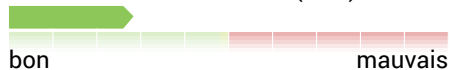


isolation entre et sous chevron naturelle laine de bois

Isolation thermique

$R_{tot} = 7,78 \text{ m}^2\text{K/W}$

EnEV Bestand*: $U < 0,24 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$



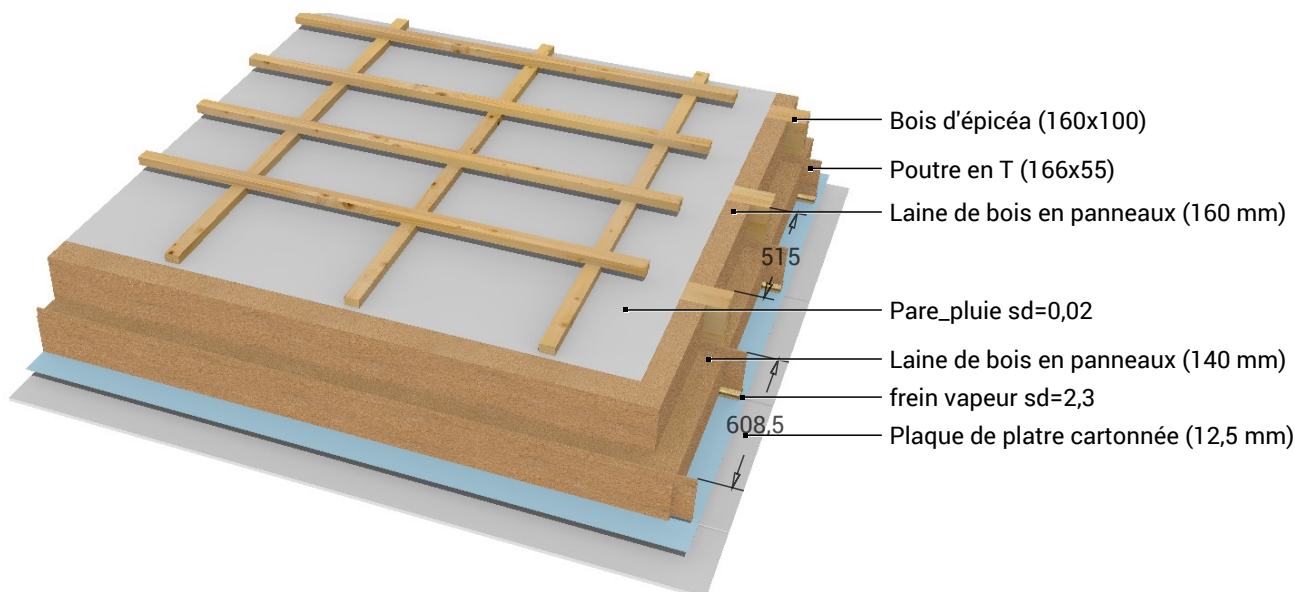
Hygrométrie

Réserve de séchage: $8951 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$
Pas de condensation



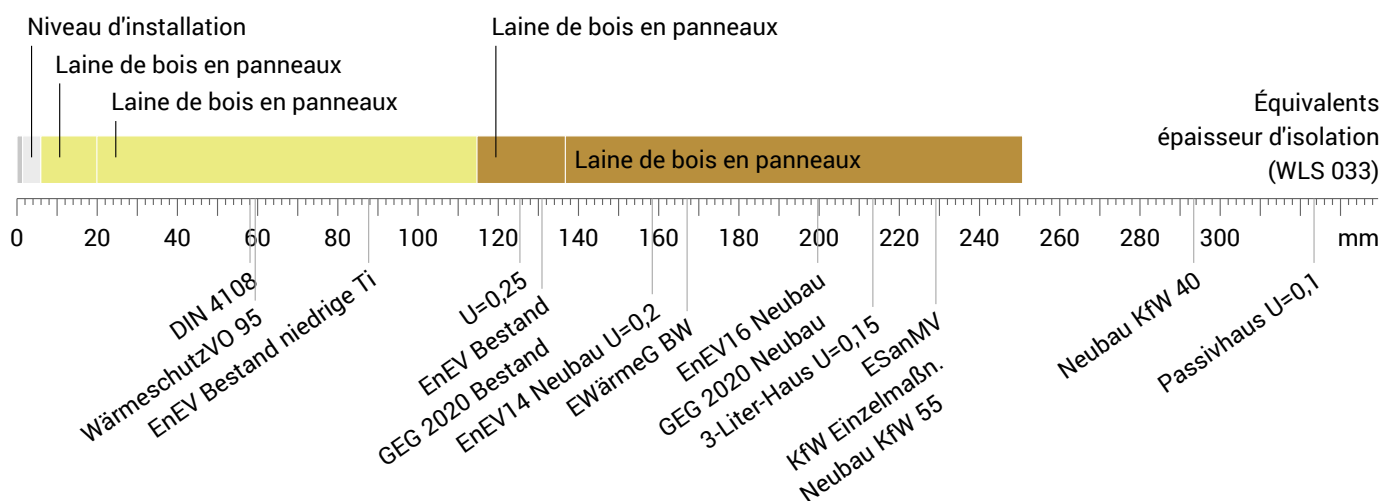
Confort d'été

Atténuation d'amplitude thermique: 30
Déphasage: 14,2 h
Capacité de chaleur interne: $26 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$



Effet d'isolation de couches individuelles

Pour la figure ci-dessous, les résistances thermiques des couches individuelles ont été converties en millimètre d'épaisseur d'isolation. L'échelle se réfère à une isolation de conductivité thermique de $0,033 \text{ W}/\text{mK}$.



Air ambiant: $20,0^\circ\text{C} / 50\%$

Air extérieur: $-5,0^\circ\text{C} / 80\%$

Temp. de surface: $19,3^\circ\text{C} / -4,9^\circ\text{C}$

Valeur sd: 3,1 m

Réserve de séchage: $8951 \text{ g}/\text{m}^2\text{a}$

Épaisseur: 48,6 cm

Poids: $97 \text{ kg}/\text{m}^2$

Capacité thermique: $43 \text{ kJ}/\text{m}^2\text{K}$

EnEV Bestand

BEG Einzelmaßn.

GEG 2020 Bestand

GEG 2020 Neubau

isolation entre et sous chevron naturelle laine de bois, $R_{tot}=7,78 \text{ m}^2\text{K/W}$

Calcul de valeur U conforme à la NF EN ISO 6946

#	Matériau	Dicke [cm]	λ [W/mK]	R [m ² K/W]
	Résistance thermique surfacique intérieure (Rsi)			0,100
1	Plaque de plâtre cartonnée	1,25	0,250	0,050
2	Niveau d'installation	4,00	0,250	0,160
3	frein vapeur sd=2,3	0,05	0,220	0,002
4	Laine de bois en panneaux	14,00	0,036	3,889
	Sperrholz 500kg/m ³ (Largeur: 0,65 cm)	14,80	0,130	1,138
	OSB/3 (Largeur: 5,5 cm)	1,80	0,130	0,138
5	Laine de bois en panneaux	16,00	0,033	4,848
	Bois d'épicéa (16%)	16,00	0,130	1,231
6	Pare_pluie sd=0,02	0,05	0,500	0,001
	Résistance thermique surfacique extérieur (Rse)			0,100

Les résistances thermiques surfacique ont été établies conformément à la norme DIN 6946 Tableau 7.

Rsi: Flux de chaleur ascendant

Rse: Flux de chaleur ascendant, extérieur: Couverture ventilée

Les résistances au transfert de chaleur des couches d'air stationnaires ont été calculées comme suit:

Couche 2: Épaisseur 4 cm, Largeur ∞ , DIN EN ISO 6946 Tableau 8, Flux de chaleur ascendant

Limite supérieure de la résistance thermique $R_{tot;upper} = 8,182 \text{ m}^2\text{K/W}$.

Limite inférieure de la résistance thermique $R_{tot;lower} = 7,386 \text{ m}^2\text{K/W}$.

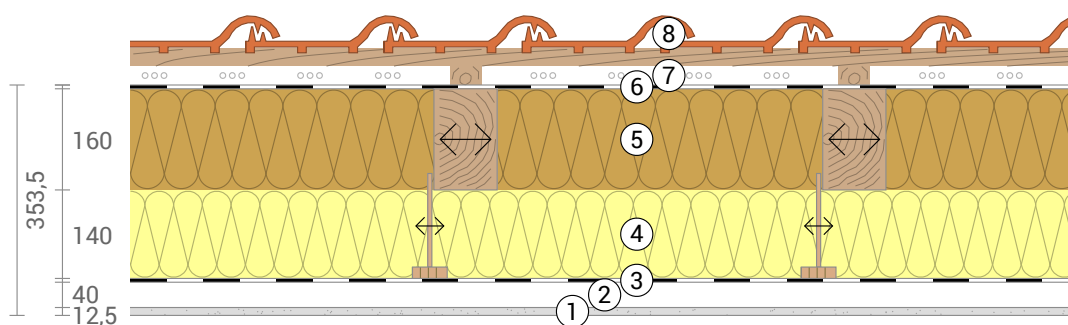
Vérifiez applicabilité: $R_{tot;upper} / R_{tot;lower} = 1,108$ (maximale autorisée: 1,5)

Le procédé peut être appliqué.

Résistance thermique $R_{tot} = (R_{tot;upper} + R_{tot;lower})/2 = 7,784 \text{ m}^2\text{K/W}$

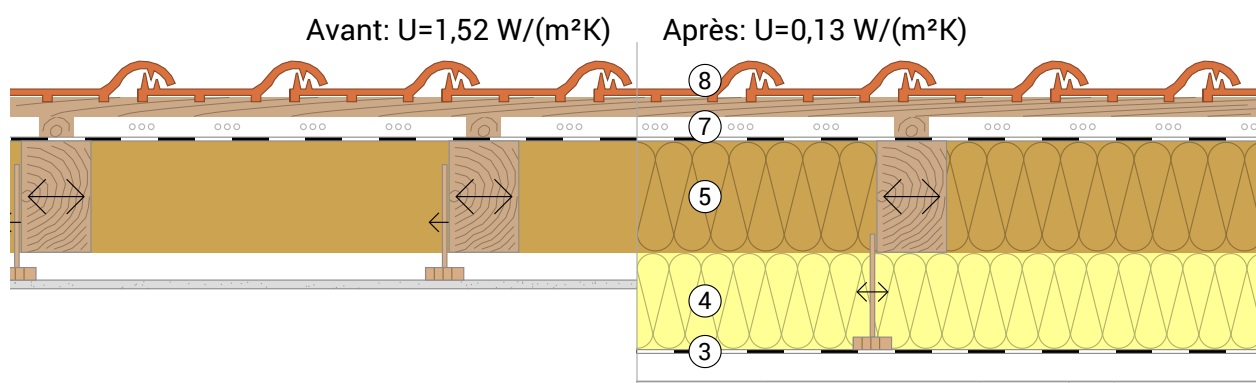
Estimation de l'erreur maximale relative d'après le paragraphe 6.7.2.5: 5,1%

Coefficient de transmission thermique $U = 1/R_{tot} = 0,13 \text{ W/(m}^2\text{K)}$



isolation entre et sous chevron naturelle laine de bois, $R_{tot}=7,78 \text{ m}^2\text{K/W}$

Écobilan



- Nouveau:
- ③ frein vapeur $s_d=2,3$
 - ④ Laine de bois en panneaux
 - ⑤ Laine de bois en panneaux
 - ⑦ lame d'air ventilée (extérieure)
 - ⑧ Tuiles en terre cuite

Valeur U	1,52 W/(m ² K)	→	0,13 W/(m ² K)
Atténuation d'amplitude thermique	1,0	→	30
Déphasage	0,9 h	→	14,2 h
Capacité de chaleur interne	5,1 kJ/m ² K	→	26 kJ/m ² K

Périodes de remboursement

Financier: 5,7 ans

Énergétique: >5,2 ans

CO2: >3,3 ans



Die Amortisationszeiten geben an, nach welcher Zeit sich die finanzielle Investition bezahlt gemacht hat und wann der durch die Sanierung verursachte Energieverbrauch bzw. CO₂-Ausstoß durch den reduzierten Wärmebedarf ausgeglichen sind.

Bilan de l'énergie primaire et potentiel d'effet de serre (A1-A3)

Dans le cadre de la rénovation, les couches mises en évidence seront nouvellement installées:

#	Dicke	Couche	Poids	Énergie primaire	Potentiel de réchauffement global
1	1.25	Plaque de plâtre cartonnée	8,5 kg/m ²	9 kWh/m ²	2 kg CO ₂ -Äqv./m ²
2	4	Niveau d'installation	0 kg/m ²	0 kWh/m ²	0 kg CO ₂ -Äqv./m ²
3	0.05	frein vapeur $s_d=2,3$	0,1 kg/m ²	2 kWh/m ²	0 kg CO ₂ -Äqv./m ²
4	14	Laine de bois en panneaux	7,4 kg/m ²	?	?
	14.8	Sperrholz 500kg/m ³ (Largeur: 0,65 cm)	1,3 kg/m ²	3 kWh/m ²	-2 kg CO ₂ -Äqv./m ²
	1.8	OSB/3 (Largeur: 5,5 cm)	1,6 kg/m ²	6 kWh/m ²	-2 kg CO ₂ -Äqv./m ²
5	16	Laine de bois en panneaux	6,4 kg/m ²	?	?
	16	Bois d'épicéa (16%)	19,2 kg/m ²	8 kWh/m ²	-29 kg CO ₂ -Äqv./m ²
6	0.05	Pare_pluie $s_d=0,02$	0,4 kg/m ²	?	?
7	3	Lame d'air ventilée (extérieure)	0 kg/m ²	0 kWh/m ²	0 kg CO ₂ -Äqv./m ²
8	10.3	Tuiles en terre cuite	51,5 kg/m ²	78 kWh/m ²	18 kg CO ₂ -Äqv./m ²
Somme (neu eingebaut)				89 kWh/m ²	15 kg CO ₂ -Äqv./m ²

Amélioration de la valeur U:	1,5 W/(m ² K) → 0,13 W/(m ² K)
Pertes de chaleur après rénovation:	7,9 kWh / m ² par période de chauffage (équivalent de 0,79 litre de fioul par m ²)
Économies d'énergie grâce à la rénovation:	86 kWh/m ² par an
...économies sur les frais de chauffage:	8,6 Euro/m ² (la première année)
...l'énergie primaire économisée:	17,2 kWh/m ² par an; Wärmequelle: Bois

...CO2 économisé: 4,6 kg CO2-Äqv./m² par an

Coût de la rénovation: 65 Euro/m²

Coûts de la production de chaleur: 10 Cent/kWh

... avec une augmentation de prix annuelle de: 10 %

Source de chaleur: Bois

Énergie primaire (non renouvelable) par kWh de chaleur: 89 kWh

Potentiel de réchauffement global par kWh de chaleur: 0,053 kg CO2-Äqv.

Calcul vaut pour le site H1b Nancy et période de chauffe de Mi octobre à Fin avril Le calcul est basé sur des moyennes mensuelles de température. Source: Réglementation Thermique 2012

Explication

Par les couches indiqués dans le tableau la valeur U s'améliore de 1,5 W/m²K à 0,128 W/m²K. Ceci implique une économie d'énergie moyenne d'environ 86 kWh/m².

Compte tenu des coûts supposés de la production de chaleur, la réduction des coûts de chauffage est d'environ 8,6 Euro/m² la première année. Avec une augmentation des coûts de chauffage de 10%/an, les dépenses pour la rénovation sont équilibrées après 5,7 années.

L'énergie primaire (voir tableau) est la quantité d'énergie primaire nécessaire pour la production d'un matériau de construction. "Non renouvelable" indique la quote-part des énergies fossiles (p.ex. mazout, gaz, charbon) ou de l'énergie nucléaire, pour lesquels les ressources sont limités. En ce qui concerne les couches indiquées, celle-ci représente 89 kWh/m².

Cette consommation d'énergie est compensée par l'économie d'énergie de 17,2 kWh/m² après >5,2 ans.

Remarque: Les données climatiques et énergétiques utilisées pour ce calcul peuvent intégrer des fluctuations importantes et selon les cas varier considérablement de la valeur réelle.

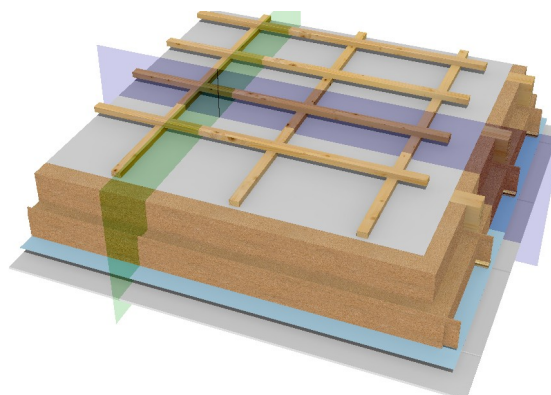
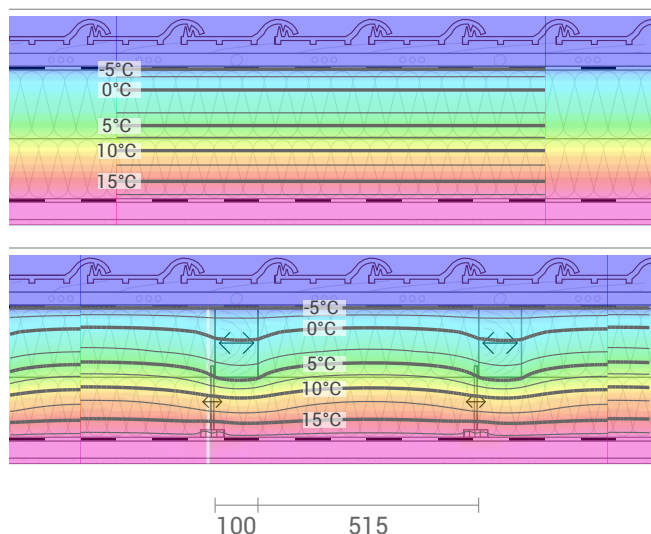
Remarque: Pour la couche 4 (Laine de bois en panneaux), aucune donnée environnementale de produit n'a encore été enregistrée.

Remarque: Pour la couche 5 (Laine de bois en panneaux), aucune donnée environnementale de produit n'a encore été enregistrée.

Les délais d'amortissement calculés pour l'énergie primaire et le potentiel de réchauffement climatique sont donc trop courts.

isolation entre et sous chevron naturelle laine de bois, $R_{tot}=7,78 \text{ m}^2\text{K/W}$

Profil de température



En haut à gauche: profil de température dans la section plan bleu (voir figure à droite). En bas à gauche: profil de température dans le plan de coupe vert.

Couches (de l'int. vers l'ext.)

#	Matériau	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	Température [°C]		Poids [kg/m ²]
				min	max	
	Résistance thermique surfacique*		0,250	19,3	20,0	
1	1,25 cm Plaque de plâtre cartonnée	0,250	0,050	19,2	19,3	8,5
2	4 cm Niveau d'installation	0,250	0,160	18,8	19,2	0,0
3	0,05 cm frein vapeur sd=2,3	0,220	0,002	18,7	18,8	0,1
4	14 cm Laine de bois en panneaux	0,036	3,889	8,2	18,7	7,4
	14,8 cm Sperrholz 500kg/m ³ (Largeur: 0,65 cm)	0,130	1,138			
	1,8 cm OSB/3 (Largeur: 5,5 cm)	0,130	0,138			
5	16 cm Laine de bois en panneaux	0,033	4,848	-4,9	8,2	6,4
	16 cm Bois d'épicéa (16%)	0,130	1,231			
6	0,05 cm Pare_pluie sd=0,02	0,500	0,001	-4,9	-4,9	0,4
	Résistance thermique surfacique*		0,040	-5,0	-4,9	
7	Lame d'air ventilée (extérieure)			-5,0	-5,0	0,0
8	Tuiles en terre cuite			-5,0	-5,0	51,5
48,65 cm Total de la composition			7,784			96,5

*Les résistances thermiques surfacique conform à la norme DIN 4108-3 pour la protection contre l'humidité.

Température de surface intérieure (min/med/max): 19,3°C 19,3°C 19,3°C
 Température de surface extérieure (min/med/max): -4,9°C -4,9°C -4,9°C

isolation entre et sous chevron naturelle laine de bois, $R_{tot}=7,78 \text{ m}^2\text{K/W}$

Hygrométrie

Pour le calcul de la quantité d'eau de condensation, le composant a été exposé au climat constant suivant pendant 90 jours: intérieure: 20°C und 50% Humidité de l'air; extérieure: -5°C und 80% Humidité de l'air. Ce climat est conforme à la norme DIN 4108-3.

Dans ces conditions, il n'y pas formation de condensation.

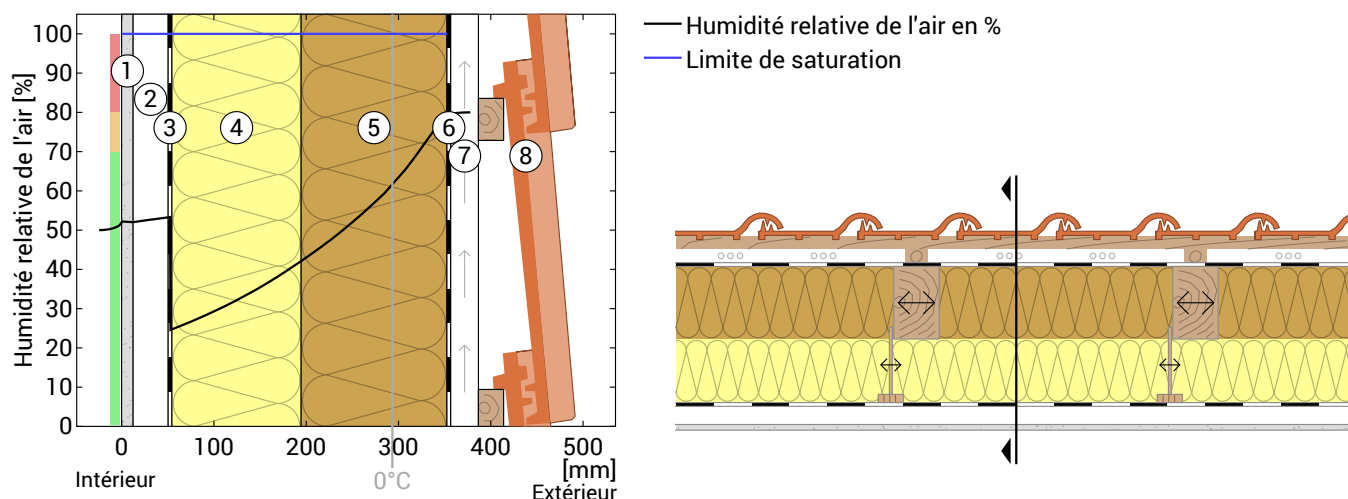
Réserve de séchage selon DIN 4108-3:2018: 8951 g/(m²a)
Au moins requis par DIN 68800-2: 250 g/(m²a)

#	Matériau	Valeur sd [m]	Condensation		Poids
			[kg/m ²]	[Gew.-%]	[kg/m ²]
1	1,25 cm Plaque de plâtre cartonnée	0,05	-		8,5
2	4 cm Niveau d'installation	0,01	-		0,0
3	0,05 cm frein vapeur sd=2,3	2,30	-		0,1
4	14 cm Laine de bois en panneaux	0,28	-		7,4
	14,8 cm Sperrholz 500kg/m ³ (Largeur: 0,65 cm)		-	-	1,3
	1,8 cm OSB/3 (Largeur: 5,5 cm)		-	-	1,6
5	16 cm Laine de bois en panneaux	0,48	-		6,4
	16 cm Bois d'épicéa (16%)		-	-	19,2
6	0,05 cm Pare_pluie sd=0,02	0,02	-		0,4
	48,65 cm Total de la composition	3,14			96,5

Humidité de l'air

La température de la paroi intérieure est de 19,3 °C entraînant une humidité relative à la surface de 52%. Dans ces conditions il ne devrait pas y avoir de risque fongique.

Le graphique suivant montre l'humidité relative dans la composition.



- ① Plaque de plâtre cartonnée (12,5 mm) ④ Laine de bois en panneaux (140 mm) ⑦ lame d'air ventilée
② Niveau d'installation (40 mm) ⑤ Laine de bois en panneaux (160 mm) ⑧ Tuiles en terre cuite
③ frein vapeur sd=2,3 ⑥ Pare_pluie sd=0,02

Couches marquées avec <-> sont parallèles au plan de coupe indiqué et ne sont pas pris en compte dans le calcul de la protection contre l'humidité.

Notes: Calcul utilisant la méthode 2D-FE d'Ubakus. La convection et la capillarité des matériaux de construction n'ont pas été prises en compte. Le temps de séchage peut prendre plus de temps dans des conditions défavorables (ombrage, étés humides / frais) que celui calculé ici.

isolation entre et sous chevron naturelle laine de bois, $R_{tot}=7,78 \text{ m}^2\text{K/W}$

Protection contre l'humidité selon DIN 4108-3:2018 Annexe A

Ce certificat de protection contre l'humidité n'est valable que pour les bâtiments résidentiels **non climatisés**.

Dans le cas de structures de toit recouvertes de **tuiles et de caillebotis en bois**, cette norme ne peut pas être appliquée. Que cette construction en fesse partie ou non, doit être examiné par le planificateur.

S'il vous plaît lire l'avertissement à la fin de cette section.

#	Matériau	λ [W/mK]	R [m ² K/W]	sd [m]	ρ [kg/m ³]	T [°C]	ps [Pa]	Σ sd [m]
Résistance thermique surfacique			0,250			19,32	2242	0
1	1,25 cm Plaque de plâtre cartonnée	0,250	0,050	0,05	680	19,19	2223	0,05
2	4 cm Niveau d'installation	0,250	0,160	0,01	1	18,76	2163	0,06
3	0,05 cm frein vapeur sd=2,3	0,220	0,002	2,3	260	18,75	2163	2,36
4	14 cm Laine de bois en panneaux	0,036	3,889	0,28	55	8,23	1089	2,64
5	16 cm Laine de bois en panneaux	0,033	4,848	0,48	55	-4,89	405	3,12
6	0,05 cm Pare_pluie sd=0,02	0,500	0,001	0,1	700	-4,89	405	3,22
Résistance thermique surfacique			0,040					

Température (T), la pression de vapeur saturée (ps) et la somme des valeurs sd (Σ sd) sont valides au niveau des limites de couche.

Humidité à la surface du composant

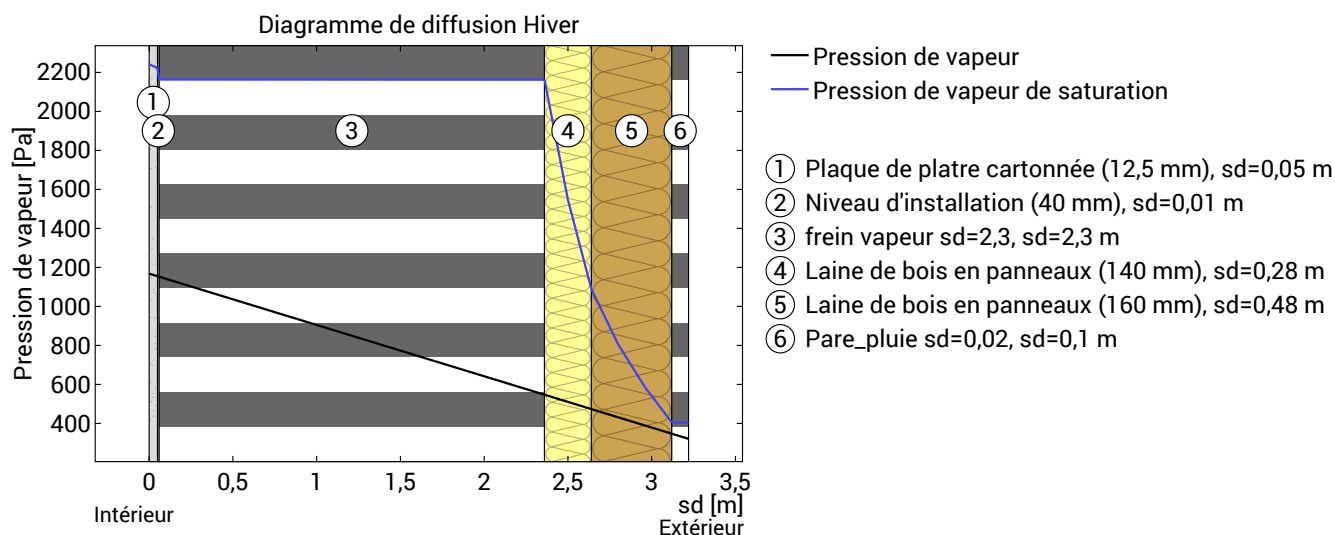
L'humidité relative sur la surface du composant côté pièce est de 52%. Les exigences relatives à la prévention de la corrosion des matériaux de construction dépendent du matériau et du revêtement et n'ont pas été étudiées.



Période de rosée (hiver)

Condition aux limites

Pression de vapeur à l'intérieur à 20°C et 50% humidité	$p_i = 1168 \text{ Pa}$
Pression de vapeur à l'extérieur à -5°C et 80% humidité	$p_e = 321 \text{ Pa}$
Durée de la période de rosée (90 jours)	$t_c = 7776000 \text{ s}$
Coefficient de résistance à la diffusion de vapeur d'eau	$\delta_0 = 2.0E-10 \text{ kg}/(\text{m}^*\text{s}*\text{Pa})$
Valeur sd (total de la composition)	$s_{de} = 3,22 \text{ m}$



Dans les conditions supposées, la section examinée est exempte de condensation à l'intérieur du composant.



Calculer le potentiel d'évaporation pour la réserve de séchage pendant la période de rosée pour le niveau ayant le potentiel d'évaporation le plus bas:

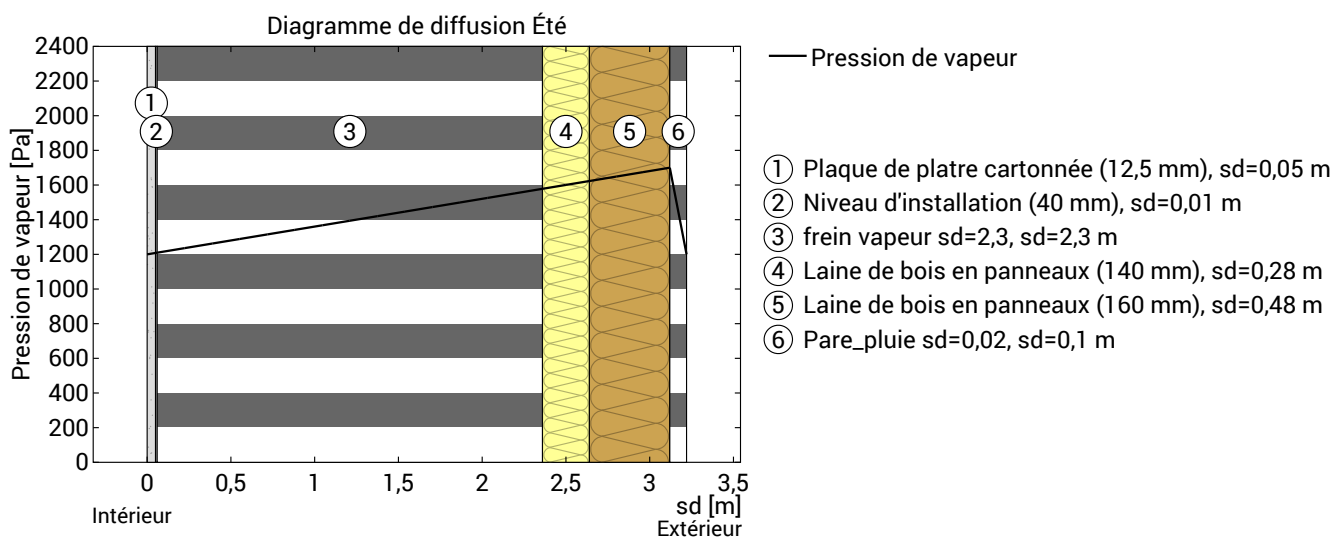
$s_d=3,12 \text{ m}$; $x=35,3 \text{ cm}$; $p_s=405 \text{ pa}$:

Entre couches Laine de bois en panneaux et Pare_pluie $s_d=0,02$

$$M_{ev, Tauperiode} = t_c * \delta_0 * ((p_s - p_i) / s_{d_{ev}} + (p_s - p_e) / (s_{d_e} - s_{d_{ev}})) = 0,926 \text{ kg/m}^2$$

Période de séchage (été)

Condition aux limites	
Pression de vapeur à l'intérieur	$p_i = 1200 \text{ Pa}$
Pression de vapeur à l'extérieur	$p_e = 1200 \text{ Pa}$
Pression de vapeur de saturation au niveau du condensat	$p_s = 1700 \text{ Pa}$
Durée de la période de séchage (90 jours)	$t_{ev} = 7776000 \text{ s}$
Valeurs sd restent inchangées.	



Composant exempt de condensat: Pour la réserve de séchage la masse d'évaporation maximale possible est calculé. Considérez le niveau qui présente le potentiel d'évaporation le plus faible pendant la période de rosée, à $s_d=3,12 \text{ m}$; $x=35,3 \text{ cm}$:

Entre couches Laine de bois en panneaux et Pare_pluie $s_d=0,02$

Quantité d'évaporation: $M_{ev} = \delta_0 * t_{ev} * [(p_s - p_i) / s_d + (p_s - p_e) / (s_{d_e} - s_d)] = 8,03 \text{ kg/m}^2$

Réserve de séchage (DIN 68800-2)

Composant sans rosée: Le potentiel d'évaporation de la période de rosée est également pris en compte.

Réserve de séchage: $M_r = (M_{ev} + M_{ev, Tauperiode}) * 1000 = 8951 \text{ g/m}^2/\text{a}$

Minimum requis pour les toits: $250 \text{ g/m}^2/\text{a}$



Évaluation selon DIN 4108-3

le point de rosée de l'élément constructif n'est pas problématique

Remarques

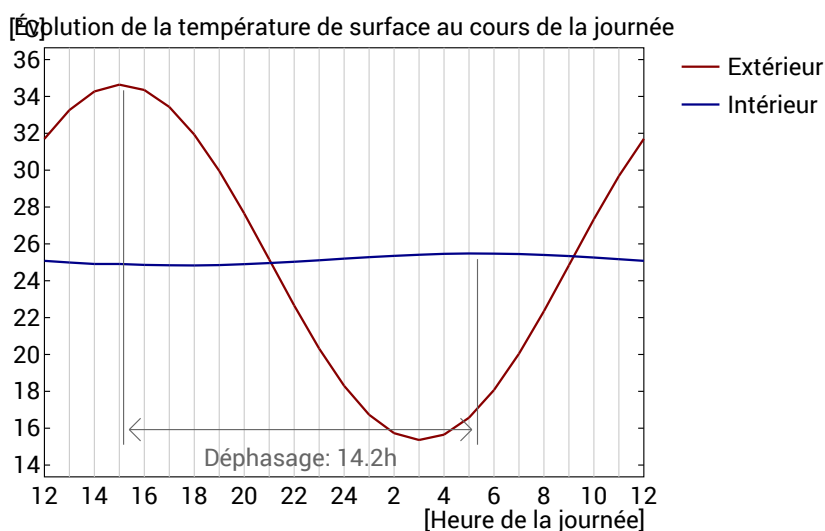
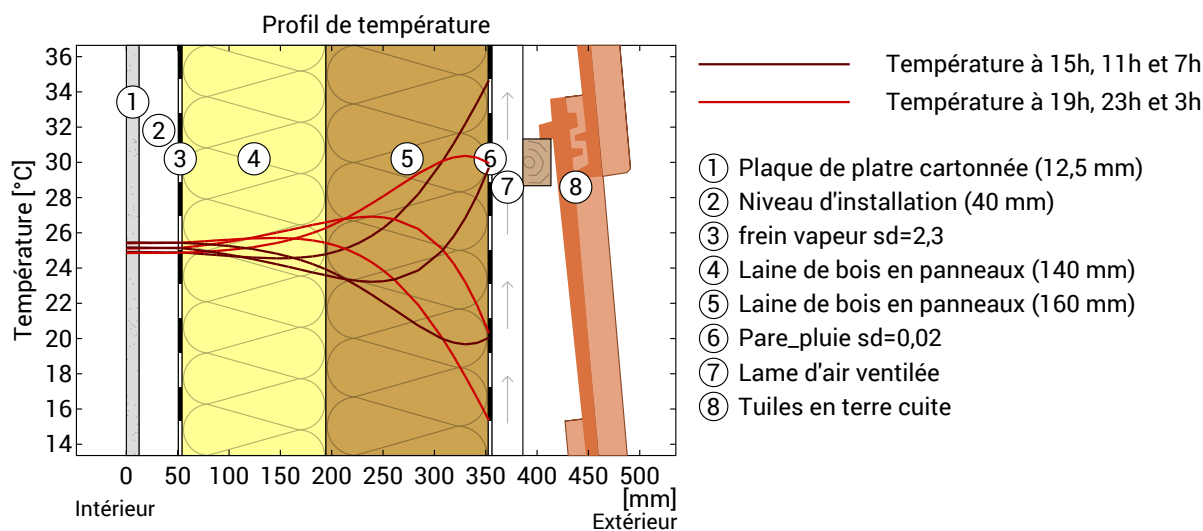
Pour des constructions hétérogènes, comme méthode de construction pour charpente, montants ou armature tout comme les constructions avec des poutres en bois, des chevrons ou en treillis et autres, les calculs de diffusion dimensionnels sont à prouver pour le domaine de risque. Des cas exceptionnels sont les constructions spéciales, dans lesquelles par exemple leur couche de diffusion inhibant se délocalise au-delà des sections extérieures. Dans ces cas exceptionnels, les calculs menés sont invalides.

DIN 4108-3 décrit en section 5.3 les composants pour lesquels aucun calcul de protection contre l'humidité est nécessaire, car il n'y a pas de risque de condensation ou la procédure d'évaluation des risques ne convient pas. Si le composant est examiné ci-dessous, ne peut pas être évalué avec les informations disponibles.

isolation entre et sous chevron naturelle laine de bois, $R_{tot}=7,78 \text{ m}^2\text{K/W}$

Confort d'été

Les résultats suivants correspondent aux propriétés du composant testé et ne font aucune déclaration concernant la protection thermique de la pièce entière:



Graphique en haut: Profil de température dans la composition à différents moments. De haut en bas, lignes marrons: à 15h, 11h et 7h et lignes rouges à 19h, 23h et 3h du matin.

Graphique en bas: La température de la surface extérieure (rouge) et de la surface intérieure (bleu) lors d'une journée. Les flèches noires indiquent les températures maximales. Le maximum de la température de la surface intérieure devrait se trouver de préférence au cours de la deuxième moitié de la nuit.

Déphasage*	14,2 h	Capacité de stockage thermique (composition complète):	43 kJ/m ² K
Atténuation d'amplitude**	29,9	Capacité thermique des couches intérieures:	26 kJ/m ² K
RAT***	0,033		

* Le déphasage indique la durée en heures, dans laquelle le pic de chaleur de l'après-midi atteint le côté intérieur de la composition.

** L'atténuation de l'amplitude décrit l'atténuation de l'onde de température lors du passage à travers la composition. Une valeur de 10 signifie que la température côté extérieur varie 10 fois plus que sur le côté intérieur, p.ex. côté extérieur 15-35 °C, côté intérieur 24-26 °C.

*** Le rapport d'amplitude de température (RAT) est l'inverse de l'atténuation: $RAT = 1/\text{Atténuation d'amplitude}$

Remarque: La protection thermique d'une pièce est influencée par plusieurs facteurs, mais essentiellement par le rayonnement solaire direct par les fenêtres et par la quantité totale de la capacité de stockage de chaleur (y compris le sol, les murs intérieurs et les accessoires / meubles). Un seul composant n'a généralement qu'une très faible influence sur la protection thermique de la pièce.

Les calculs présentés ci-dessus sont établis pour une section unidimensionnelle de la paroi.