



## Ponts thermiques & Fenêtres : modes de calcul & influence sur les résultats



## Définition

- Qu'est ce qu'un pont thermique?
- Les enjeux
- Types de ponts thermiques

## Pourquoi?

## Solutions pour les éviter

## Calculer ce que l'on ne peut pas éviter

- Les calculer
- Les outils
- Les normes

## Savoir imaginer puis exploiter les résultats

## Démos

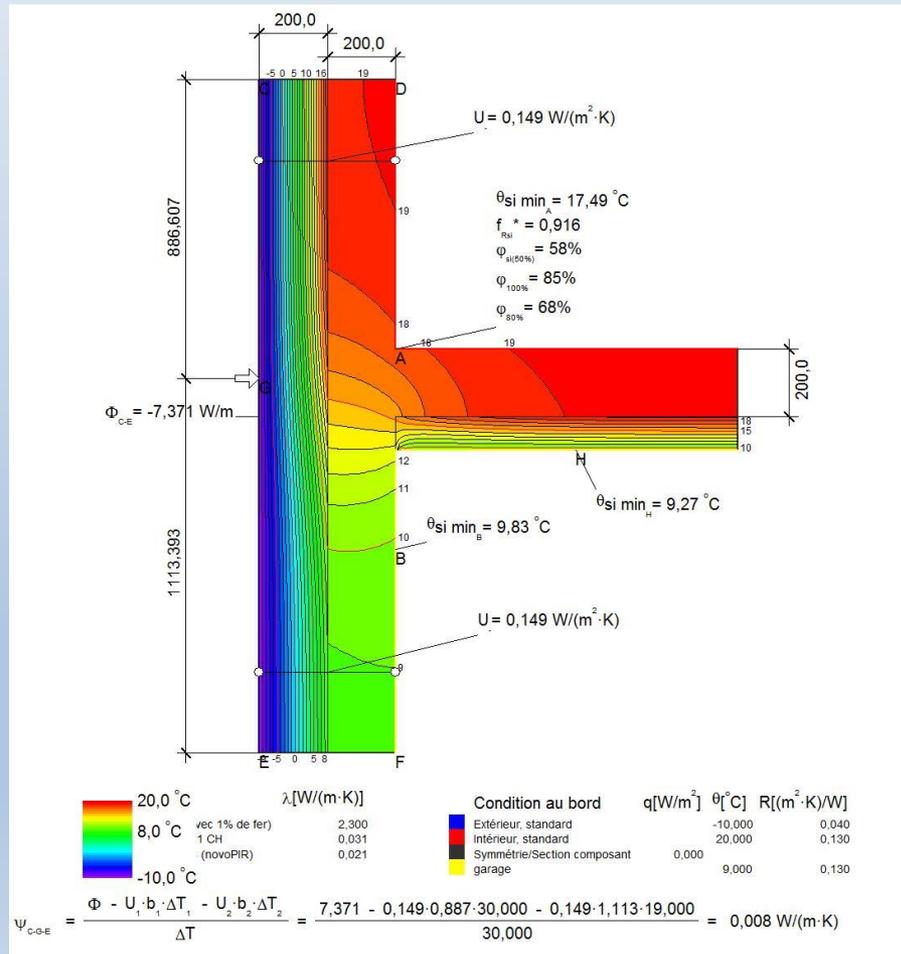
## Ingénierie de la Fédé

## Questions - réponses

# Qu'est ce qu'un pont thermique?

## Pont thermique = différence de flux

- engendre une différence de température
- augmente les déperditions conductives
- Risques de condensation



**Différences de températures**

**Déperditions conductives augmentées**

**Risques de condensation**

**Influence considérable sur les besoins de chauffage  
exigence thermique non atteinte**

**1 000 000 bâtiments BBC ou RT qui condensent**

**940 fenêtres pourries au bout de 2 ans (collège Pont à Mousson)**

**Linéaires: nœuds constructifs / espaceurs vitrages**

**Ponctuels: fixations ...**

**Surfaciques: caissons BSO**

Pourquoi ?



## Différences de matériaux

### Matériaux inadaptés :

- Espaceurs en aluminium
- Pattes de fixation métalliques

### Règlementation parasismique

### Détails d'exécution non réfléchis

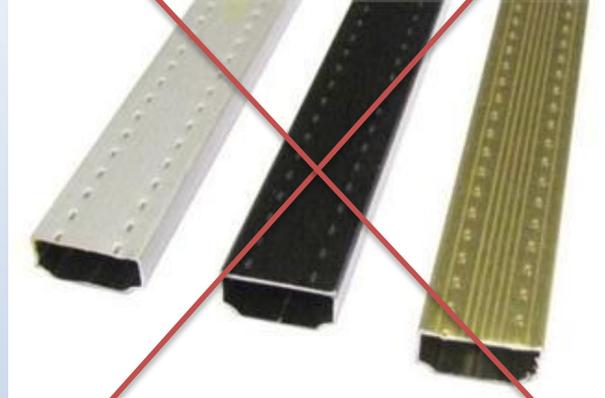
Constructions comme d'habitude, balcons, cloisons...

- **Bien choisir les matériaux**
- **Espaceurs chauds**
- **Fixations adaptées**
- **Détails d'exécution réfléchis**
- **Rupteurs divers et variés (It-fixing – Schöck...)**
- **Isolation extérieure**
- **Isolants spéciaux (sous vide par exemple) (BSO isolé)**

## Espaceurs chauds

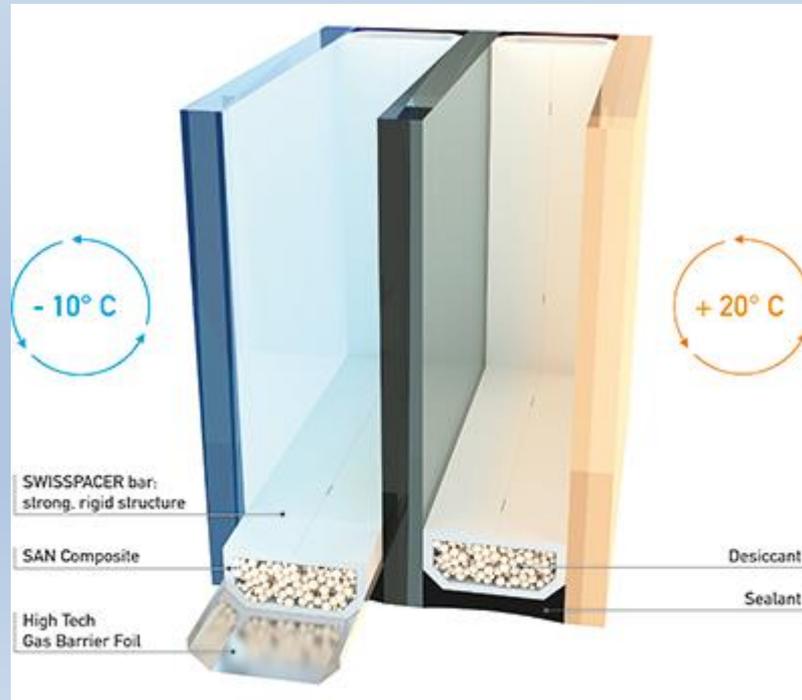
0,111

0,075 = espaceurs froids interdits



0,023 = espaceurs chauds

Type warm edge



## Espaceurs chauds à 0,035 exemple du Martelberg

	Surface de référence énergétique:	504,6 m <sup>2</sup>
<b>Chauffer</b>	Besoin de chaleur de chauffage	<b>11,06 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>
	Puissance de chauffage	<b>13 W/m<sup>2</sup></b>
<b>Refroidir</b>	Demande totale de refroidissement	kWh/(m <sup>2</sup> a)
	Puissance de refroidissement	W/m <sup>2</sup>
	Fréquence de surchauffe (> 25 °C)	0,0 %
<b>Energie primaire</b>	Chauffer, refroidir, Déhumidification, ECS, électricité auxiliaire éclairage, électricité	<b>52 kWh/(m<sup>2</sup>a)</b>
	ECS, chauffage et électricité auxiliaire	50 kWh/(m <sup>2</sup> a)
	Réduction énergie prim. par la prod. d'élec. solaire	kWh/(m <sup>2</sup> a)
<b>Etanchéité à l'air</b>	Test d'infiltrométrie n <sub>50</sub>	<b>0,4 1/h</b>

Vitrage	Châssis	Facteur solaire (valeur g)	Valeur U		Ψ-intercalaire	Liaison avec paroi				
			Vitrage	Châssis (moyenne)		valeur personnelle pour Ψ <sub>liaison</sub> avec la paroi OU '1': Ψ <sub>liaison</sub> avec la paroi à partir de la feuille 'Composantes' '0': adjacente à une autre fenêtre				
Sélection de la feuille "Composants"		Rayonnement perpendiculaire	W/(m <sup>2</sup> K)	W/(m <sup>2</sup> K)	Ψ <sub>intercalaire</sub> (moyenne)	gauche	droite	bas	haut	Ψ <sub>liaison</sub> avec paroi (moyenne)
Tri: COMME LISTE		-	W/(m <sup>2</sup> K)	W/(m <sup>2</sup> K)	W/(mK)	W/(mK) respectivement 1/0				W/(mK)
01ud 4 planitherm lux/18argon/4/18argon/4planitherm lux	01ud futura	0,63	0,62	0,79	0,035	0	0	0	0,04	0,040
01ud 4 planitherm lux/18argon/4/18argon/4planitherm lux	01ud futura	0,63	0,62	0,80	0,035	0	0	0	0,04	0,040
01ud 4 planitherm lux/18argon/4/18argon/4planitherm lux	01ud futura	0,63	0,62	0,79	0,035	0	0	0	0,04	0,040
01ud 4 planitherm lux/18argon/4/18argon/4planitherm lux	01ud futura	0,63	0,62	0,80	0,035	0	0	0	0,04	0,040
03ud vitrage expo 55/2 planitherm lux/18argon/4/18 argon/planitherm lux	06ud	0,55	0,62	0,90	0,035	0,04	0,04	0,04	0,04	0,040
03ud vitrage expo 55/2 planitherm lux/18argon/4/18 argon/planitherm lux	06ud	0,55	0,62	0,90	0,035	0,04	0,04	0,04	0,04	0,040
03ud vitrage expo 55/2 planitherm lux/18argon/4/18 argon/planitherm lux	06ud	0,55	0,62	0,90	0,035	0,04	0,04	0,04	0,04	0,040
03ud vitrage expo 55/2 planitherm lux/18argon/4/18 argon/planitherm lux	06ud	0,55	0,62	0,90	0,035	0,04	0,04	0,04	0,04	0,040

## Espaceurs froids à 0,111 (interdits), exemple du Martelberg : différence de 3 kWh/m<sup>2</sup>/an (espaceurs froids !)

Caractéristiques du bâtiment par rapport à la surface de référence de l'énergie et de l'année	
	Surface de référence énergétique: 504,6 m <sup>2</sup>
Chauffer	Besoin de chaleur de chauffage: 14,11 kWh/(m <sup>2</sup> a)
	Puissance de chauffage: 15 W/m <sup>2</sup>
Refroidir	Demande totale de refroidissement: kWh/(m <sup>2</sup> a)
	Puissance de refroidissement: W/m <sup>2</sup>
	Fréquence de surchauffe (> 25 °C): 0,0 %
Energie primaire	Chauffer, refroidir, Déhumidification, ECS, 60 kWh/(m <sup>2</sup> a) électricité auxiliaire éclairage, électricité
	ECS, chauffage et électricité auxiliaire: 57 kWh/(m <sup>2</sup> a)
	Réduction énergie prim. par la prod. d'élec. solaire: kWh/(m <sup>2</sup> a)
Etanchéité à l'air	Test d'infiltrométrie n <sub>50</sub> : 0,4 1/h

Vitrage	Châssis	Facteur solaire (valeur g)	Valeur U		Ψ-intercalaire	Liaison avec paroi				
			Rayonnement perpendiculaire	Vitrage		Châssis (moyenne)	valeur personnelle pour Ψ <sub>liaison</sub> avec la paroi OU '1': Ψ <sub>liaison</sub> avec la paroi à partir de la feuille 'Composants' '0': adjacente à une autre fenêtre			
Sélection de la feuille "Composants"	Sélection de la feuille "Composants"		W/(m <sup>2</sup> K)	W/(m <sup>2</sup> K)	W/(mK)	gauche	droite	bas	haut	W/(mK)
Tri: COMME LISTE	Tri: COMME LISTE	-				W/(mK) respectivement 1/0				
01ud 4 planitherm lux/18argon/4/18argon/4planitherm lux	01ud futura	0,63	0,62	0,79	0,111	0	0	0	0,04	0,040
01ud 4 planitherm lux/18argon/4/18argon/4planitherm lux	01ud futura	0,63	0,62	0,80	0,111	0	0	0	0,04	0,040
01ud 4 planitherm lux/18argon/4/18argon/4planitherm lux	01ud futura	0,63	0,62	0,79	0,111	0	0	0	0,04	0,040
01ud 4 planitherm lux/18argon/4/18argon/4planitherm lux	01ud futura	0,63	0,62	0,80	0,111	0	0	0	0,04	0,040
03ud vitrage expo 55/2 planitherm lux/18argon/4/18 argon/planitherm lux 06ud		0,55	0,62	0,90	0,111	0,04	0,04	0,04	0,04	0,040
03ud vitrage expo 55/2 planitherm lux/18argon/4/18 argon/planitherm lux 06ud		0,55	0,62	0,90	0,111	0,04	0,04	0,04	0,04	0,040
03ud vitrage expo 55/2 planitherm lux/18argon/4/18 argon/planitherm lux 06ud		0,55	0,62	0,90	0,111	0,04	0,04	0,04	0,04	0,040
03ud vitrage expo 55/2 planitherm lux/18argon/4/18 argon/planitherm lux 06ud		0,55	0,62	0,90	0,111	0,04	0,04	0,04	0,04	0,040

# Pattes de fixation adaptées

Equerres métalliques pour bardage : ponts thermiques



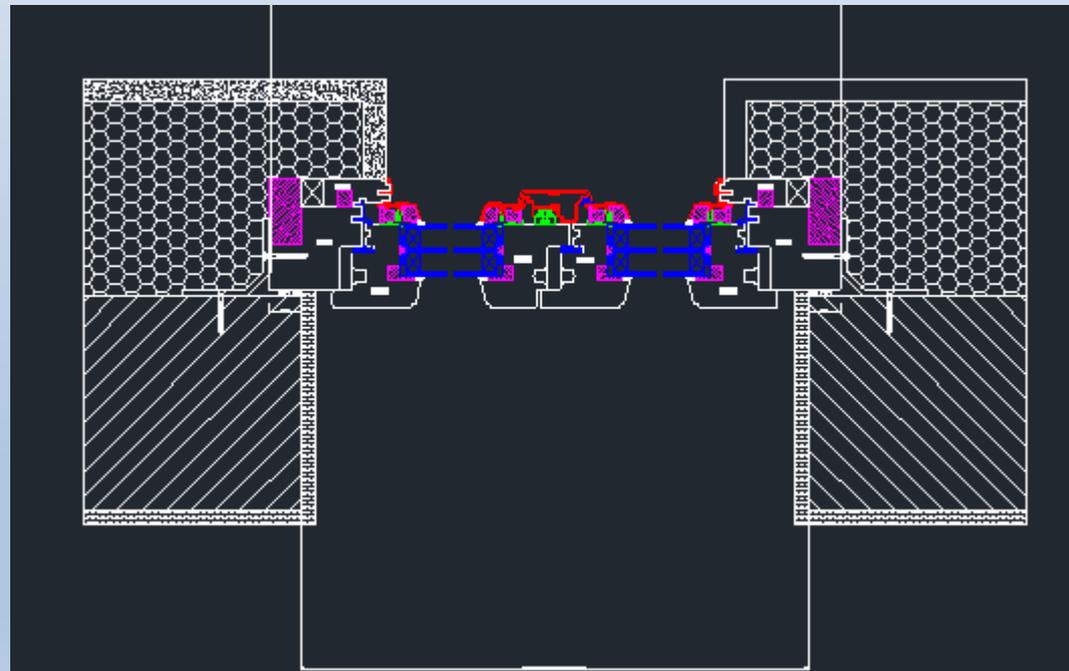
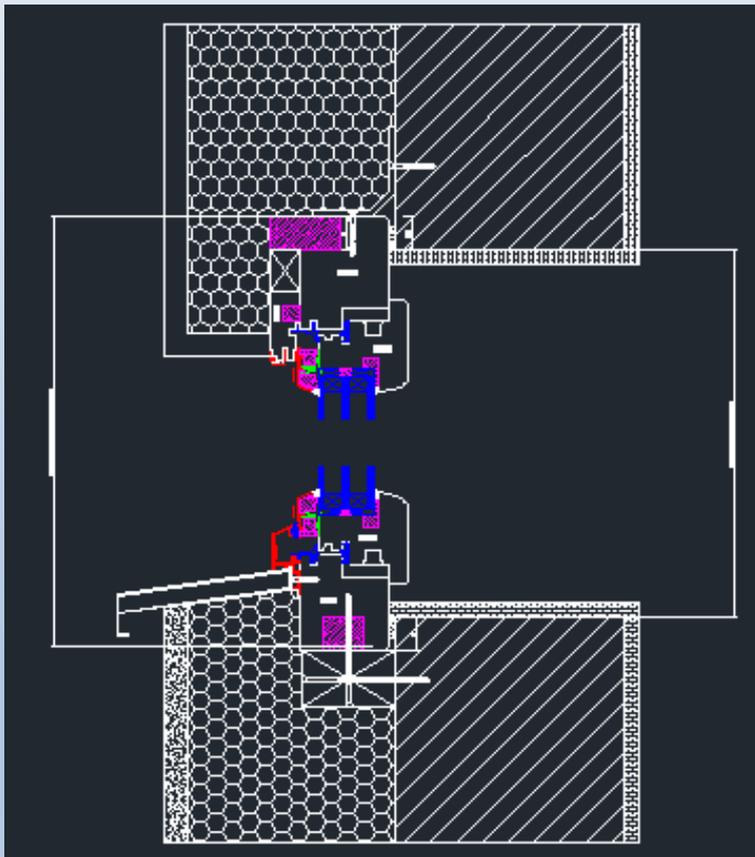
Solutions : Fixations It-fixing



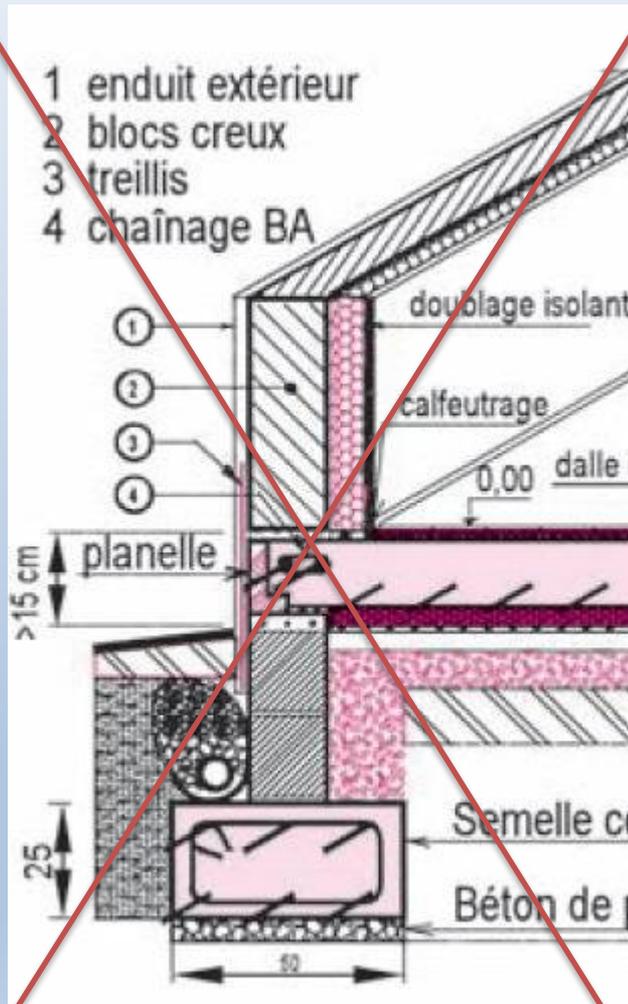
## Les châssis non isolés

Isoler les châssis

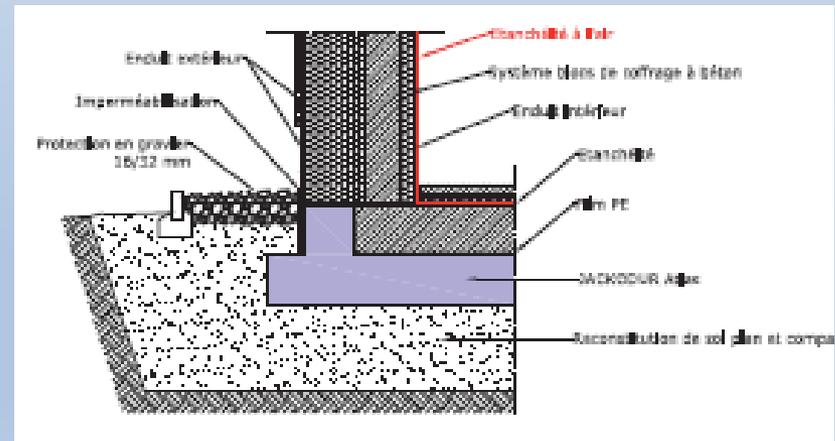
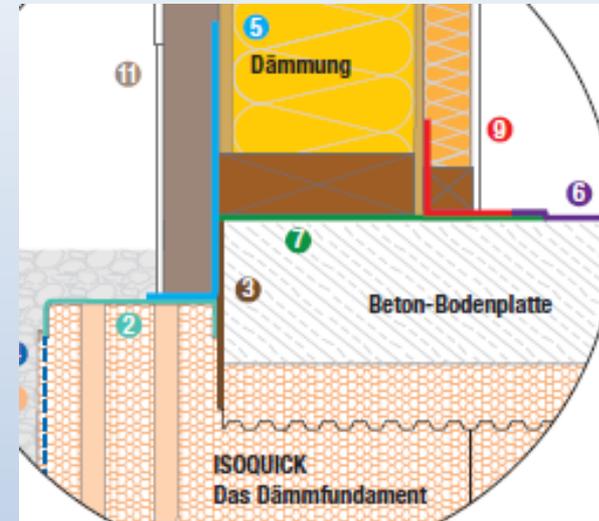
Prohiber absolument les seuils de portes et portes fenêtrés en béton ou en alu



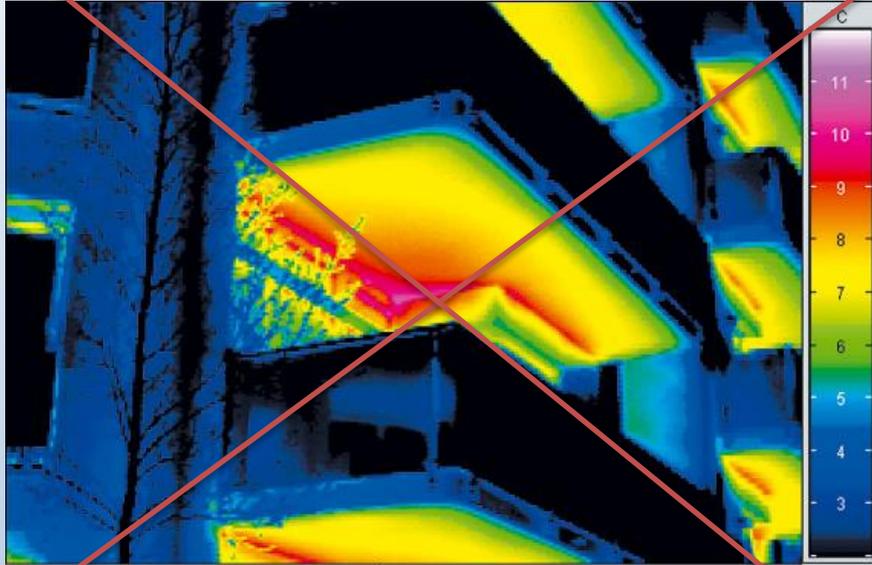
## Fondations comme d'habitude



## Solutions réfléchies: Jackodur ou isoquick



## Balcons: gros ponts thermiques



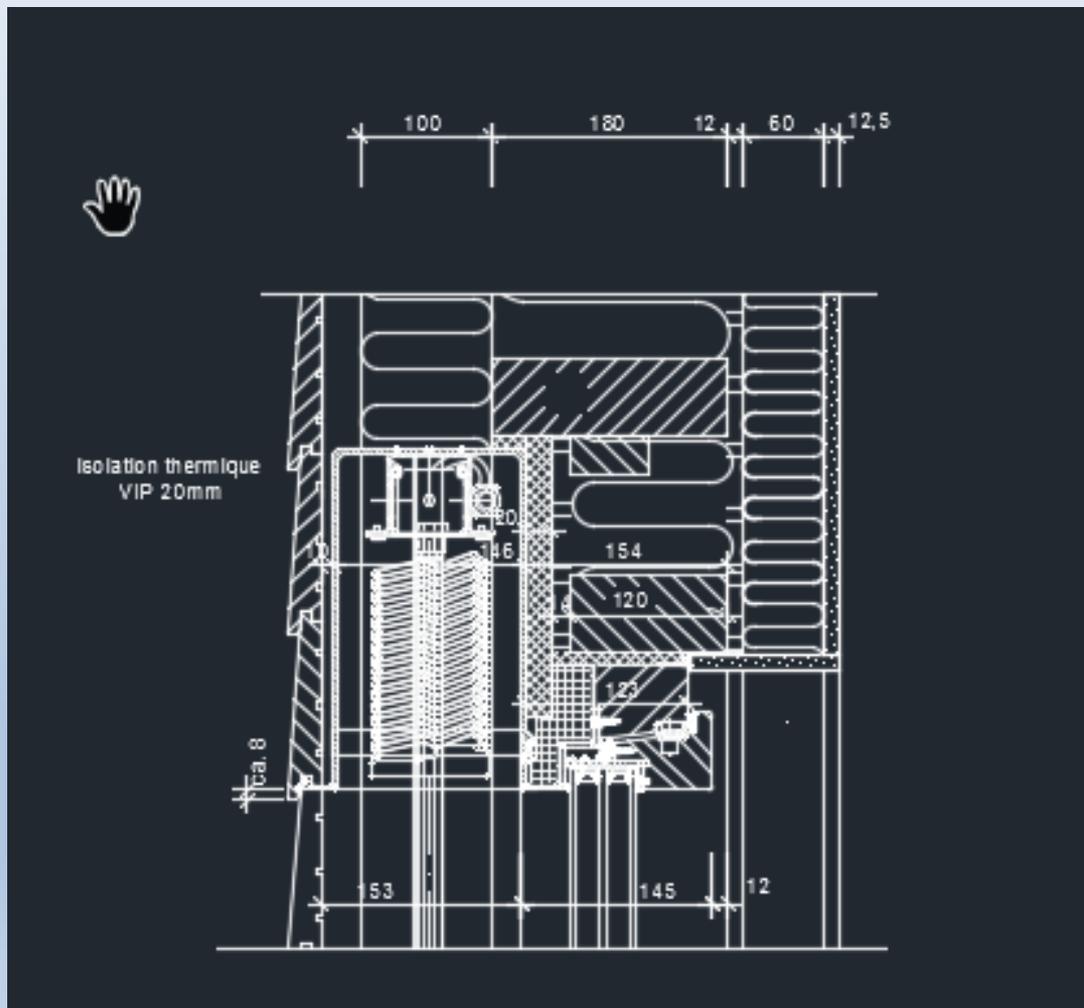
Solutions : Schöck

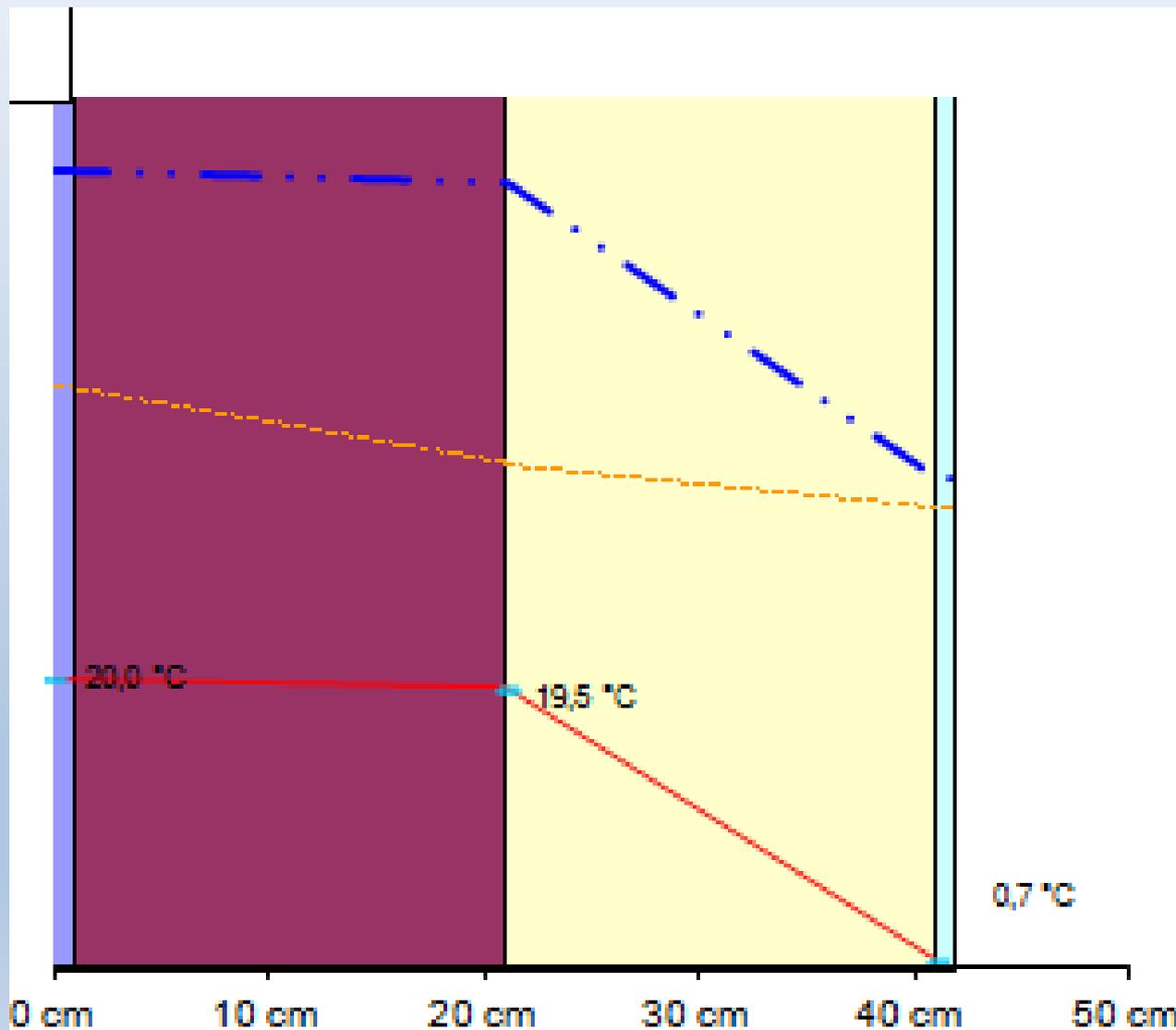


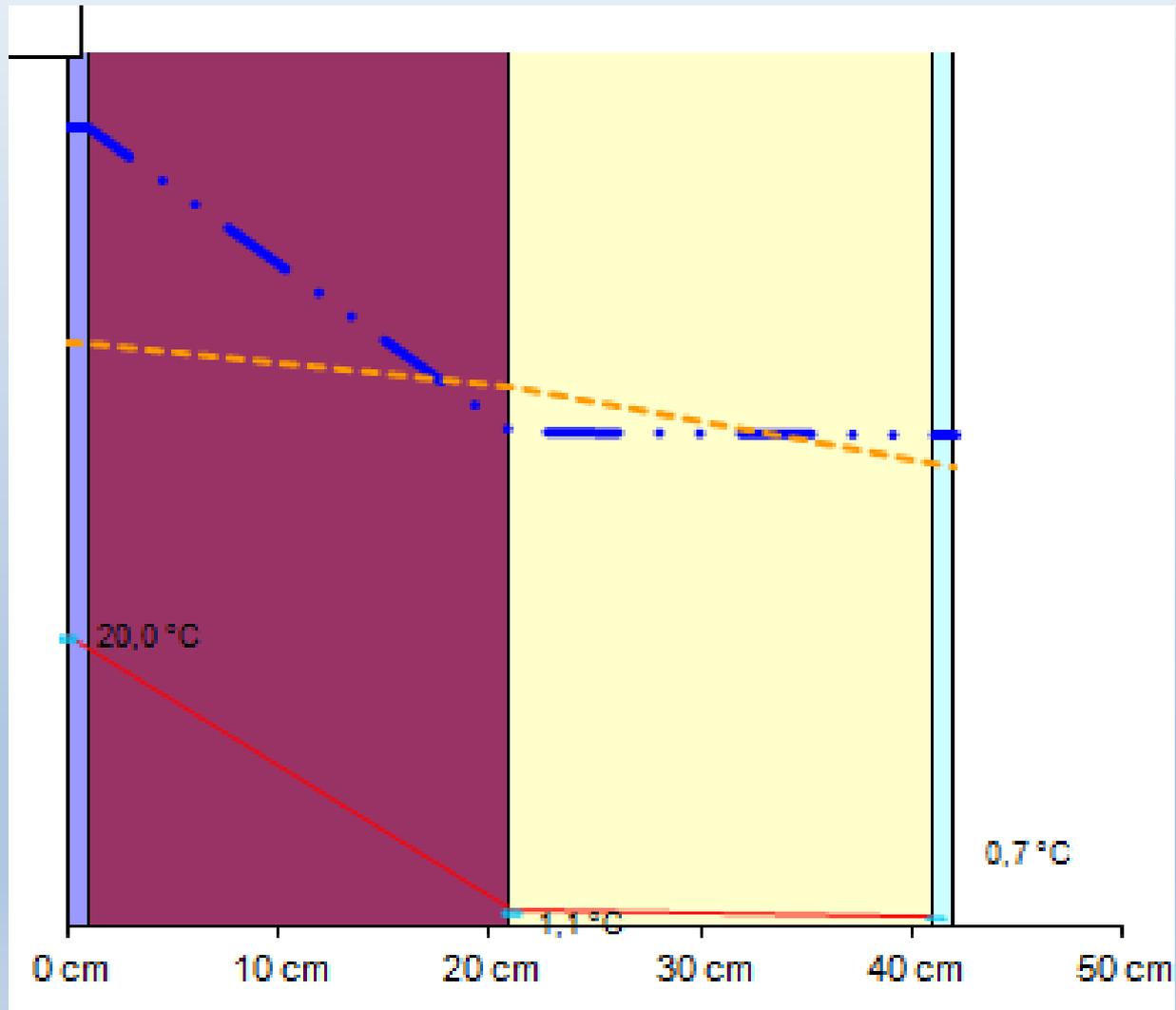
Balcons comme d'habitude

Pour évacuer vers l'extérieur **le plus rapidement possible** la chaleur produite à l'intérieur des logements

## BSO et isolant sous vide







## Risques liés à la condensation

	Température °C	Humidité %	Condensation °C
Séjour	20	40	6
Chambre	20	50	9
SDB	25	60	16

**Valeur limite fRsi :  $\geq 70\%$  pas en dessous**

**Le point le plus froid d'une fenêtre non passive est de l'ordre de 11 degrés  
Condensation inévitable**

**En rénovation : au moins une bonne fenêtre pour la salle de bains**

## BESOIN DE CHALEUR ANNUEL

Climat: **F - Strasbourg**  
 Projet: **Maison Chloé**  
 Localisation:

Température intérieure: **20,0** °C  
 Type de bâtiment/Usage: **Maison individuelle**  
 Surface de réf. énergétique A<sub>SRE</sub>: **117,1** m<sup>2</sup>

Parois du bâtiment	Zone de température	Surface m <sup>2</sup>	Valeur U W/(m <sup>2</sup> K)	Facteur correctif a <sub>i</sub>	G <sub>t</sub> kWh/a	kWh/a	par m <sup>2</sup> de surface de référence énergétique	
1 Paroi en contact avec l'air extér	A	169,5	0,090	1,00	79,2	1204		
2 Paroi en contact avec le sol	B			0,65				
3 Toiture/plancher en contact avec	A	39,1	0,097	1,00	79,2	302		
4 Dalle sur sol/Plancher sur cave	B	76,9	0,134	0,65	79,2	530		
5	A			1,00				
6	A			1,00				
7 paroi en contact avec comble non	X	45,9	0,098	0,75	79,2	266		
8 Fenêtres	A	39,0	0,804	1,00	79,2	2483		
9 Porte extérieure	A	2,0	0,720	1,00	79,2	114		
10 Pont thermique ext. (long./m)	A	95,0	-0,014	1,00	79,2	-107		
11 Pont thermique péri. (long./m)	P			0,65				
12 Pont thermique sol (long./m)	B	37,2	-0,030	0,65	79,2	-57		
Surface totale de l'enveloppe du bâtiment		372,4						
<b>Déperditions conductives Q<sub>T</sub></b>						Total	4733	40,4 kWh/(m <sup>2</sup> a)

## BESOIN DE CHALEUR ANNUEL

Climat:	F - Saint Dizier
Projet:	POINFOR
Localisation:	Chaumont

Température intérieure:	20,0 °C
Type de bâtiment/Usage:	Tertiaire / Bureau
Surface de réf. énergétique A <sub>SRE</sub> :	184,8 m <sup>2</sup>

Parois du bâtiment	Zone de température	Surface m <sup>2</sup>	Valeur U W/(m <sup>2</sup> K)
1. Paroi en contact avec l'air ext	A	215,2	0,114
2. Paroi en contact avec le sol	B		
3. Toiture/plancher en contact ave	A	246,1	0,116
4. Dalle sur sol/Plancher sur cave	B	246,1	0,121
5.	A		
6.	A		
7. Paroi en contact avec un volume	X		
8. Fenêtres	A	53,1	1,009
9. Porte extérieure	A		
10. Pont thermique ext. (long./m)	A	132,0	0,029
11. Pont thermique péri. (long./m)	P	79,6	0,062
12. Pont thermique sol (long./m)	B	43,2	0,044

Surface totale de l'enveloppe du bâtiment 760,5

Facteur correctif a <sub>i</sub>	G <sub>i</sub> kWh/a	kWh/a	par m <sup>2</sup> de surface de référence énergétique
* 1,00	* 79,0	= 1936	
* 0,57	*	=	
* 1,00	* 79,0	= 2254	
* 0,57	* 79,0	= 1346	
* 1,00	*	=	
* 1,00	*	=	
* 0,75	*	=	
* 1,00	* 79,0	= 4230	
* 1,00	*	=	
* 1,00	* 79,0	= 297	
* 0,57	* 79,0	= 225	
* 0,57	* 79,0	= 86	

Total **10375**

kWh/(m<sup>2</sup>a) **56,1**

Déperditions conductives Q<sub>T</sub>

Calculer ceux qu'on ne peut pas éviter



## Les outils

- Flixo
- Bisco

Température du sol/ air intérieur / air extérieur

Les normes en passif -10 et +20°C

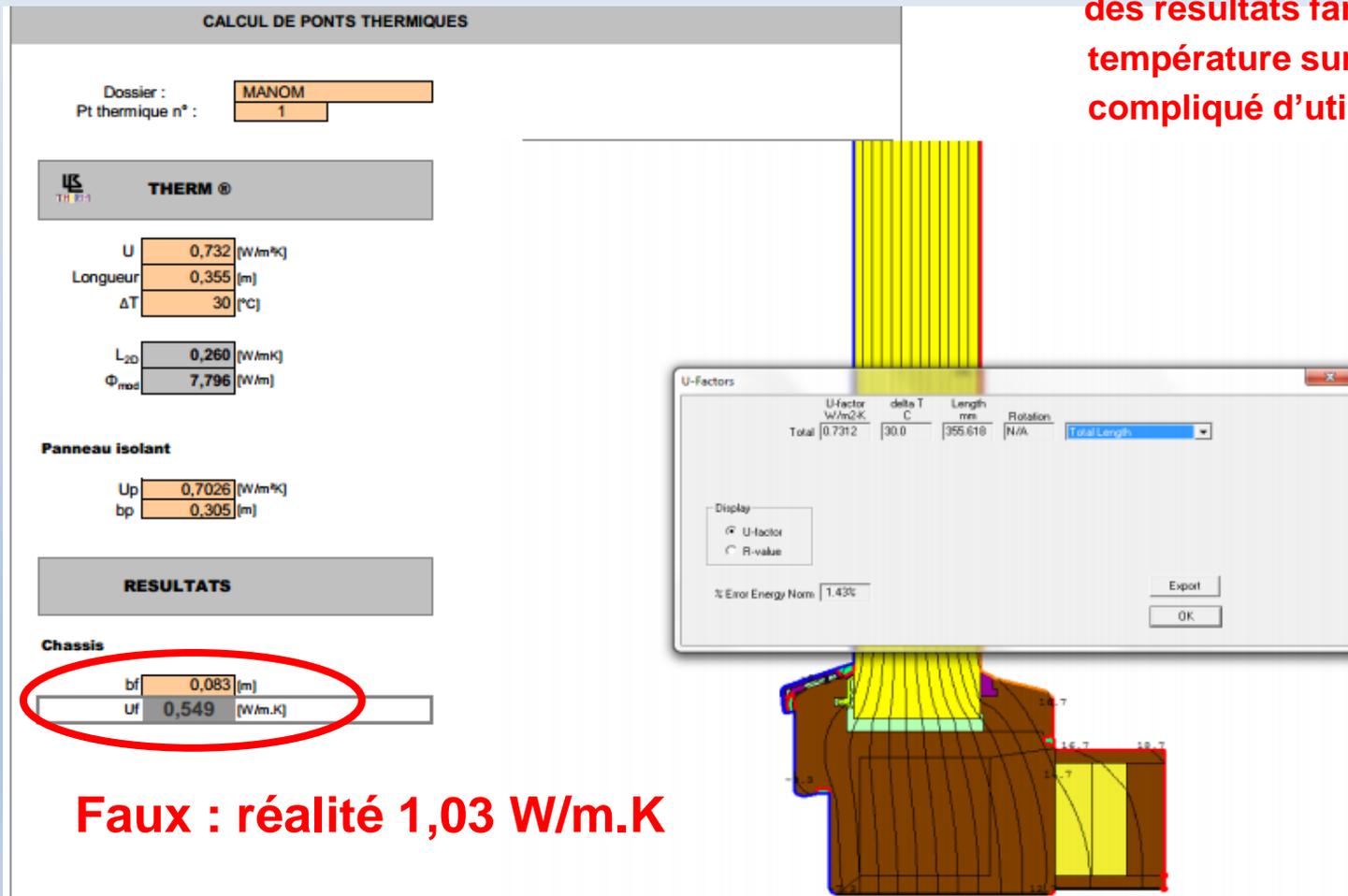
- **Un logiciel de calcul de ponts thermiques peut donner n'importe quel résultat**
- **Un non thermicien qui n'a pas idée des valeurs possibles va inévitablement se tromper**
- **Du bon sens**
  - **températures de surface différentes = pont thermique**
  - **Pont thermique = températures différentes**

## Les outils - Therm non adapté pour des calculs complexes

- Avantages: gratuit

Inconvénients :

des résultats fantaisistes faux  
température surf. pas possible  
compliqué d'utilisation



**CALCUL DE PONTS THERMIQUES**

Dossier : MANOM  
Pt thermique n° : 1

**THERM**

U : 0,732 (W/m²K)  
Longueur : 0,355 (m)  
ΔT : 30 (°C)

L<sub>2D</sub> : 0,260 (W/mK)  
Φ<sub>mod</sub> : 7,796 (W/m)

**Panneau isolant**

U<sub>p</sub> : 0,7026 (W/m²K)  
b<sub>p</sub> : 0,305 (m)

**RESULTATS**

**Chassis**

bf : 0,083 (m)  
U<sub>f</sub> : 0,549 (W/m.K)

**U-Factors**

	U-Factor W/m².K	delta T C	Length mm	Rotation	
Total	0.7312	30.0	355.618	N/A	Total Length

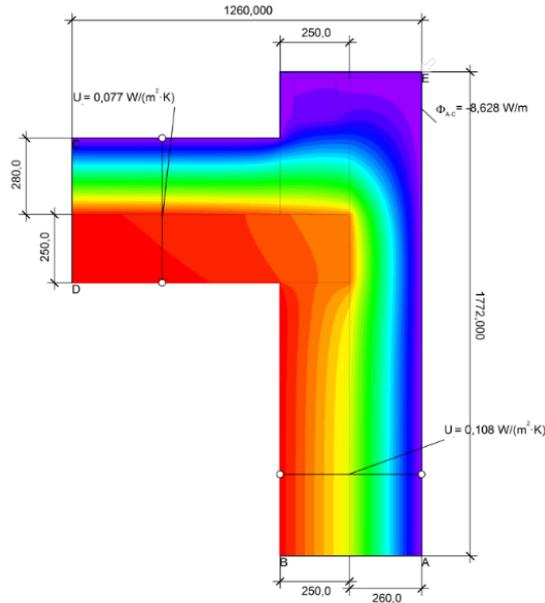
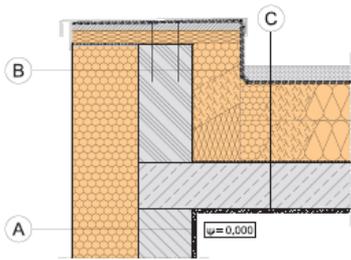
Display:  
 U-factor  
 R-value

% Error Energy Norm : 1.43%

Export  
OK

**Faux : réalité 1,03 W/m.K**

## 1 nœud constructif



Matériau	$\lambda$ [W/(m·K)]
Béton, armé (avec 1% de fer)	2,300
Knaut Therm th 38	0,038
PU	0,022
Panneau de fibres, y c. MDF 600 kg/m³	0,140
béton cellulaire Ytong 0.11	0,110

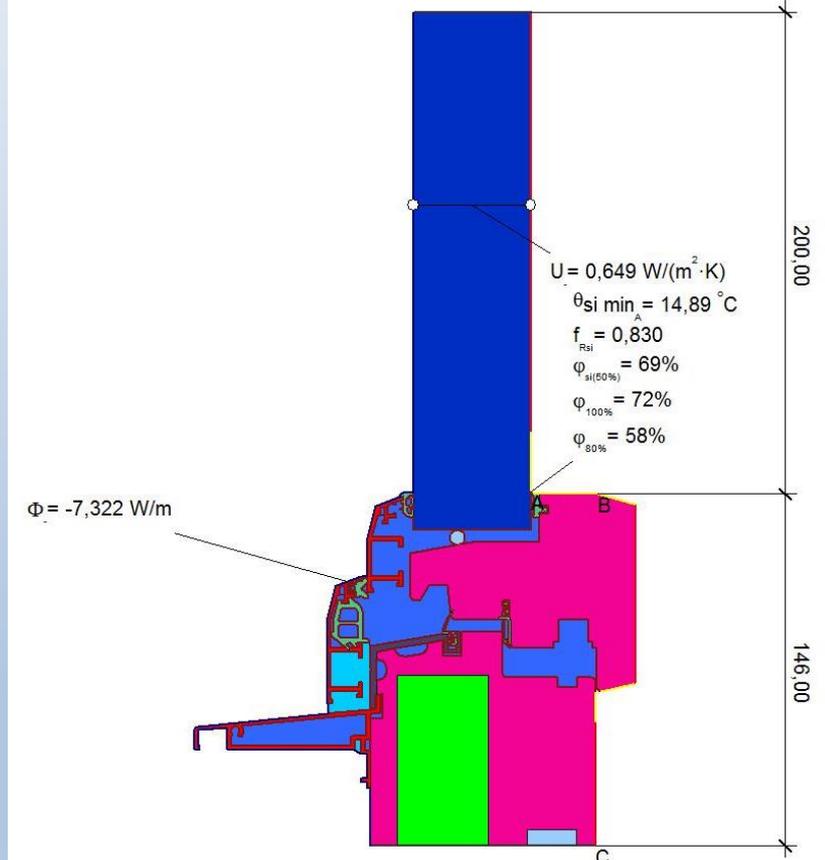
  

Condition au bord	q [W/m²]	$\theta$ [°C]	R [(m²·K)/W]
Extérieur, standard	-10,000	0,040	0,130
Intérieur, standard	20,000	0,130	0,130
Symétrie/Section composant	0,000	0,000	0,000

$$\psi_{AEC} = \frac{\Phi}{\Delta T} - U_1 \cdot b_1 - U_2 \cdot b_2 = \frac{8,628}{30,000} - 0,108 \cdot 1,772 - 0,077 \cdot 1,260 = 0,000 \text{ W/(m}^2\text{·K)}$$

## 1 fenêtre



$$U_{f,B,C} = \frac{\Phi}{b_f \cdot \Delta T} - U_p \cdot b_p = \frac{7,322}{0,146 \cdot 30,000} - 0,649 \cdot 0,200 = 0,783 \text{ W/(m}^2\text{·K)}$$

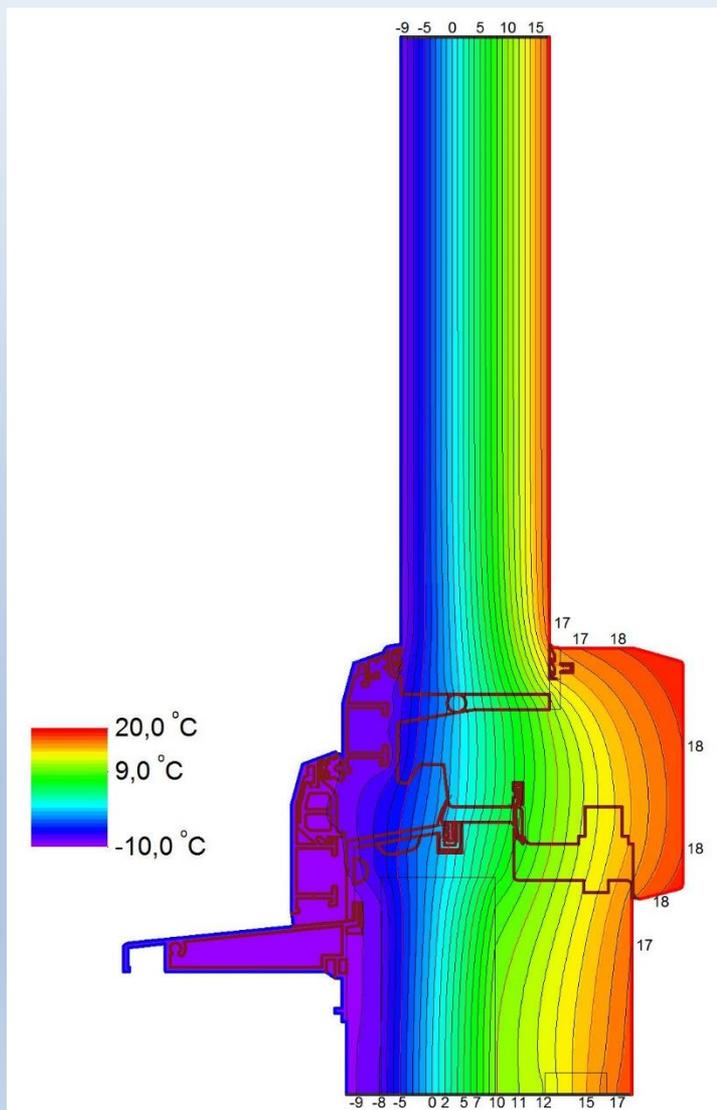
Selon la norme EN ISO 10077-2:

- Le vitrage doit être remplacé par un panneau
- Conductivité thermique du panneau :  $\lambda = 0.035 \text{ W/(m.K)}$
- Longueur minimal du panneau 190 mm
  - Si inférieure le calcul ne s'effectue pas
- Conditions de bord à respecter impérativement pour les calculs en passif:
  - 20°C Intérieur
  - -10°C Extérieur

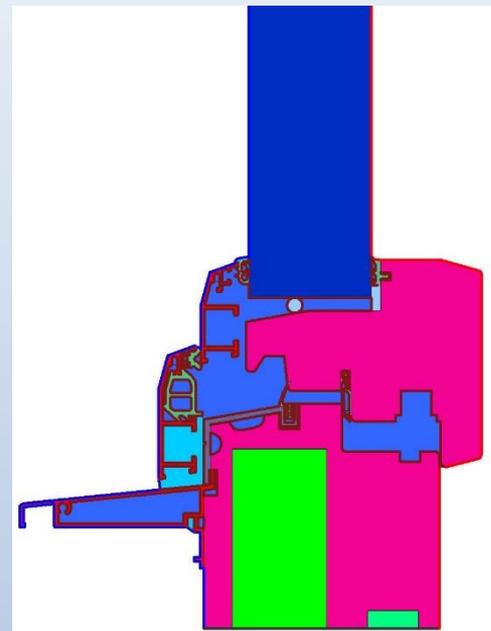
Pour un calcul fenêtre passive: châssis de 1230 mm x 1480 mm

- Triple vitrage
- $U_f$  = valeur U du châssis
- $U_w$  = valeur U totale montants ((traverse haute + basse + 2 côtés) +  $\Psi_g$  total)
  - $\leq 0,80 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$
- $U_g$  = valeur U du vitrage
  - $= 0,70 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$
- $\Psi_g$  = valeur U de l'espaceur
  - $= 0,023 \text{ W/(m}^2\text{.K)}$

### Isothermes + champs de températures

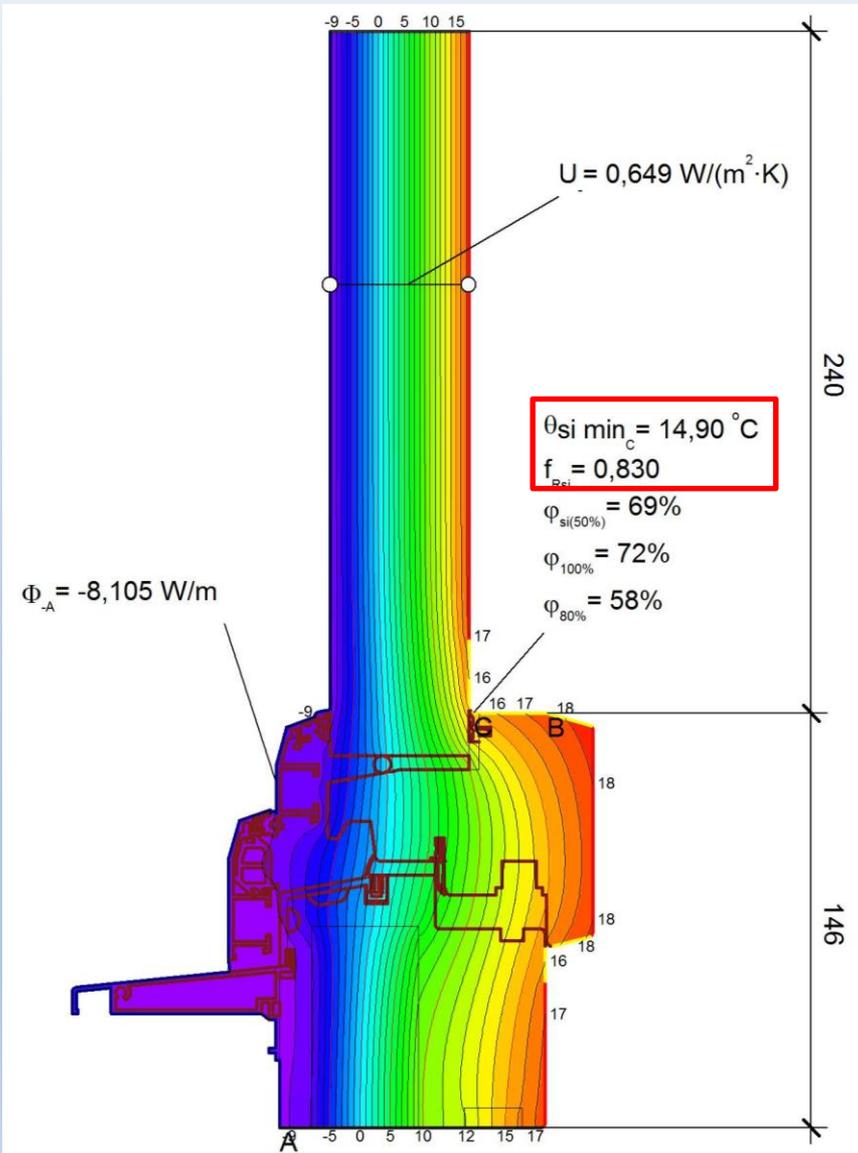


### Affichage des matériaux et lambdas



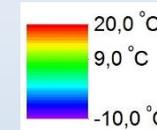
Matériau	$\lambda$ [W/(m·K)]	$\epsilon$
Aluminium	160,000	0,900
Cavités légèrement ventilées	Anisotrope	
Cavités non ventilées	Anisotrope	
EPDM (ethylene propylene diene monomère)	0,250	0,900
PVC, flexible	0,170	0,900
Panneaux	0,035	0,900
Sapin blanc, Épicéa (sapin rouge), Sitka spruce	0,110	0,900
mousse polyéthylène	0,050	0,900
mousse élastomère	0,050	
puren	0,032	

Affichage température min et fRsi



Résultat Uf, températures

Toujours vérifier les T° et conditions de bord



$$U_{fB,A} = \frac{\frac{\Phi}{\Delta T} - U_p \cdot b_p}{b_f} = \frac{\frac{8,105}{30,000} - 0,649 \cdot 0,240}{0,146} = 0,784 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}$$

Conditions de bord

Condition au bord	q[W/m <sup>2</sup> ]	θ[°C]	R[(m <sup>2</sup> ·K)/W]	ε
Epsilon 0.9				0,900
Extérieur, standard		-10,000	0,040	
Intérieur, cadre, réduit		20,000	0,200	
Intérieur, cadre, standard		20,000	0,130	
Symétrie/Section composant	0,000			

Valeurs du châssis

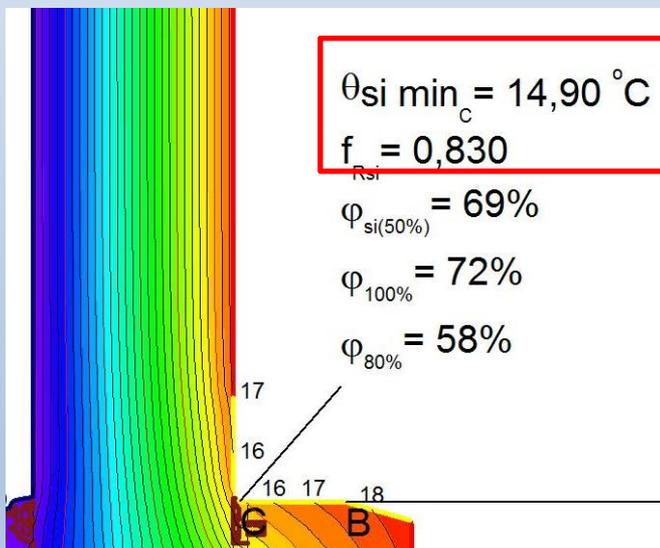
La valeur du châssis en mm doit être identique entre le calcul et la réalité

## Fenêtres qui pourrissent

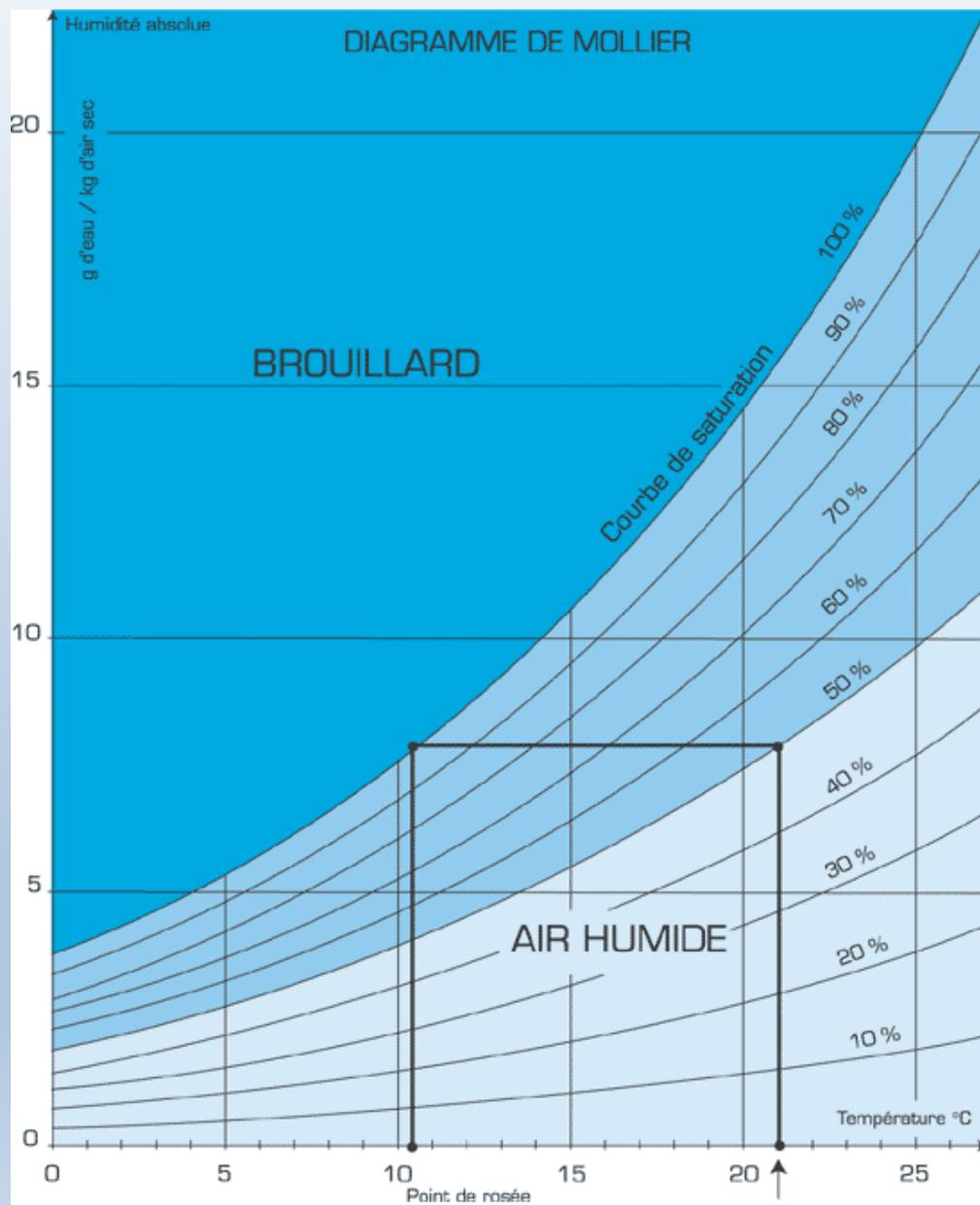


## Risques liés à la condensation

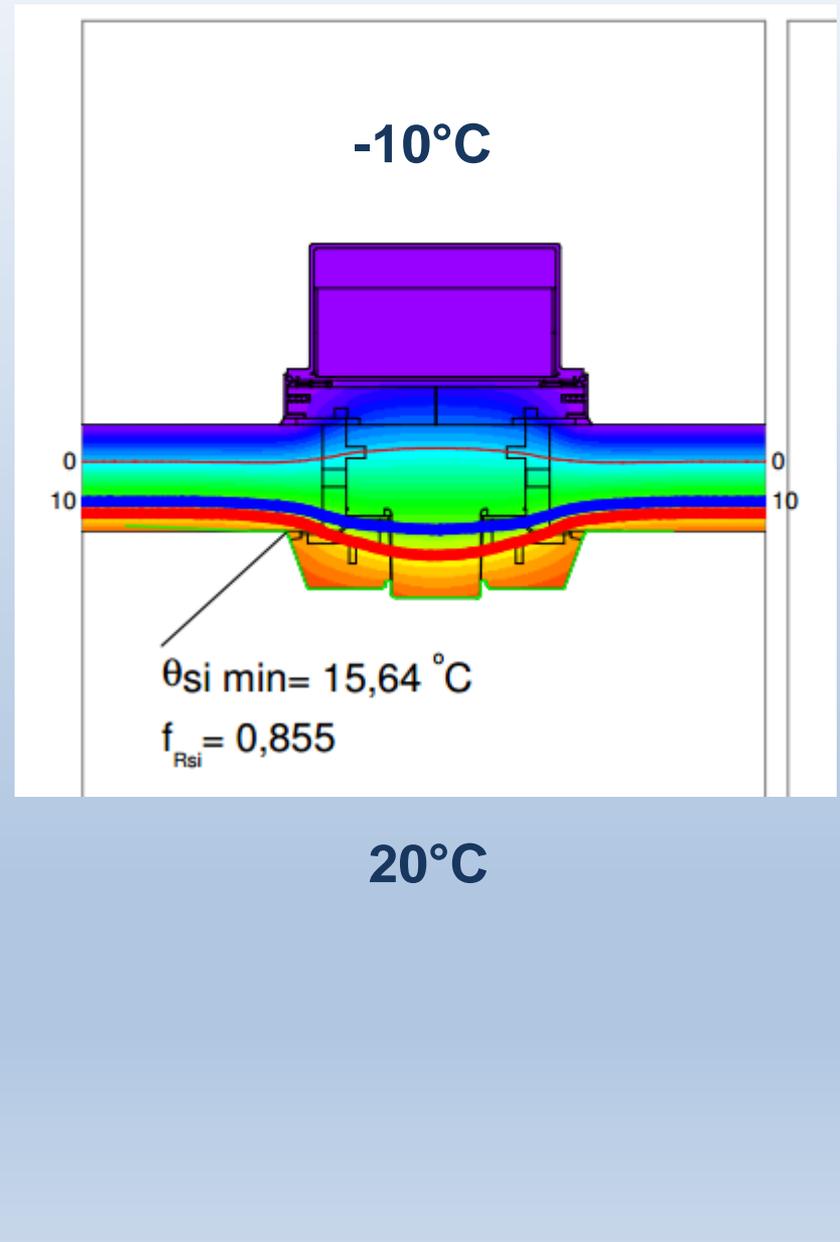
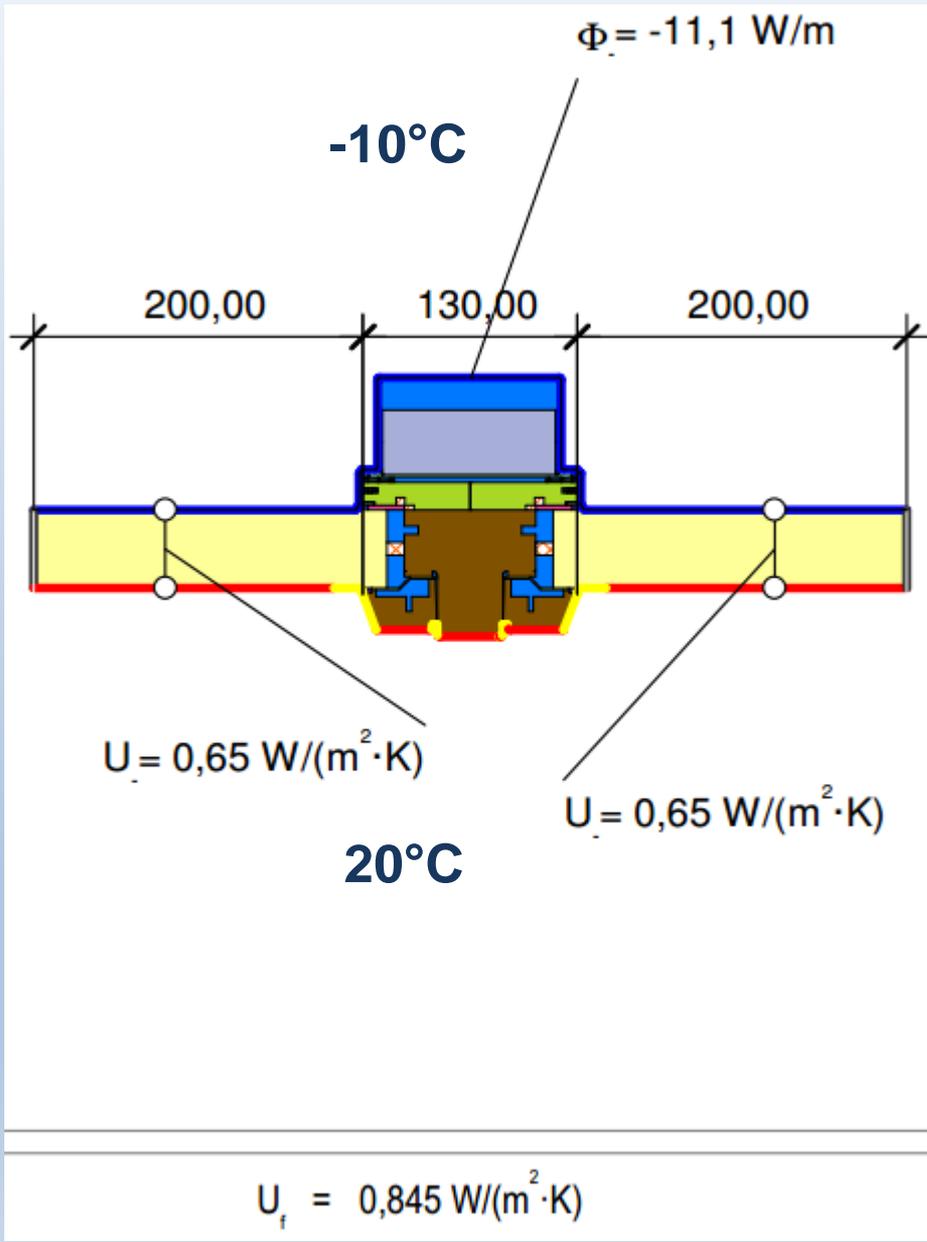
- Température de surface
- fRsi



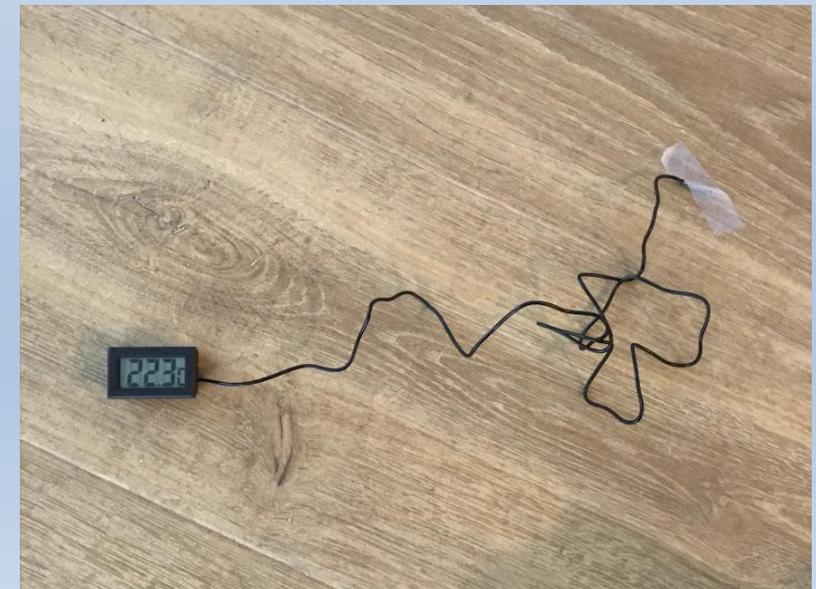
La conductivité thermique d'un isolant humide peut se dégrader de 5 à 15 fois



# Les capots du mur rideau du Martelberg

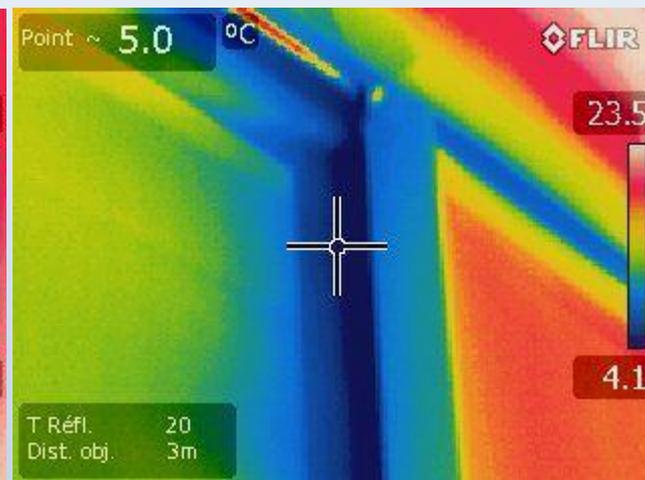
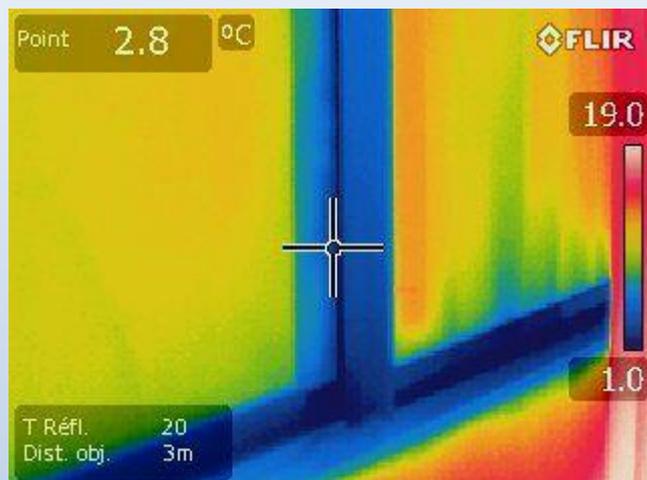


## Thermomètres à sondes



Températures de surface maison passive Rouillard

## Caméra thermique - thermographie



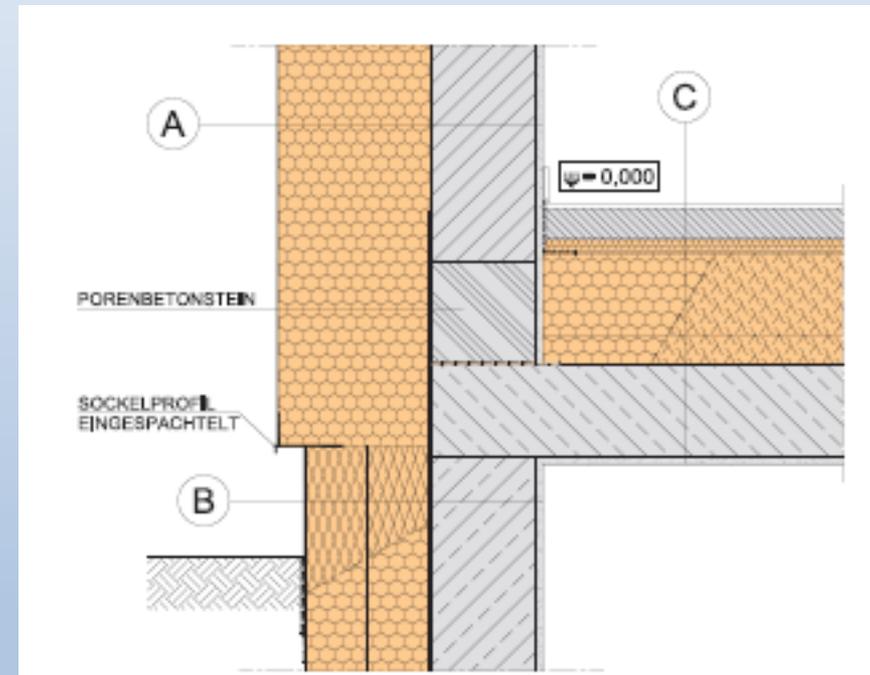
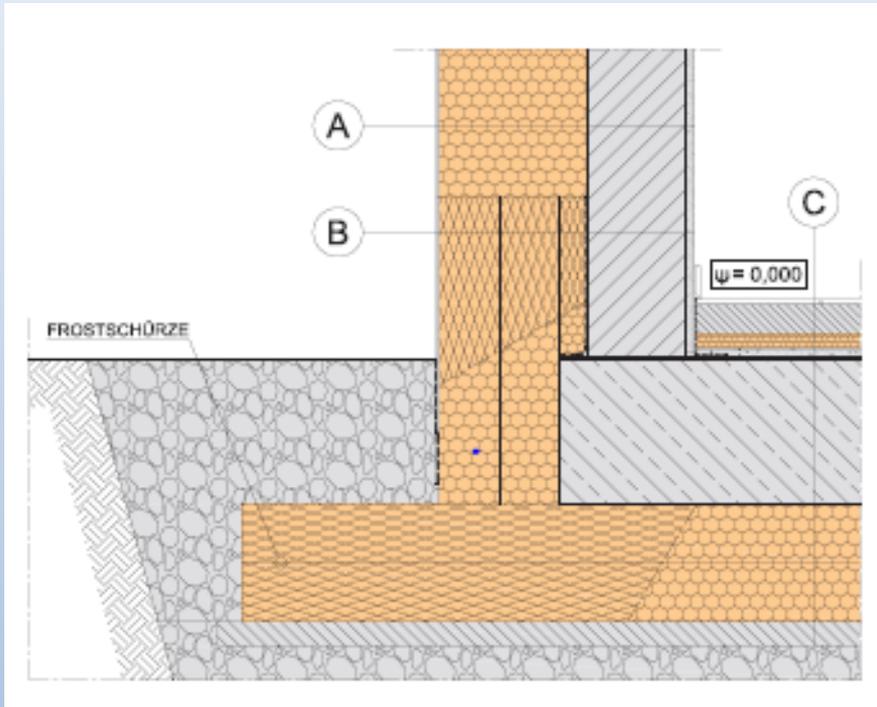
### Températures de surfaces intérieures de châssis faibles

- Inconfort
- Condensation inévitable si maison étanche

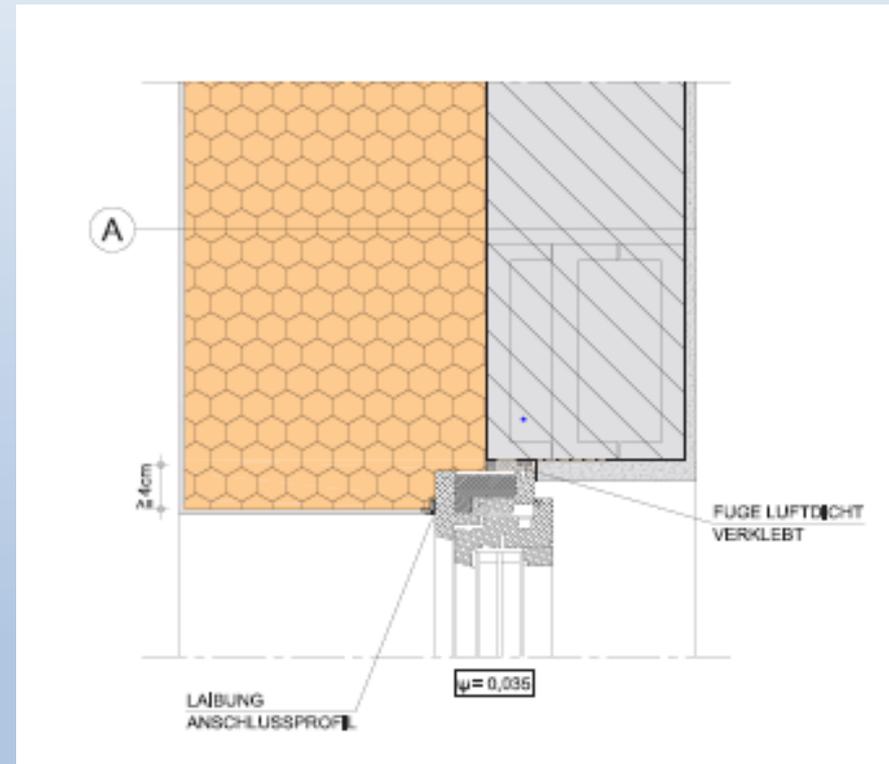
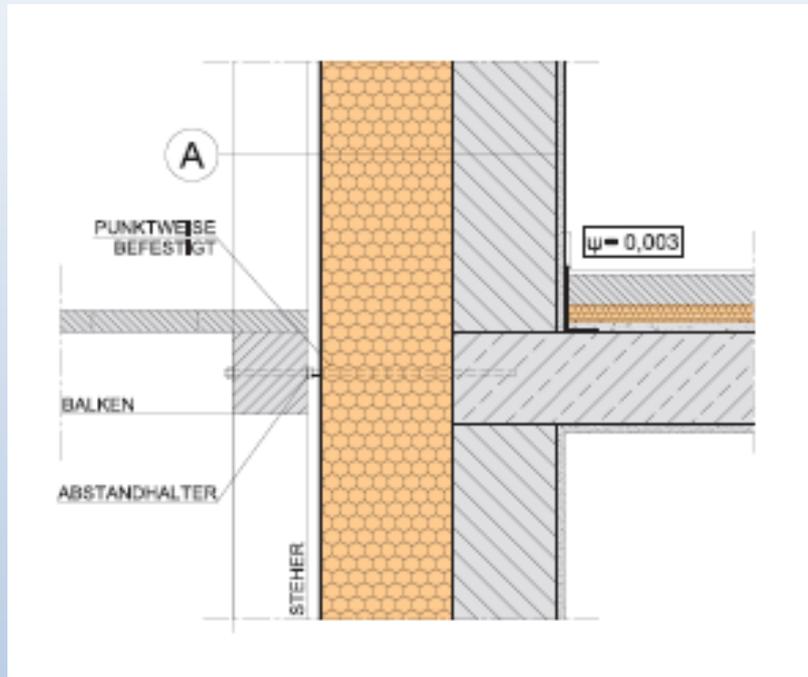
Mesures avant travaux chantier Perspective

- **Confort**
  - **Sensation de parois froides/chaudes et de courants d'air**
  - **Condensation et apparition de moisissures, champignons...**
  - **Dégradation de la qualité de l'air**
  - **Pourriture des composants**
- **Financières**
  - **Dépenses énergétiques plus importantes**
  - **Consommation + importantes exigences thermiques dépassées**
  - **Ruine possible du bâtiment**

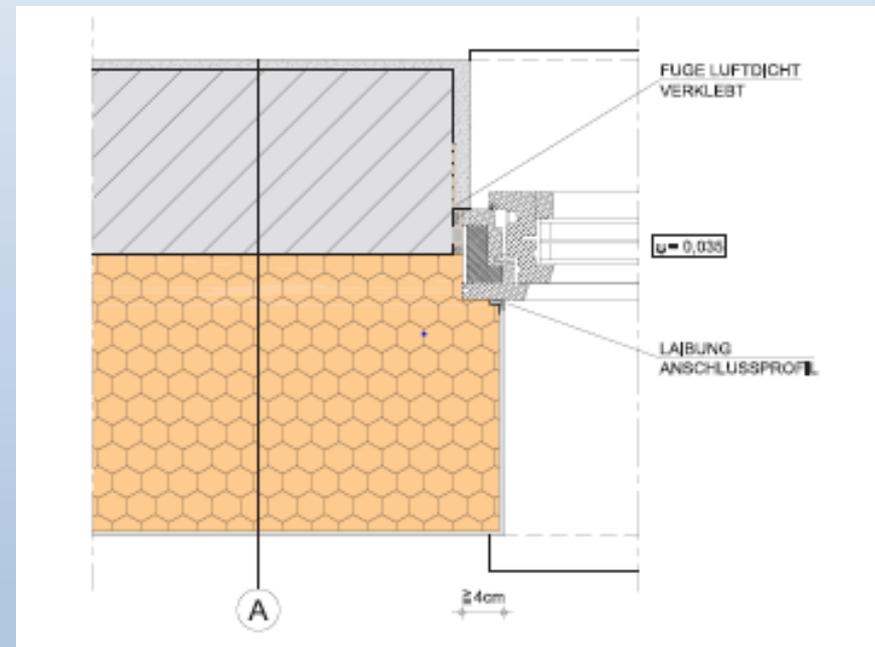
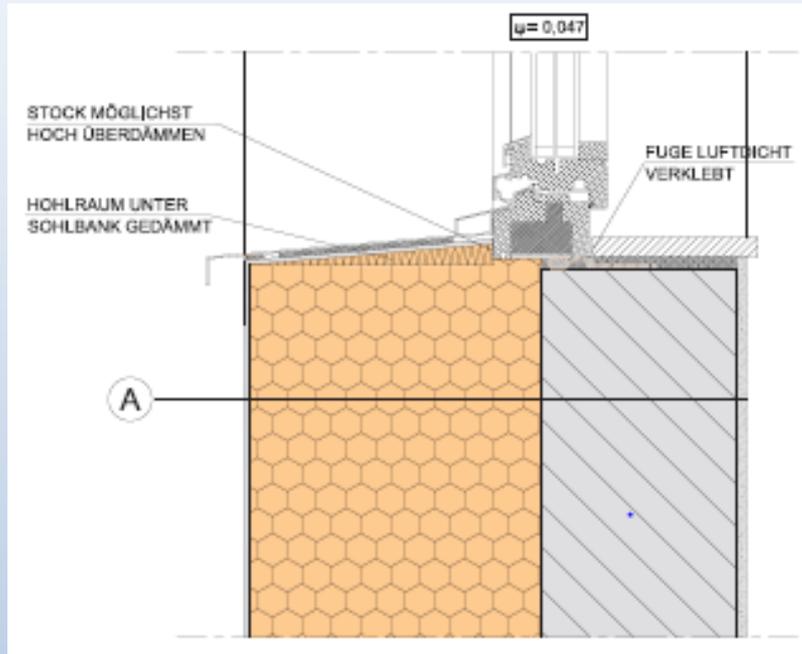
# Détails d'exécution



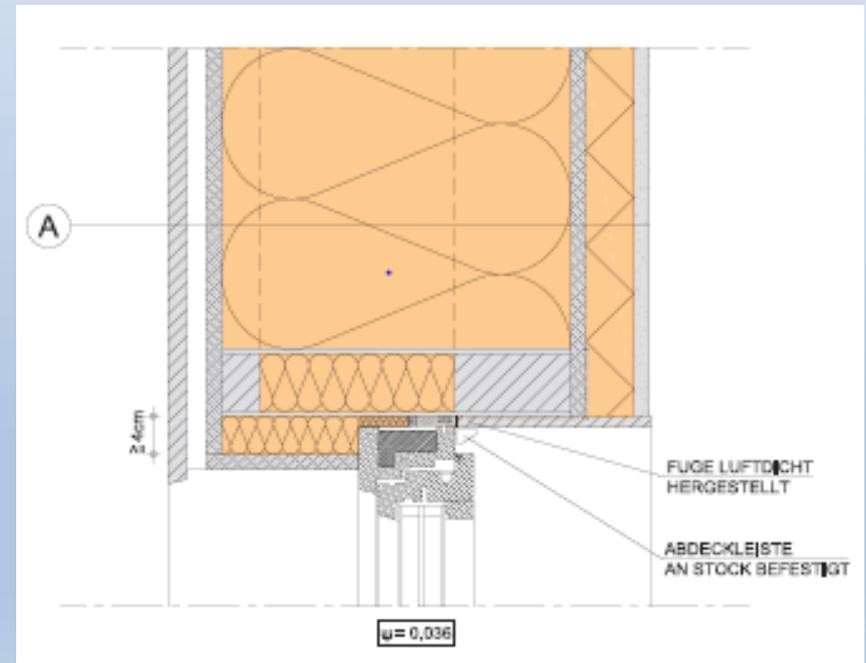
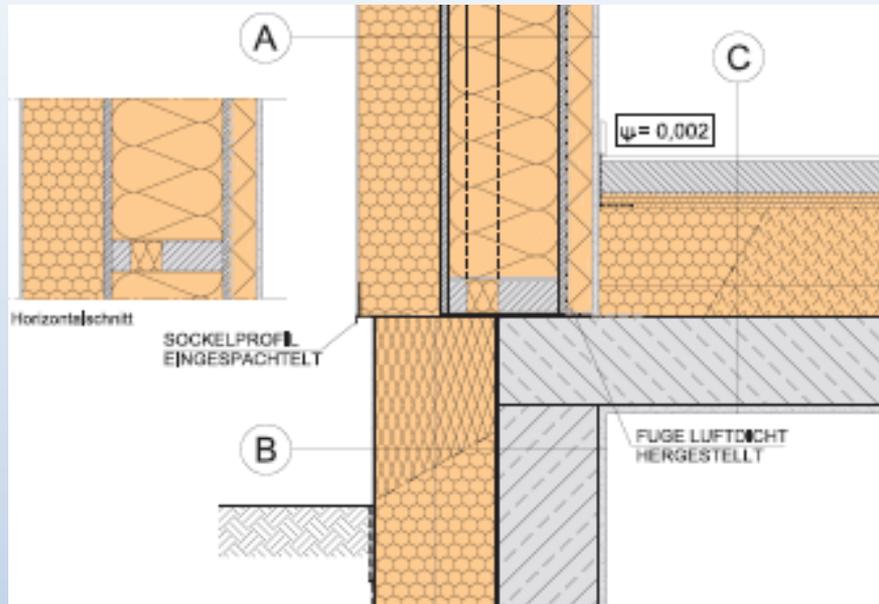
# Détails d'exécution



# Détails d'exécution

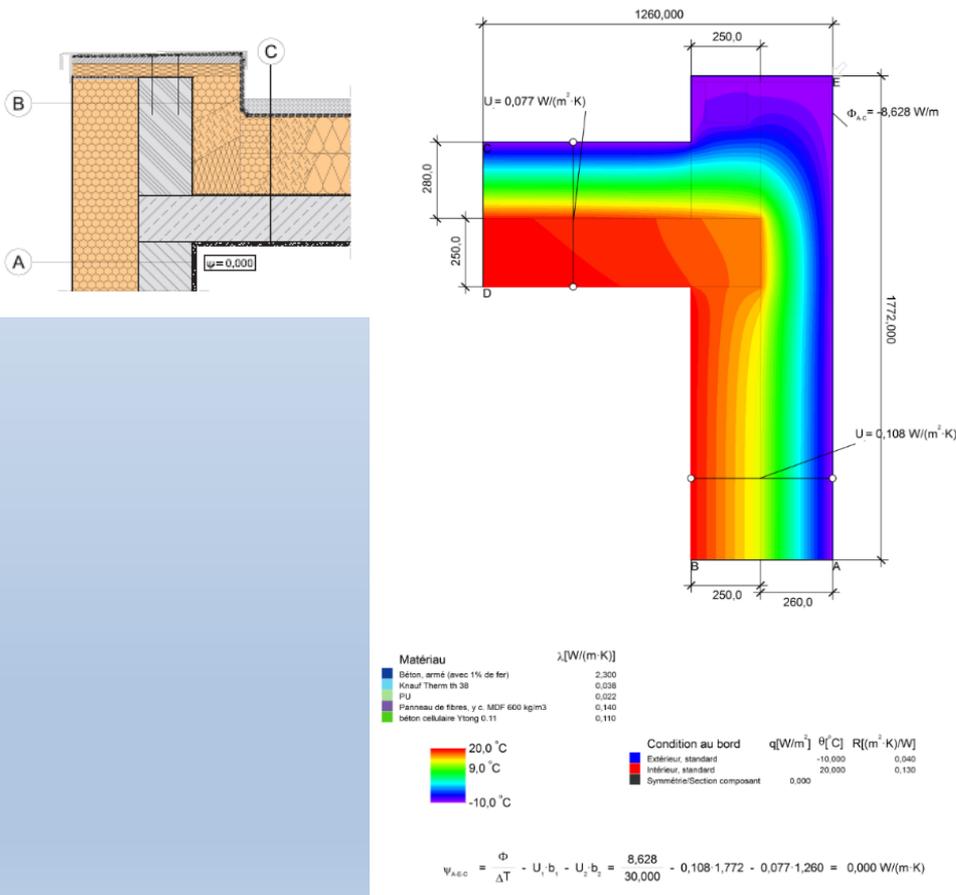


# Détails d'exécution

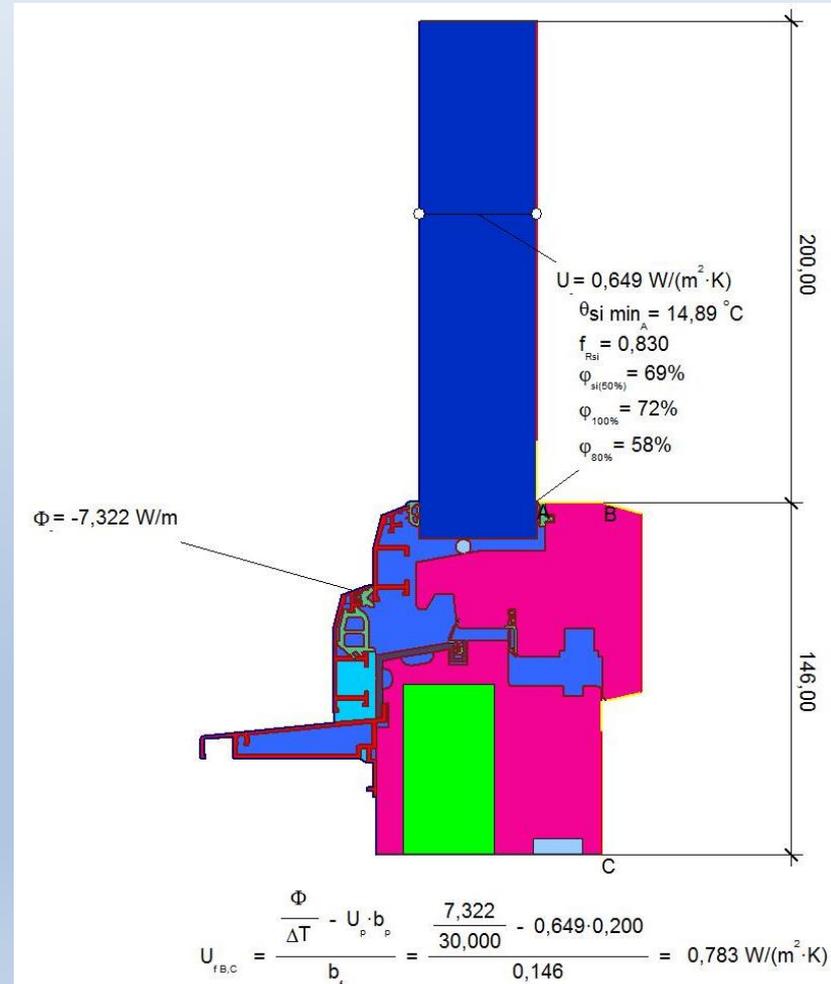


- **Nous réalisons pour vous:**
  - **Calculs de ponts thermiques**
  - **Notes de calculs simples et complexes**
  - **Certifications produits de fenêtres pour bâtiments passifs**

## 1 nœud constructif



## 1 fenêtre



En librairie et en vente chez OZE



L'empreinte énergétique des bâtiments conventionnels pèse lourdement sur l'avenir de la planète, il est temps pour notre société d'engager les évolutions réellement nécessaires afin de mieux la préserver, tout en prenant davantage en considération le bien-être de l'habitant.

Les auteurs de cet ouvrage s'attachent à démontrer l'intérêt de la construction passive: grâce à elle, économiser l'énergie et respecter le climat cessent d'être une injonction pour devenir un confort. En effet, par ses seules qualités constructives, la rigueur et l'optimisation de sa conception et de sa réalisation, un bâtiment passif assure sa propre régulation thermique et climatique, sans nécessiter l'installation d'un chauffage conventionnel (chaudière, radiateurs etc.). Mieux, à l'inverse de la construction classique, la construction passive ne peut se contenter d'une qualité moyenne: elle exige l'excellence, sans pour autant imposer de surcoût.

Écrit pour un large public, cet ouvrage n'est pas un manuel technique mais un ouvrage d'explication, de réflexion et de proposition pour un véritable habitat durable. Il s'adresse à tous ceux qui souhaitent construire, rénover ou améliorer le fonctionnement de leur lieu de vie ou de travail, mais aussi aux professionnels, experts et institutionnels du bâtiment.

**L'ouvrage s'articule autour de trois axes :**

- un exposé pédagogique et documenté
- 25 inserts thématiques pour approfondir des aspects techniques ou réglementaires
- 10 études de cas présentent autant de vrais BATIMENTS PASSIFS, construits et certifiés en France



29,90 €  
ISBN 978-2-07-269298-7  
A19834

HABITAT DURABLE



JEAN-LOUP BERTEZ / JEAN-CLAUDE TREMSAL

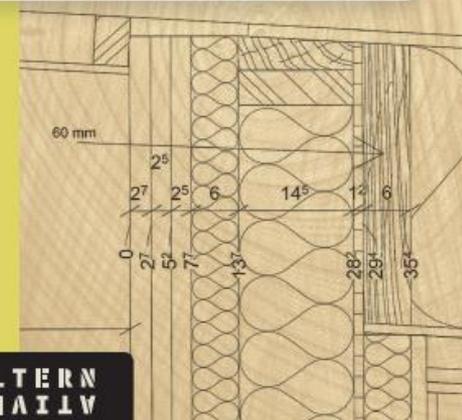


JEAN-LOUP BERTEZ / JEAN-CLAUDE TREMSAL



# HABITAT DURABLE

L'évidence de la construction passive



ALTERNATIVES

**Merci de votre attention**



**Questions / Réponses**



Fédération Française de la  
**Construction Passive**

Rejoignez  
La Fédération Française de la  
Construction Passive !

Retrouvez-nous  
sur notre site internet

[www.fedepassif.fr](http://www.fedepassif.fr)

Fédération Française de la  
**Construction Passive**

21, rue des Rustauds  
67700 MONSWILLER

> Tél: 09 72 34 89 59  
[contact@fedepassif.fr](mailto:contact@fedepassif.fr)



Fédération Française de la  
**Construction Passive**

## notre **mission**

- > **Promouvoir et faciliter**  
l'application du concept de la construction passive
- > **Etudier et concevoir**  
des bâtiments passifs autonomes non reliés aux réseaux
- > **Labelliser**  
de tels bâtiments
- > **Etudier et mettre au point**  
des outils de calculs, de mesures  
et de contrôles des bâtiments
- > **Conseiller**  
les membres adhérents
- > **Echanger** des connaissances  
et **transférer** des compétences  
dans le domaine de la construction passive  
et des bâtiments autonomes
- > **Faire évoluer**  
la réglementation en conséquence

- o Formation à la construction passive
- o Assistance
- o Bureau d'études
- o Contrôles
- o Audits et études thermiques

