Unbelüftete Hohlräume, Eps=0.9	Eps=0.9/0.9



$$U_{fA} = \frac{\frac{\Phi}{\Delta T} - U_p \cdot b_p}{b_f} = \frac{\frac{10.211}{20.000} - 0.701 \cdot 0.190}{0.077} = 4.895 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

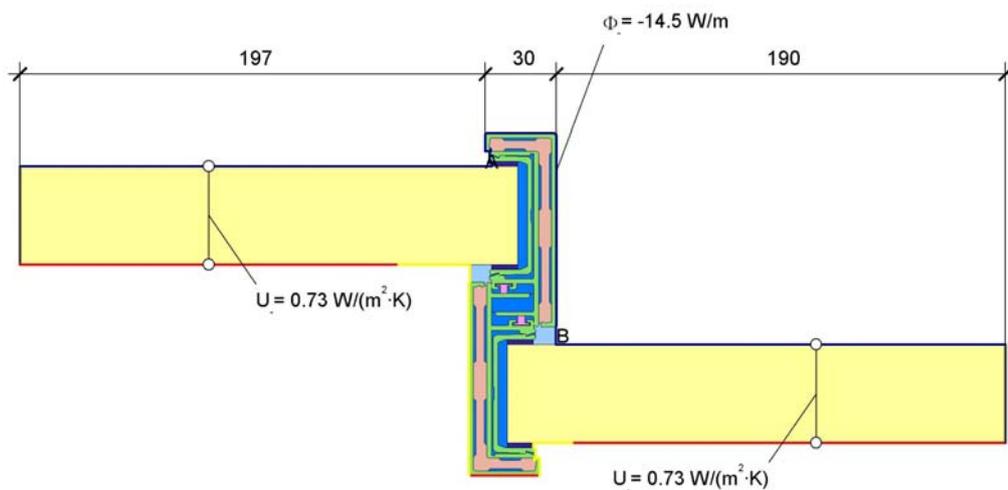
B.7 Détail partie centrale

Randbedingungen

Name	$q[\text{W}/\text{m}^2]$	$\theta[\text{C}]$	$R[(\text{m}^2 \cdot \text{K})/\text{W}]$	ε
Aussen Fenster		0.000	0.040	
Innen Fensterrahmen Reduziert		20.000	0.200	
Innen Fensterrahmen Standard		20.000	0.130	
Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			

Materialien

Name	$\lambda[\text{W}/(\text{m} \cdot \text{K})]$
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000
Hart-Polyvinylchlorid (PVC)	0.170
Leicht belüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Maske	0.035
Polypropylen mit 25% Glasfasren verstärkt	0.250
Rein-Silicon	0.350
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Unbelüftete Hohlräume, Eps=0.9	Eps=0.9/0.9



$$U_{fA,B} = \frac{\frac{\Phi}{\Delta T} - U_{p1} \cdot b_{p1} - U_{p2} \cdot b_{p2}}{b_f} = \frac{\frac{14.484}{20.000} - 0.730 \cdot 0.197 - 0.730 \cdot 0.190}{0.030} = 14.725 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$$

Annexe C: CALCUL DE LA VALEUR Ψ_g

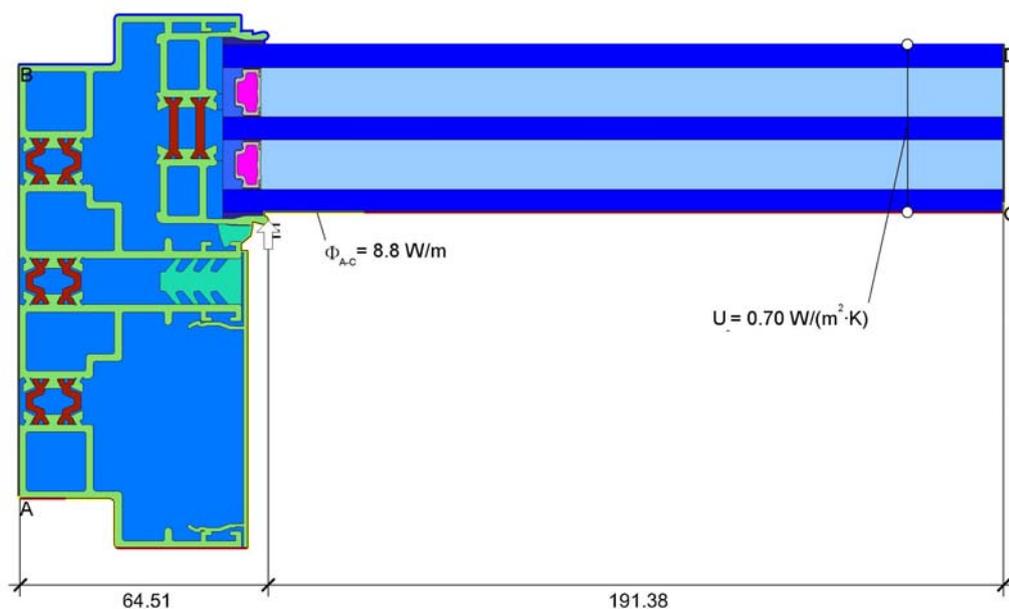
C.1 Détail côté fixe

Randbedingungen

Name	q[W/m ²]	θ [°C]	R[(m ² ·K)/W]	ε
Aussen Fenster	0.000	0.000	0.040	
Innen Fensterrahmen Reduziert	20.000	20.000	0.200	
Innen Fensterrahmen Standard	20.000	20.000	0.130	
Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			

Materialien

Name	λ [W/(m·K)]
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000
Butyl (Isobuten), heissgeschmolzen	0.240
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250
Floatglas	1.000
Gasfüllung(10)	0.021
Gasfüllung(9)	0.021
Nichtrostender Stahl (1)	25.000
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300
Polypropylen	0.193
Polysulfid (1)	0.400
Rein-Silicon	0.350
Silicagel (Trockenmittel) (1)	0.130
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Unbelüftete Hohlräume, Eps=0.9	Eps=0.9/0.9



$$\Psi_{A-E-C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 - U_2 \cdot b_2 = \frac{8.812}{20.000} - 3.960 \cdot 0.065 - 0.700 \cdot 0.191 = 0.051 \text{ W/(m·K)}$$

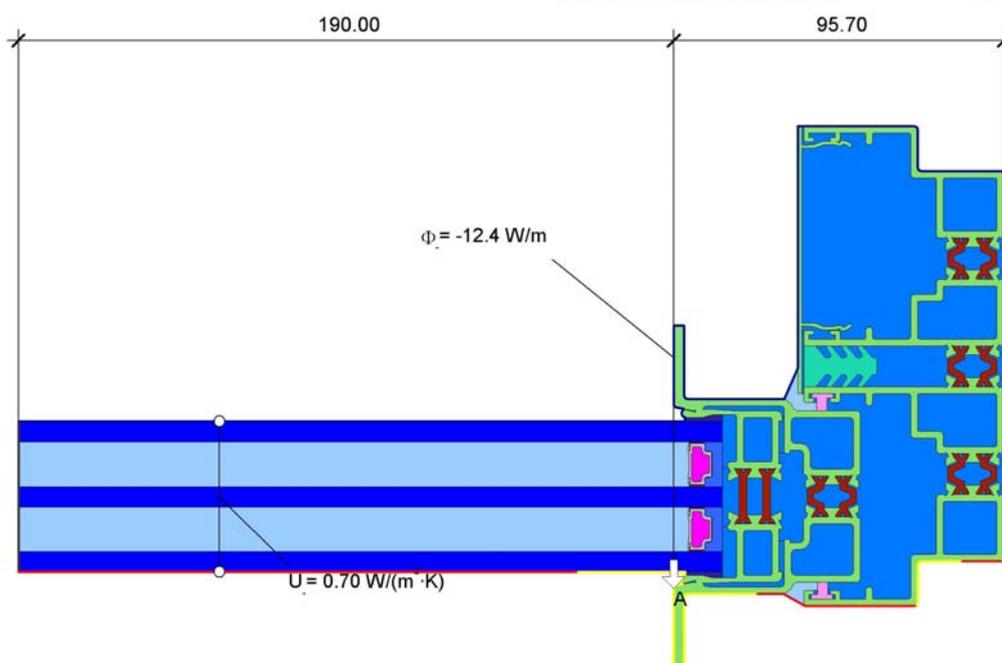
C.2 Détail côté coulissant

Randbedingungen

Name	q[W/m ²]	θ[°C]	R[(m ² ·K)/W]	ε
Aussen Fenster	0.000	0.000	0.040	
Innen Fensterrahmen Reduziert	20.000	0.200	0.200	
Innen Fensterrahmen Standard	20.000	0.130	0.130	
Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			

Materialien

Name	λ[W/(m·K)]
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000
Butyl (Isobuten), heissgeschmolzen	0.240
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250
Floatglas	1.000
Gasfüllung(10)	0.021
Gasfüllung(9)	0.021
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% Glasfasren verstärkt	0.250
Polysulfid (1)	0.400
Rein-Silicon	0.350
Silicagel (Trockenmittel) (1)	0.130
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Unbelüftete Hohlräume, Eps=0.9	Eps=0.9/0.9



$$\psi_A = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_g \cdot b_g - U_i \cdot b_i = \frac{12.448}{20.000} - 0.700 \cdot 0.190 - 4.614 \cdot 0.096 = 0.048 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$

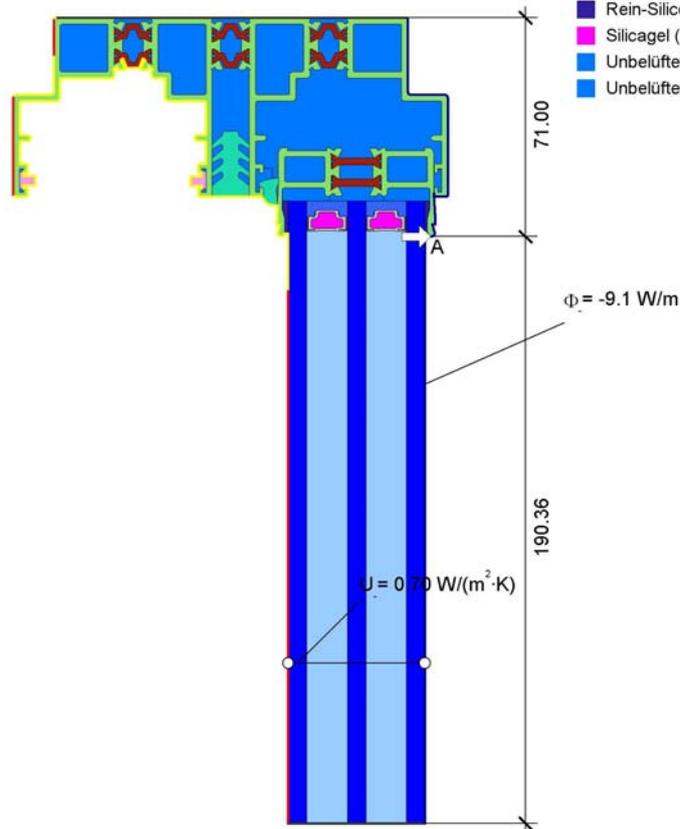
C.3 Détail haut fixe

Randbedingungen

Name	$q[W/m^2]$	$\theta_0[^\circ C]$	$R[(m^2 \cdot K)/W]$	ε
Aussen Fenster	0.000	0.000	0.040	
Innen Fensterrahmen Reduziert	20.000	20.000	0.200	
Innen Fensterrahmen Standard	20.000	20.000	0.130	
Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			

Materialien

Name	$\lambda[W/(m \cdot K)]$
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000
Butyl (Isobuten), heissgeschmolzen	0.240
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250
Floatglas	1.000
Gasfüllung(10)	0.021
Gasfüllung(9)	0.021
Nichtrostender Stahl (1)	25.000
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300
Polypropylen	0.193
Polypropylen mit 25% Glasfasren verstärkt	0.250
Polysulfid (1)	0.400
Rein-Silicon	0.350
Silicagel (Trockenmittel) (1)	0.130
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Unbelüftete Hohlräume, Eps=0.9	Eps=0.9/0.9



$$\psi_A = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_g \cdot b_g - U_f \cdot b_f = \frac{9.108}{20.000} - 0.700 \cdot 0.190 - 3.792 \cdot 0.071 = 0.053 \text{ W/(m} \cdot \text{K)}$$

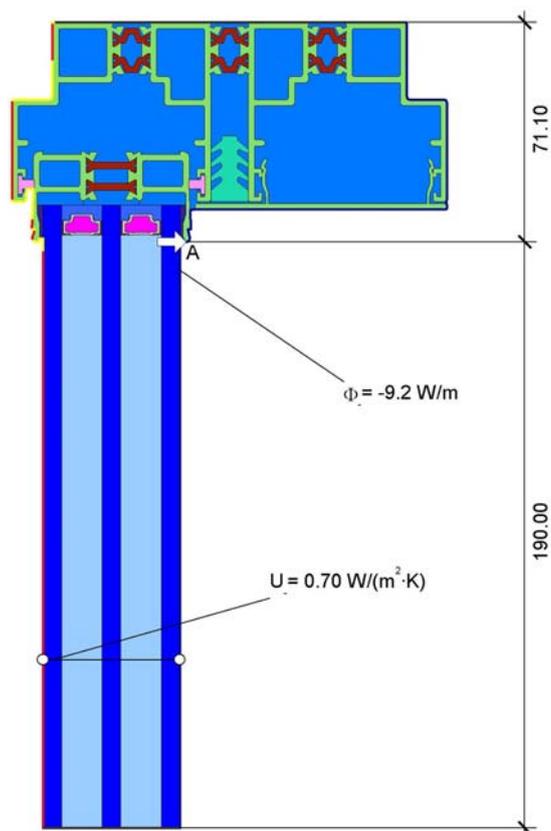
C.4 Détail haut coulissant

Randbedingungen

Name	q[W/m ²]	θ[C]	R[(m ² ·K)/W]	ε
Aussen Fenster	0.000		0.040	
Innen Fensterrahmen Reduziert	20.000		0.200	
Innen Fensterrahmen Standard	20.000		0.130	
Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			

Materialien

Name	λ[W/(m·K)]
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000
Butyl (Isobuten), heissgeschmolzen	0.240
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250
Floatglas	1.000
Gasfüllung(10)	0.021
Gasfüllung(9)	0.021
Nichtrostender Stahl (1)	25.000
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300
Polypropylen	0.193
Polypropylen mit 25% Glasfasren verstärkt	0.250
Polysulfid (1)	0.400
Rein-Silicon	0.350
Silicagel (Trockenmittel) (1)	0.130
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Unbelüftete Hohlräume, Eps=0.9	Eps=0.9/0.9



$$\psi_A = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_g \cdot b_g - U_f \cdot b_f = \frac{9.216}{20.000} - 0.700 \cdot 0.190 - 3.903 \cdot 0.071 = 0.050 \text{ W/(m·K)}$$

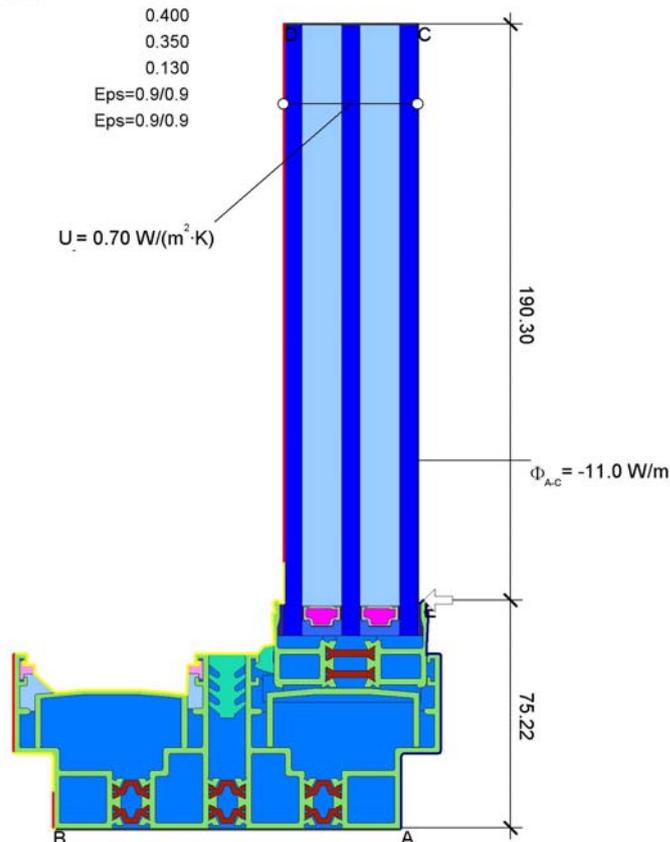
C.5 Détail bas fixe

Randbedingungen

Name	λ [W/(m·K)]
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000
Butyl (Isobuten), heissgeschmolzen	0.240
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250
Floatglas	1.000
Gasfüllung(10)	0.021
Gasfüllung(9)	0.021
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% Glasfasren verstärkt	0.250
Polysulfid (1)	0.400
Rein-Silicon	0.350
Silicagel (Trockenmittel) (1)	0.130
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Unbelüftete Hohlräume, Eps=0.9	Eps=0.9/0.9

Materialien

Name	q [W/m ²]	θ [°C]	R [(m ² ·K)/W]	ε
Aussen Fenster	0.000	0.000	0.040	
Innen Fensterrahmen Reduziert	20.000	20.000	0.200	
Innen Fensterrahmen Standard	20.000	20.000	0.130	
Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			



$$\psi_{A-E,C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 - U_2 \cdot b_2 = \frac{10.958}{20.000} - 4.846 \cdot 0.075 - 0.700 \cdot 0.190 = 0.050 \text{ W/(m·K)}$$

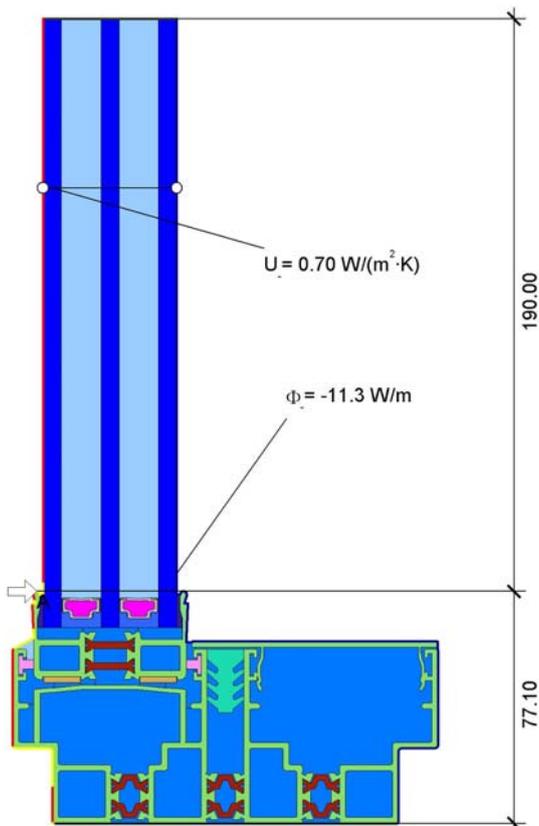
C.6 Détail bas coulissant

Randbedingungen

Name	q [W/m ²]	θ_f [°C]	R [(m ² ·K)/W]	ε
Aussen Fenster	0.000	0.000	0.040	
Innen Fensterrahmen Reduziert	20.000	20.000	0.200	
Innen Fensterrahmen Standard	20.000	20.000	0.130	
Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			

Materialien

Name	λ [W/(m·K)]
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000
Butyl (Isobuten), heissgeschmolzen	0.240
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250
Floatglas	1.000
Gasfüllung(10)	0.021
Gasfüllung(9)	0.021
Leicht belüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Messing (1)	120.000
Nichtrostender Stahl (1)	25.000
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300
Polypropylen	0.193
Polypropylen mit 25% Glasfasren verstärkt	0.250
Polysulfid (1)	0.400
Rein-Silicon	0.350
Silicagel (Trockenmittel) (1)	0.130
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Unbelüftete Hohlräume, Eps=0.9	Eps=0.9/0.9



$$\psi_A = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_g \cdot b_g - U_f \cdot b_f = \frac{11.262}{20.000} - 0.700 \cdot 0.190 - 4.895 \cdot 0.077 = 0.053 \text{ W/(m·K)}$$

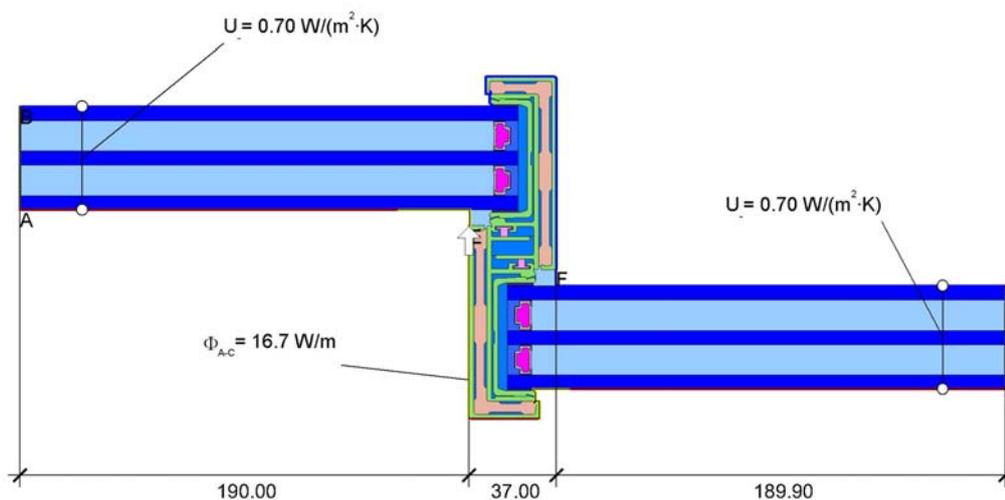
C.7 Détail partie centrale

Randbedingungen

Name	q [W/m ²]	θ [°C]	R [(m ² ·K)/W]	ε
Aussen Fenster		0.000	0.040	
Innen Fensterrahmen Reduziert	20.000		0.200	
Innen Fensterrahmen Standard	20.000		0.130	
Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			

Materialien

Name	λ [W/(m·K)]
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000
Butyl (Isobuten), heissgeschmolzen	0.240
Floatglas	1.000
Gasfüllung(10)	0.021
Gasfüllung(11)	0.021
Gasfüllung(12)	0.021
Gasfüllung(9)	0.021
Hart-Polyvinylchlorid (PVC)	0.170
Leicht belüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Nichtrostender Stahl (1)	25.000
Polypropylen	0.193
Polypropylen mit 25% Glasfasren verstärkt	0.250
Polysulfid (1)	0.400
Rein-Silicon	0.350
Silicagel (Trockenmittel) (1)	0.130
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Unbelüftete Hohlräume, Eps=0.9	Eps=0.9/0.9

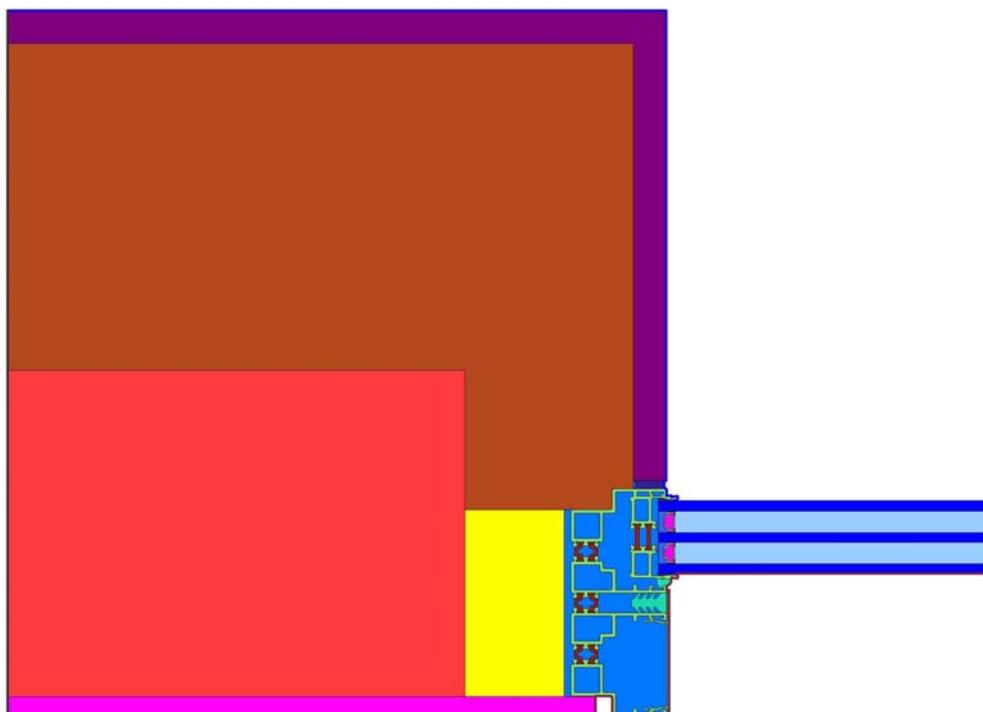


$$\Psi_{A-E,C} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 - U_2 \cdot b_2 - U_3 \cdot b_3 = \frac{16.665}{20.000} - 0.700 \cdot 0.190 - 0.700 \cdot 0.190 - 14.725 \cdot 0.037 = 0.023 \text{ W/(m·K)}$$

Annexe D: CALCUL DES ISOTHERMES

D.1 Détail côté fixe

Materialien		Randbedingungen			
Name	λ [W/(m·K)]	Name	q [W/m ²]	θ [°C]	R [(m ² ·K)/W] ε
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000	Aussen Standard	0.000	0.000	0.040
Aussenputz	0.870	Innen Standard	20.000	20.000	0.130
Butyl (Isobuten), heissgeschmolzen	0.240	Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000		
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250				
Floatglas	1.000				
Gasfüllung(12)	0.021				
Gasfüllung(13)	0.021				
Innenputz	0.700				
Kalksandstein 1800	1.000				
Nichtrostender Stahl (1)	25.000				
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300				
Polypropylen	0.193				
Polysulfid (1)	0.400				
Rein-Silicon	0.350				
Silicagel (Trockenmittel) (1)	0.130				
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9				
Unbelüftete Hohlräume, Eps=0.9	Eps=0.9/0.9				
Weich-Holz (typisches Bauholz)	0.130				
swissporLAMBDA Fassade	0.031				



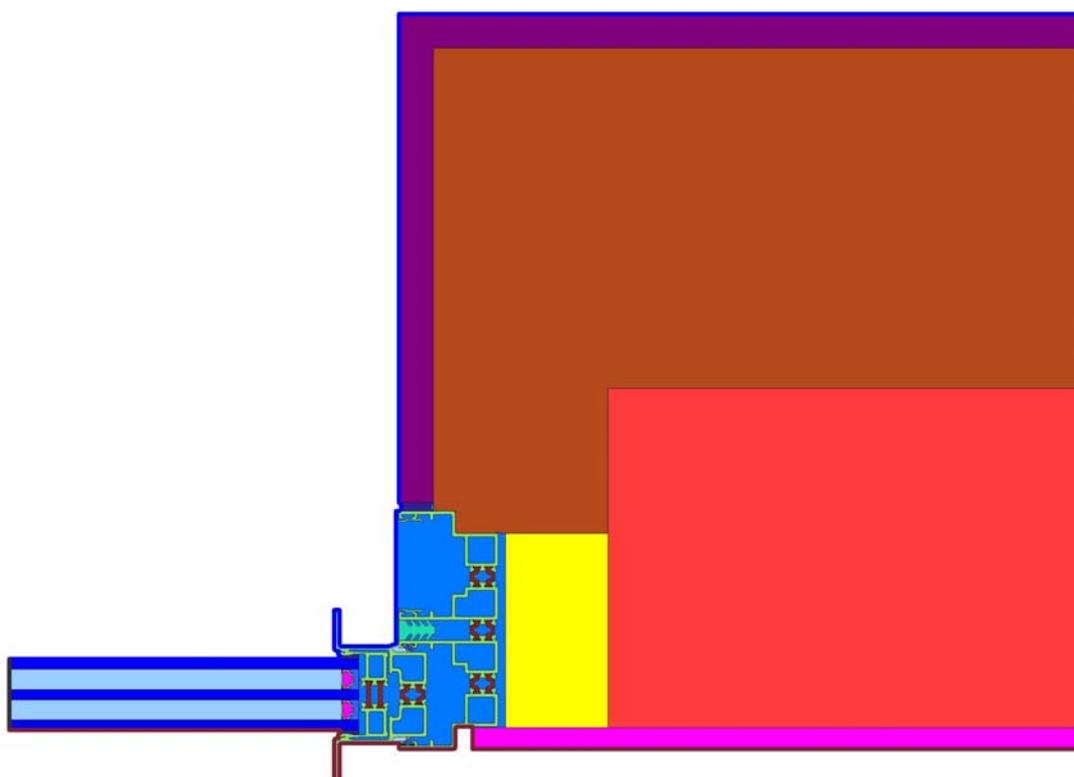
D.2 Détail côté coulissant

Randbedingungen

Name	$q[\text{W}/\text{m}^2]$	$\theta[^\circ\text{C}]$	$R[(\text{m}^2\cdot\text{K})/\text{W}]$	ε
Aussen Standard		0.000	0.040	
Innen Standard		20.000	0.130	
Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			

Materialien

Name	$\lambda[\text{W}/(\text{m}\cdot\text{K})]$
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000
Aussenputz	0.870
Butyl (Isobuten), heissgeschmolzen	0.240
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250
Floatglas	1.000
Gasfüllung(14)	0.019
Gasfüllung(15)	0.019
Innenputz	0.700
Kalksandstein 1800	1.000
Leicht belüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Leicht belüftete Hohlräume, Eps=0.9	Eps=0.9/0.9
Nichtrostender Stahl (1)	25.000
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300
Polypropylen	0.193
Polysulfid (1)	0.400
Rein-Silicon	0.350
Silicagel (Trockenmittel) (1)	0.130
TPE	0.210
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Unbelüftete Hohlräume, Eps=0.9	Eps=0.9/0.9
Weich-Holz (typisches Bauholz)	0.130
swissporLAMBDA Fassade	0.031



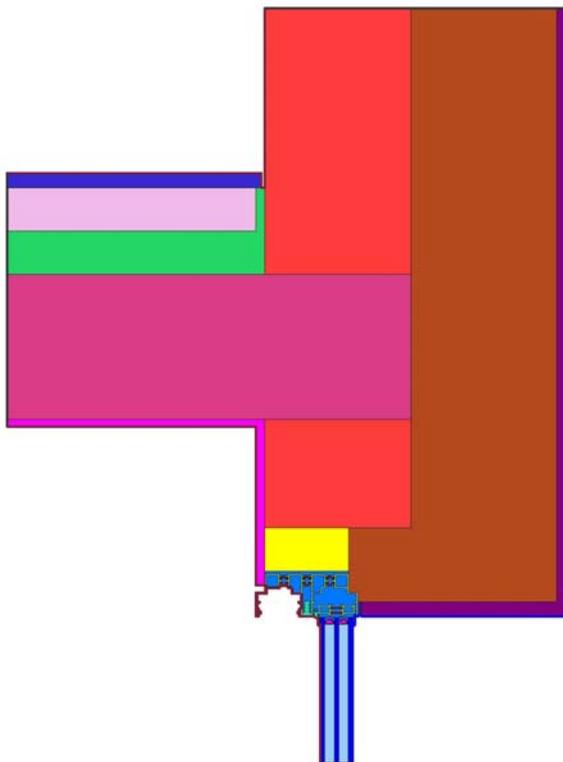
D.3 Détail haut fixe

Randbedingungen

Name	$q[W/m^2]$	$\theta_s[^\circ C]$	$R[(m^2 \cdot K)/W]$	ε
Aussen Standard	0.000	0.000	0.040	
Innen Standard	20.000	20.000	0.130	
Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			

Materialien

Name	$\lambda[W/(m \cdot K)]$
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000
Anhydritestrich	1.200
Aussenputz	0.870
Beton hohe Rohdichte 2400	2.000
Butyl (Isobuten), heissgeschmolzen	0.240
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250
Floatglas	1.000
Gasfüllung(17)	0.021
Gasfüllung(18)	0.021
Innenputz	0.700
Kalksandstein 1800	1.000
Nichtrostender Stahl (1)	25.000
Nutzholz 700	0.180
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300
Polypropylen	0.193
Polypropylen mit 25% Glasfasren verstärkt	0.250
Polysulfid (1)	0.400
Rein-Silicon	0.350
Siicagel (Trockenmittel) (1)	0.130
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Unbelüftete Hohlräume, Eps=0.9	Eps=0.9/0.9
Weich-Holz (typisches Bauholz)	0.130
swissporEPS-T (Trittschalldämmplatte)	0.039
swissporLAMBDA Fassade	0.031



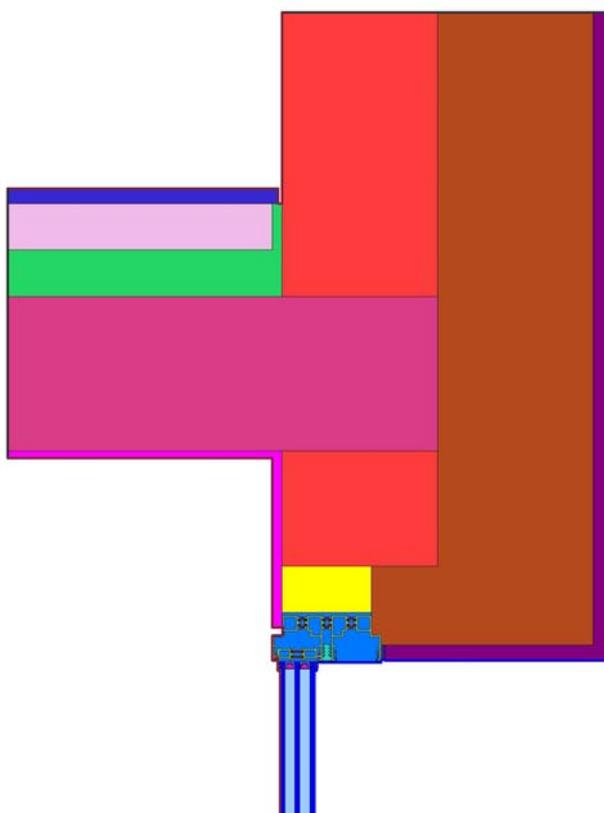
D.4 Détail haut coulissant

Randbedingungen

Name	$q[W/m^2]$	$\theta_r[^\circ C]$	$R[(m^2 \cdot K)/W]$	ε
Aussen Standard	0.000	0.000	0.040	
Innen Standard	20.000	20.000	0.130	
Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			

Materialien

Name	$\lambda[W/(m \cdot K)]$
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000
Anhydritestrich	1.200
Aussenputz	0.870
Beton hohe Rohdichte 2400	2.000
Butyl (Isobuten), heissgeschmolzen	0.240
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250
Floatglas	1.000
Gasfüllung(23)	0.021
Gasfüllung(24)	0.021
Innenputz	0.700
Kalksandstein 1800	1.000
Nichtrostender Stahl (1)	25.000
Nutzholz 700	0.180
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300
Polypropylen	0.193
Polypropylen mit 25% Glasfasren verstärkt	0.250
Polysulfid (1)	0.400
Rein-Silicon	0.350
Siicagel (Trockenmittel) (1)	0.130
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Unbelüftete Hohlräume, Eps=0.9	Eps=0.9/0.9
Weich-Holz (typisches Bauholz)	0.130
swissporEPS-T (Trittschalldämmplatte)	0.039
swissporLAMBDA Fassade	0.031



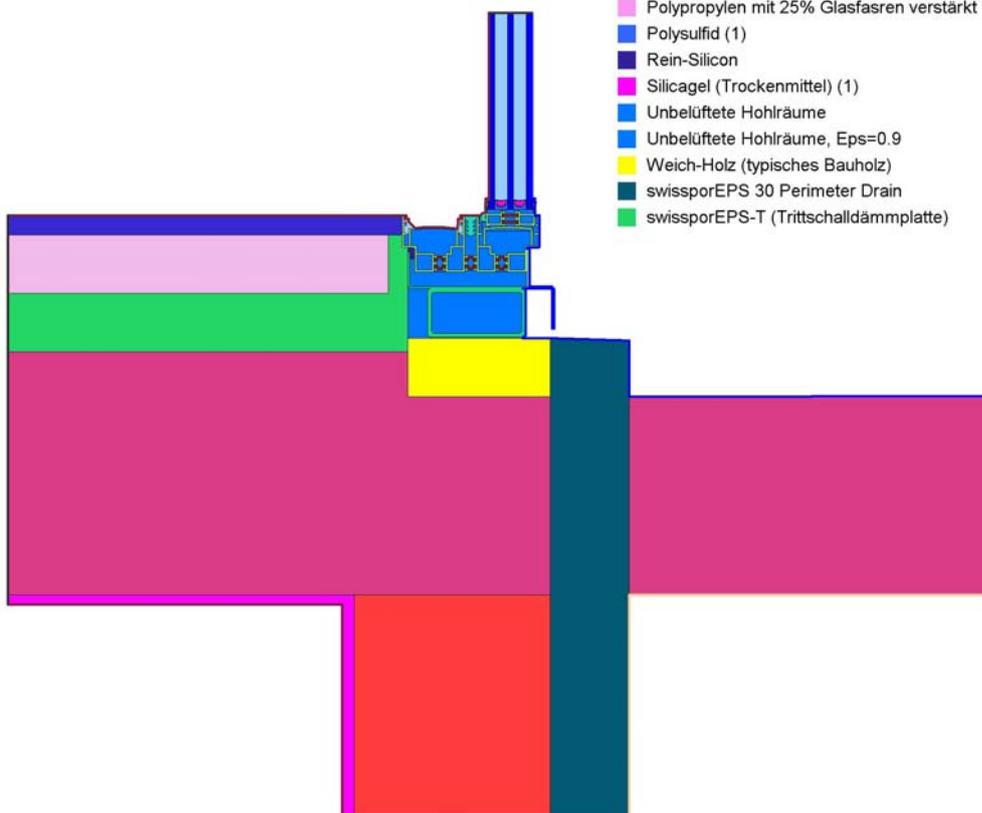
D.5 Détail bas fixe

Randbedingungen

Name	q [W/m ²]	θ [°C]	R [(m ² ·K)/W]	ε
Aussen Standard	0.000	0.000	0.040	
Aussen stark belüftet	0.000	0.000	0.130	
Contre-terre	0.000	0.000	0.000	
Innen Standard	20.000	20.000	0.130	
Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			

Materialien

Name	λ [W/(m·K)]
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000
Anhydritestrich	1.200
Beton hohe Rohdichte 2400	2.000
Butyl (Isobuten), heissgeschmolzen	0.240
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250
Floatglas	1.000
Gasfüllung(31)	0.021
Gasfüllung(32)	0.021
Innenputz	0.700
Kalksandstein 1800	1.000
Leicht belüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Nichtrostender Stahl	17.000
Nichtrostender Stahl (1)	25.000
Nutzholz 700	0.180
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300
Polypropylen	0.193
Polypropylen mit 25% Glasfasren verstärkt	0.250
Polysulfid (1)	0.400
Rein-Silicon	0.350
Silicagel (Trockenmittel) (1)	0.130
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Unbelüftete Hohlräume, Eps=0.9	Eps=0.9/0.9
Weich-Holz (typisches Bauholz)	0.130
swissporEPS 30 Perimeter Drain	0.033
swissporEPS-T (Trittschalldämmplatte)	0.039



D.6 Détail bas coulissant

Materialien

Name	λ [W/(m·K)]
Aluminium (Si-Legierungen)	160.000
Anhydritestrich	1.200
Beton hohe Rohdichte 2400	2.000
Butyl (Isobuten), heissgeschmolzen	0.240
EPDM (Ethylen Propylen Dien Monomer)	0.250
Floatglas	1.000
Gasfüllung(17)	0.021
Gasfüllung(18)	0.021
Innenputz	0.700
Kalksandstein 1800	1.000
Leicht belüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Messing (1)	120.000
Nichtrostender Stahl	17.000
Nichtrostender Stahl (1)	25.000
Nutzholz 700	0.180
Polyamid 6.6 mit 25% Glasfaser verstärkt	0.300
Polypropylen	0.193
Polypropylen mit 25% Glasfasren verstärkt	0.250
Polysulfid (1)	0.400
Rein-Silicon	0.350
Silicagel (Trockenmittel) (1)	0.130
Unbelüftete Hohlräume	Eps=0.9/0.9
Unbelüftete Hohlräume, Eps=0.9	Eps=0.9/0.9
Weich-Holz (typisches Bauholz)	0.130
swissporEPS 30 Perimeter Drain	0.033
swissporEPS-T (Trittschalldämmplatte)	0.039

Randbedingungen

Name	q [W/m ²]	θ [°C]	R [(m ² ·K)/W]	ϵ
Aussen Standard	0.000	0.040		
Aussen stark belüftet	0.000	0.130		
Contre-terre	0.000	0.000		
Innen Standard	20.000	0.130		
Symmetrie/Bauteilschnitt	0.000			

