FORMATION BATIMENT DURABLE

ENVELOPPE : RÉNOVATION DE LA TOITURE

AUTOMNE 2023

Isolation





PREAMBULE

- Ce livret est un complément théorique à la présentation intitulée
 « Se protéger de la pluie et du froid ».
- ▶ Il a pour objectif de mettre en évidence les aspects liées à la seule question de la nature de l'isolation.
- L'orateur n'aura recours à ce document qu'en cas de question ciblée sur un point spécifique à cette thématique.



TABLE DES MATIÈRES

PERFORMANCE DE LA PAROI

TOITURE INCLINÉE
TOITURE PLATE
PLANCHER DES COMBLES



Quelle épaisseur d'isolation?

PERFORMANCE DE LA PAROI

- Impact énergétique de l'isolation
 - Base règlementaire PEB 2022: U_{max} = 0,24 W/m²K

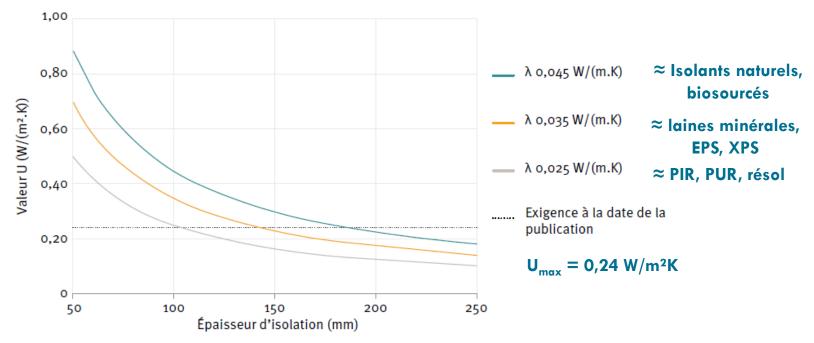


Fig. 58 Coefficient de transmission thermique U d'une toiture isolée munie d'un support en béton.

Source: CSTC



Quelle épaisseur d'isolation?

- Exigences réglementaires PEB 2022
 - $U_{\text{max toiture}} = 0.24 \text{ W/m}^2\text{K}$
 - ⇒ Bien...mais est-ce suffisant?
 - BNC ≤ X kWh/m².an (en neuf), BNC ≤ X*1,2 kW/m².an (en assimilé à du neuf). Seuil « X » calculé sur bases de diverses balises dont:

Parois opaques: U_{moyen pondéré} = 0,12 W/m²K



Quelle épaisseur d'isolation?

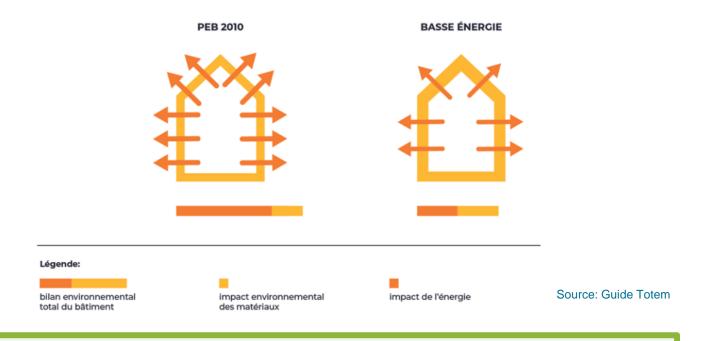
- Impact environnemental de l'isolation
 - Priorité n°1 : Isoler

Plus l'épaisseur de l'isolation sera importante, plus l'impact environnemental de la paroi sera faible, quelle que soit la nature de l'isolant.



Quelle épaisseur d'isolation?

- Impact environnemental de l'isolation
 - Priorité n°2 : Choisir un isolant à faible impact environnemental



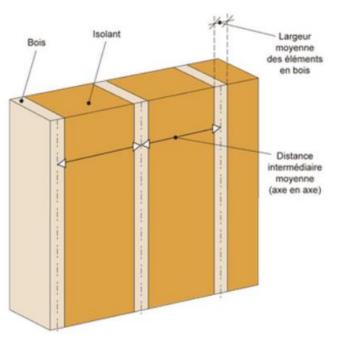
Aller plus loin dans la réflexion, mettre en avant les matériaux biosourcés



Impact de la structure

Fraction de bois

En présence d'entretoises, la fraction de bois est augmentée de 0,01.



Valeurs par défaut

Choisir la fraction de bois correspondant au type de structure :

0,11 pour une isolation entre pannes

0,20 pour une isolation entre chevrons

0,12 pour une isolation entre fermettes

0,11 pour un plancher isolé

0,15 pour une paroi isolée à ossature



Impact de la structure

- Fraction de bois
 - Isolation en laine de bois de 30 cm (λ=0,038 W/mK):

Sans considérer la charpente: U = 0,13 W/m²K



En considérant la charpente (15%): U = 0,17 W/m²K



Impact de la structure

- Fraction de bois
 - Réduire → Amélioration du U [W/m²K]. Ordres de grandeur:







Source: Steico

Fraction bois ≈ 15% Ex: U≈0,17 W/m²K

Fraction bois ≈ 12% Ex: U≈0,16 W/m²K

Fraction bois ≈ 7% Ex: U≈0,14 W/m²K



Impact de la structure

- Fraction de bois
 - Croiser → Pas d'amélioration du U mais amélioration du comportement thermique de la paroi, des températures de surface.





TABLE DES MATIÈRES

PERFORMANCE DE LA PAROI

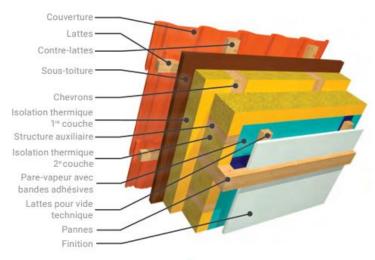
TOITURE INCLINÉE

TOITURE PLATE
PLANCHER DES COMBLES



Isolation dans la charpente, par l'intérieur

- Matelas d'isolation souple
 - Principe



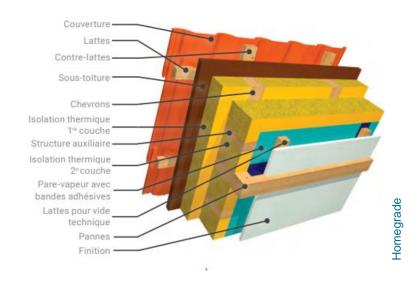
Avantages	Inconvénients
Permet la conservation de la couverture s'il existe une sous-toiture en bon état.	La finition intérieure ne peut être conservée.
Ne modifie pas l'aspect architectural.	Perte de volume intérieur.
Bonnes performances acoustiques si la finition est lourde et désolidarisée.	En cas d'absence de sous-toiture, cette technique implique la réfection totale de la toiture.
Autoconstruction possible.	
Moins coûteux si la sous-toiture et la couverture peuvent être conservées.	



PERFORMANCE DE LA PAROI

Isolation dans la charpente, par l'intérieur

- Matelas d'isolation souple
 - Matériaux

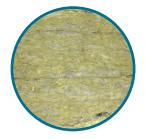




Laine de bois Laine de chanvre $\lambda \approx 0.038 - 0.04 \text{ W/mK}$



Fibres d'herbe $\lambda = 0.04 \text{ W/mK}$



Laine minérale $\lambda = 0.032-0.035 \text{ W/mK}$

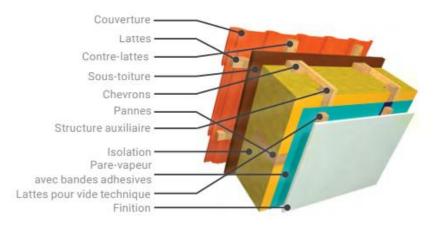


Laine animale $\lambda \approx 0.036 \text{ W/mK}$



Isolation dans la charpente

- Isolation insufflée, projetée
 - Principe

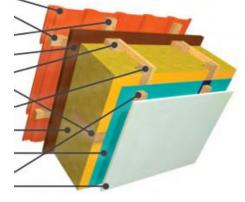


Inconvénients
La finition intérieure ne peut être conservée.
Perte de volume intérieur.
En cas d'absence de sous-toiture rigide, cette technique implique la réfection totale de la toiture.



Isolation dans la charpente

- Isolation insufflée, projetée
 - Matériaux



Homegrade



Fibres de bois en vrac $\lambda = 0.038 \text{ W/mK}$



Polyurethane $\lambda \approx 0.026 \text{ W/mK}$



Cellulose $\lambda \approx 0.038 \text{ W/mK}$

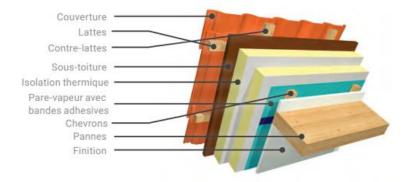


Laine de mouton en vrac $\lambda = 0.041 \text{ W/mK}$



Isolation par l'extérieur (sarking)

Principe



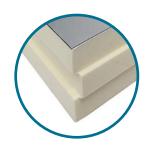
Avantages	Inconvénients
Permet la conservation de la finition intérieure.	Cette technique implique la réfection totale de la toiture.
Pas de perte de volume intérieur. Aucun pont thermique. Tous les travaux sont réalisés par l'extérieur.	L'aspect architectural est modifié (rehausse de toiture, hauteur et/ou profondeur des corniches), raccord délicat avec les voisins : un permis d'urbanisme est requis.
Le découplage complet de la sous- toiture et de la finition associé à l'utilisation d'un isolant souple offre une excellente amélioration acoustique.	Difficulté d'assurer l'étanchéité à l'air au niveau des corniches et des pignons. Les matériaux rigides sont mauvais pour l'isolation acoustique; l'ajout d'un isolant souple en dessous avec finitions désolidarisées améliore légèrement la situation (attention au rapport des valeurs R).



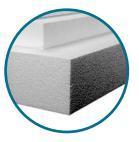
Source: Homegrade

Isolation par l'extérieur (sarking)

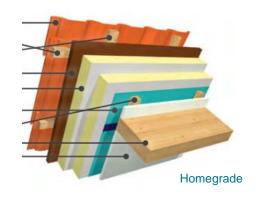
- Matériaux
 - Panneaux rigides mousses synthétiques

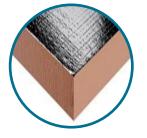


PIR/PUR $\lambda = 0.022 - 0.028 \text{ W/mK}$

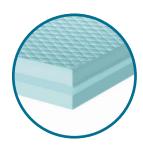


PSE $\lambda \approx 0.035 \text{ W/mK}$





Mousse résolique/phénolique $\lambda = 0.02 \text{ W/mK}$







Isolation par l'extérieur (sarking)

- Matériaux
 - Panneaux rigides matériaux biosourcés







Fibres de bois

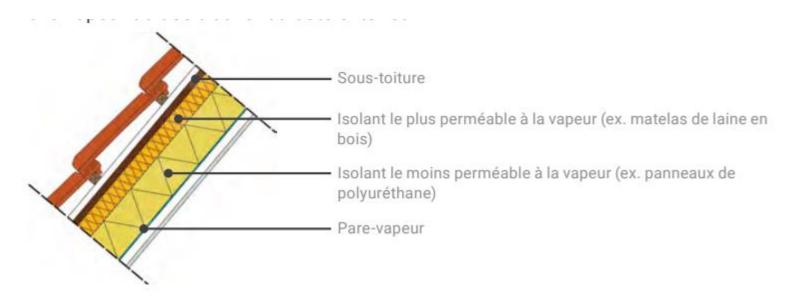
Source: Steico

 $\lambda \approx 0.038 - 0.048 \text{ W/mK}$



Combinaison de différents types d'isolants

⇒ Placer l'isolant le plus ouvert à la DVE vers l'extérieur



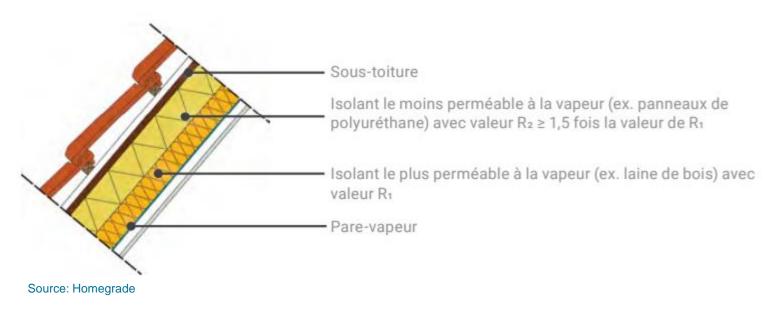




Combinaison de différents types d'isolants

- ⇒ Si l'isolant le plus fermé à la DVE se trouve côté extérieur, il doit avoir une résistance thermique 1,5 x plus élevée que l'isolant côté intérieur
- ⇒ Composition plus délicate à gérer niveau DVE

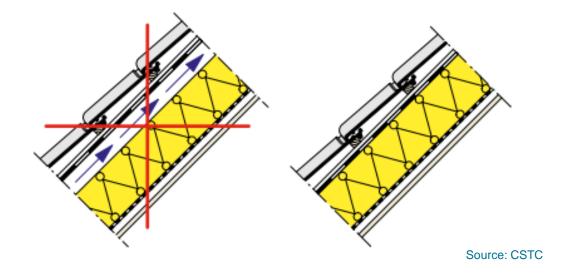






Position de l'isolation dans le complexe de toiture

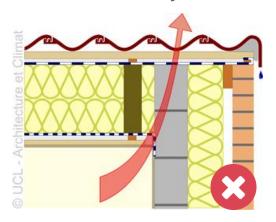
▶ Ne pas laisser de lame d'air entre l'isolant et la sous-toiture



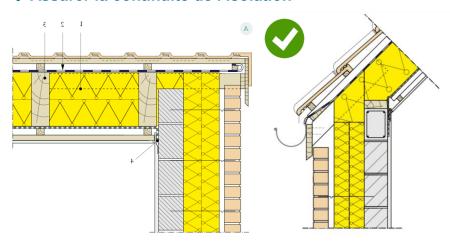


Nœuds constructifs

Jonction façade-toiture



→ Assurer la continuité de l'isolation





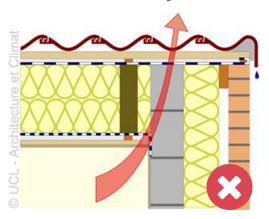




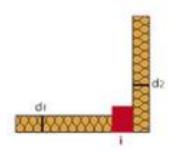


Nœuds constructifs

Jonction façade-toiture



→ Interposition d'un élément isolant



- λi ≤ 0,2 w/mK
- Ri ≥ R(1,2) / 2 OU 2
- di ≥ d1 /2 ET ≥ d2/2

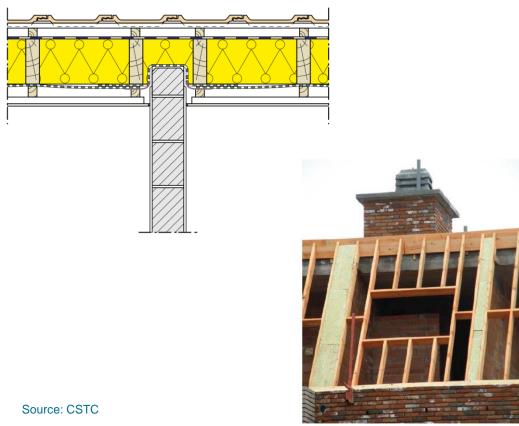




Source: photo prise par écorce

Nœuds constructifs

- Jonction avec les murs de refend
 - Continuité de l'isolation → niv sup mur < niv sup charpente
 - Interposer un élément isolant



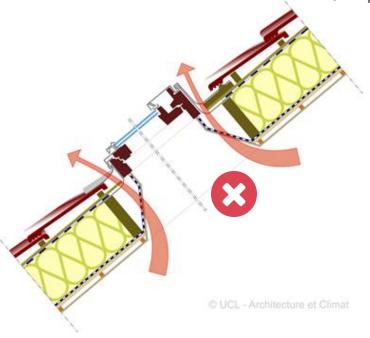




Nœuds constructifs

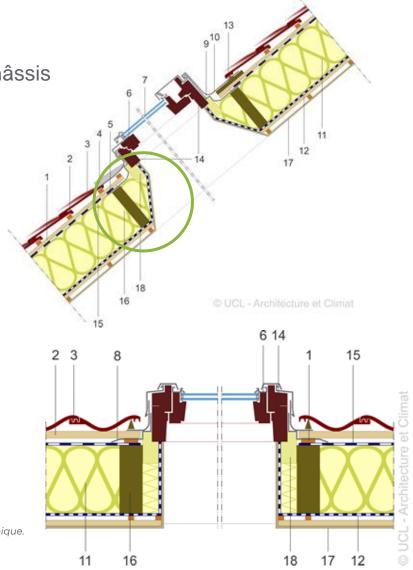
Intégration de fenêtres de toit

Continuité de l'isolation jusqu'au châssis



- 1. Contre latte.
- 2. latte.
- 3. Tuiles.
- 4. Solin au-dessus des tuiles à la base du châssis.
- 5. Raccord de la sous-toiture au châssis.
- 6. Partie mobile de la fenêtre.
- 7. Vitrage isolant.
- 8. Étanchéité en plomb ou chéneau encastré.
- 9. Raccord sous-toiture châssis.

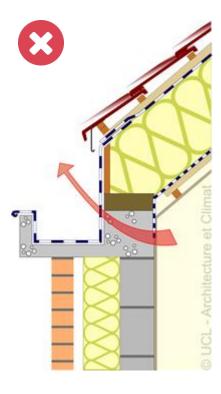
- 10. Chéneau en amont de la fenêtre.
- 11. Isolation thermique.
- 12. Étanchéité à l'air et à la vapeur.
- 13. Volige de pied.
- 14. Partie fixe de la fenêtre.
- 15. Sous-toiture.
- 16. Chevron.
- 17. Finition intérieure devant espace technique.
- 18. Cadre isolant.





Nœuds constructifs – en rénovation

Isolation de la toiture et la façade (par l'extérieur), mais conservation des corniches existantes





En rénovation...

- Conserver une charpente apparente
 - Vérifier la capacité portante de la charpente
 - Vérifier l'entre-distance des éléments
 - Fermer via un platelage p.ex.
 - Isoler:

Méthode 1: Isolation « sarking »



⇒ /!\ Surcharge, continuité étanchéité air

Méthode 3: Recréer une nouvelle charpente par au-dessus

⇒ /!\ Surcharge







En rénovation...

- Augmenter l'épaisseur d'une toiture inclinée pour isoler davantage par l'intérieur
 - Option 1: ajouter un chevronnage supplémentaire sous la structure existante (idéalement croisé avec la structure principale)
 - Option 2: augmenter l'épaisseur à l'aide de T minces en bois



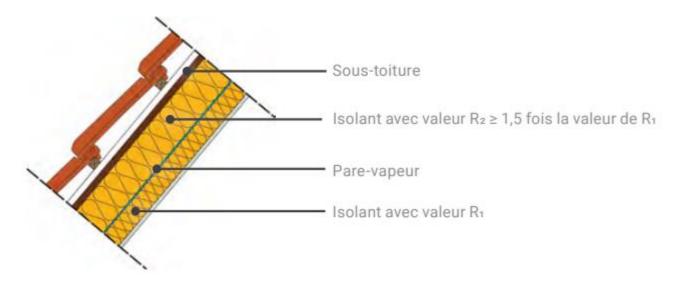


Source: Matgreen



En rénovation...

- Renforcer l'isolation existante d'une toiture inclinée
 - Complexe existant conforme aux règles de l'art
 - Isolation existante ouverte à la DVE
 - Présence d'un pare-vapeur
 - Il s'agit d'un <u>local sec</u>



⇒ Ajout d'un isolant complémentaire sous le PV existant /!\ Epaisseur limitée



TABLE DES MATIÈRES

PERFORMANCE DE LA PAROI TOITURE INCLINÉE

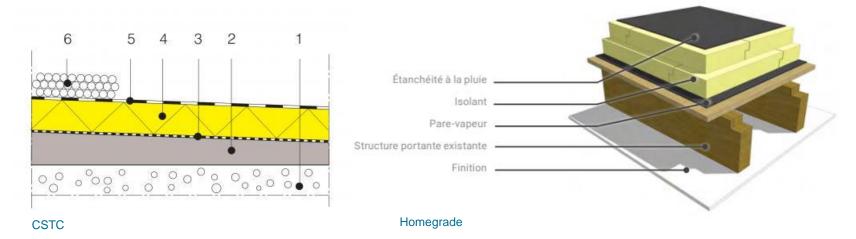
TOITURE PLATE

PLANCHER DES COMBLES



Isolation par l'extérieur

Toiture chaude



Avantages

Méthode qui présente le moins de risques de désordre.

Si la pente est insuffisante, elle peut être rectifiée avec une isolation à pente intégrée.

Tous les travaux sont réalisés par l'extérieur.

Si elle est en bon état, l'étanchéité à la pluie existante peut être réutilisée comme pare-vapeur.

Un lestage n'est pas indispensable.

Inconvénients

Le niveau fini de la toiture est rehaussé, ce qui nécessite des adaptations des coupoles, seuils de porte et acrotères.

S'il y a modification de l'aspect architectural, un permis d'urbanisme est requis.

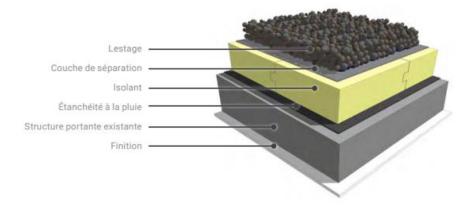
N'améliore pas l'isolation acoustique l'ajout d'un isolant souple sous le plancher de toiture permet de pallier ce problème.

Source: Homegrade



Isolation par l'extérieur

Toiture inversée



Avantages

Tous les travaux sont réalisés par l'extérieur.

Si elle est en bon état et que sa pente est suffisante, l'étanchéité à la pluie existante peut être réutilisée et remplir à la fois les fonctions de pare-vapeur et d'étanchéité à la pluie.

Facile à mettre en œuvre, peu coûteux

Inconvénients

Le niveau fini de la toiture est rehaussé. ce qui nécessite des adaptations des coupoles, seuils de porte et acrotères.

S'il y a modification de l'aspect architectural, un permis d'urbanisme est requis.

Moins efficace que la toiture chaude parce que l'eau s'infiltre sous l'isolant qui peut être mouillé.

N'améliore pas l'isolation acoustique l'ajout d'un isolant souple sous le plancher de toiture permet de pallier ce problème.

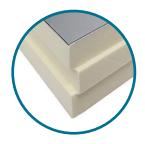
Difficulté de localiser les fuites

Entretien nécessaire à cause du lestage indispensable Source: Homegrade

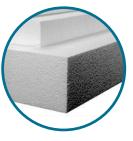


Isolation par l'extérieur

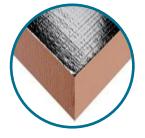
- Matériaux
 - Blocs et panneaux rigides mousses synthétiques



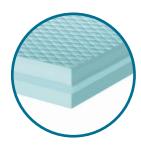
PIR/PUR $\lambda = 0.022 - 0.028 \text{ W/mK}$



PSE $\lambda \approx 0.035 \text{ W/mK}$



Mousse résolique/phénolique $\lambda = 0.02 \text{ W/mK}$



XPS $\lambda \approx 0.035 \text{ W/mK}$



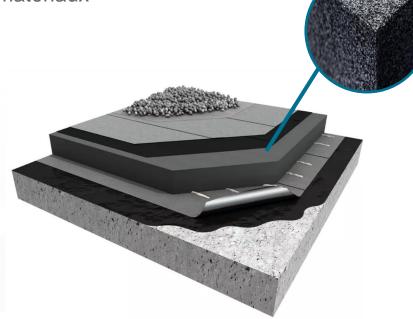
Isolation par l'extérieur

- Matériaux
 - Blocs et panneaux rigides autres matériaux



Fibres de bois + Liège expansé Source: Pavatex

 $\lambda = 0.043 / 0.04 \text{ W/mK}$



Verre cellulaire

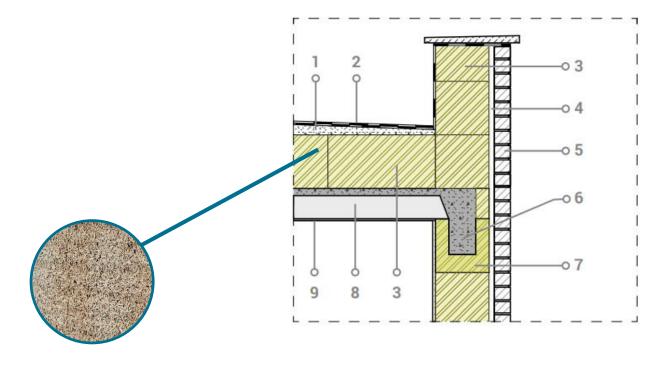
Source: Soprema/Foamglas

 $\lambda = 0.036 \text{ W/mK}$



Isolation par l'extérieur

- Matériaux
 - Blocs et panneaux rigides autres matériaux



Chanvre

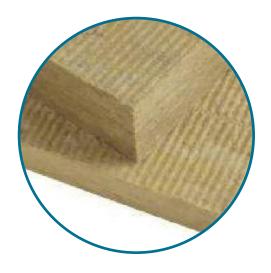
Source: IsoHemp $\lambda = 0.071 \text{ W/mK}$

- Béton de pente
- 2 Double étanchéité
- 3 Bloc IsoHemp 30cm
- Coulisse
- Brique de parement
- 6 Béton armé
- 7 Bloc U IsoHemp 30cm
- 8 Structure portante
- 9 Enduit



Isolation par l'extérieur

- Matériaux
 - Panneaux rigides sous forme de laine



Laine minérale $\lambda = 0.038 - 0.04 \text{ W/mK}$



Laine de bois $\lambda \approx 0.04 \text{ W/mK}$



PERFORMANCE DE LA PAROI

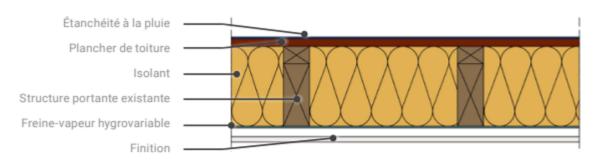
Isolation dans la charpente

Toiture compacte



Diffusion de vapeur d'eau

TOITURE PLATE



Avantages

Ne modifie pas l'aspect architectural

Gain de place en plaçant l'isolant dans l'espace disponible entre les poutres

Facilite l'inspection de l'état du plancher de toiture

Permet la conservation de l'étanchéité à la pluie, si elle en bon état

Bonnes performances acoustiques si la finition est lourde et désolidarisée

Souvent le plus économique pour de petites surfaces

Inconvénients

Méthode délicate à confier à un spécialiste (risques de condensation interne)

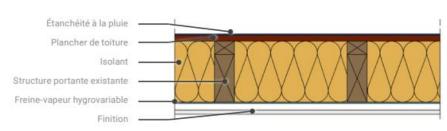
Applicable uniquement si la toiture est ensoleillée et que la pièce dispose d'un bon système de ventilation.

La finition intérieure ne peut être conservée.



Isolation dans la charpente

- Toiture compacte
 - Matériaux:



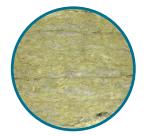
Matelas d'isolation souple Isolation insufflée



Laine de bois Laine de chanvre $\lambda \approx 0.038-0.04 \text{ W/mK}$



Fibres d'herbe $\lambda = 0.04 \text{ W/mK}$



Laine minérale $\lambda = 0.032 - 0.035 \text{ W/mK}$



Laine animale $\lambda \approx 0.036 \text{ W/mK}$



Cellulose $\lambda \approx 0.038 \text{ W/mK}$



Fibres de bois en vrac $\lambda = 0.038 \text{ W/mK}$



Laine de mouton en vrac $\lambda = 0.041 \text{ W/mK}$

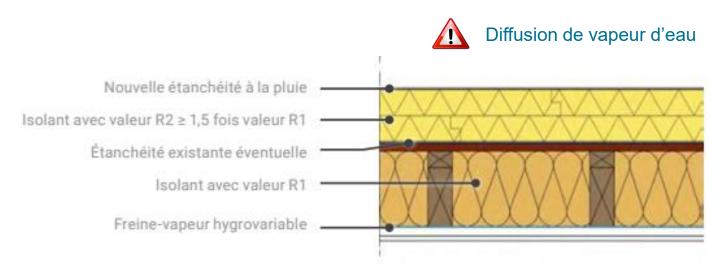


Isolation sur et dans la charpente

- Toiture mixte
 - Compromis entre toiture chaude et compacte



• Condition sur la résistance thermique minimale de l'isolant supérieur





Nœuds constructifs

- Poussée de l'acrotère des toitures plates isolées à l'aide de panneaux PU
 - Causes:

Variations dimensionnelles des panneaux PU (fonction du type) Manque de « rigidité » des acrotères en bloc de béton cellulaire ou en ossature.

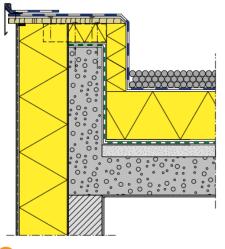
⇒ Ancrer solidement l'acrotère

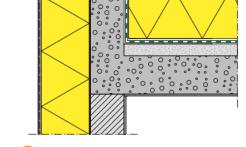
⇒ Et/ou bande souple de désolidarisation périphérique



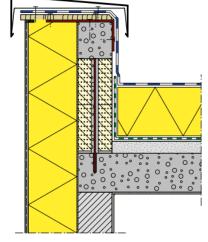
Pour en savoir plus:

CSTC Contact mars-avril 22

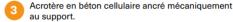










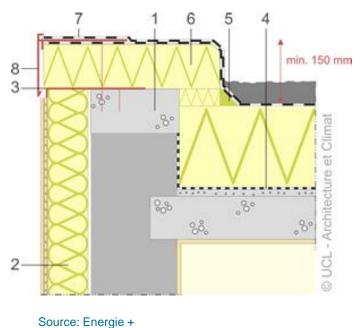




Nœuds constructifs – en rénovation

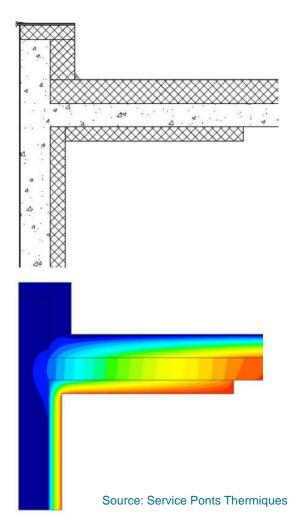
Acrotère existante conservée

Contourner l'acrotère (+ éventuellement la rehausser)



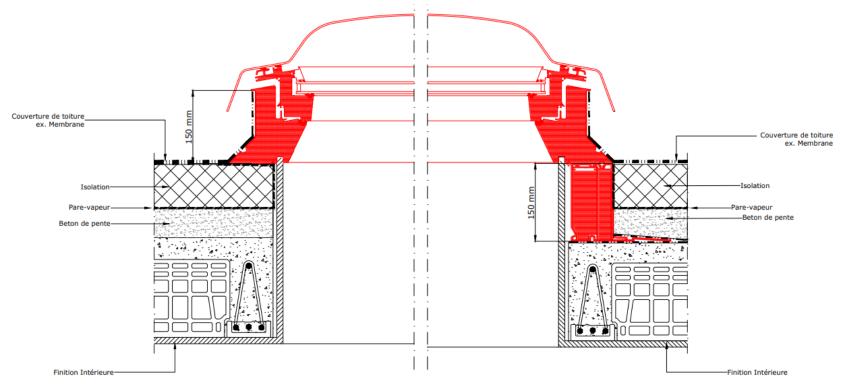


Chemin de moindre résistance ≥ 1m



Nœuds constructifs

- Intégration de coupole de toiture
 - Continuité de l'isolation jusqu'au châssis
 - Coupole avec costière isolée



Source: Velux



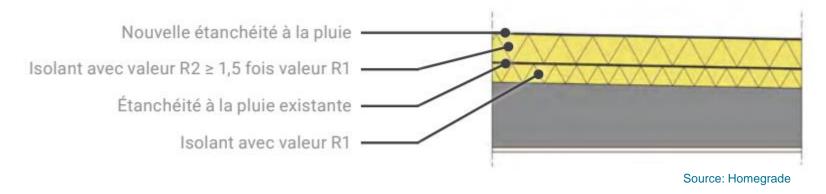
En rénovation: renforcer l'isolation existante d'une toiture plate

- Toiture chaude existante option 1
 - Structure en béton
 - Présence d'un pare-vapeur?

Oui: Pas de restrictions sur l'épaisseur du nouvel isolant

Non/ je ne sais pas: Epaisseur minimale à respecter

⇒ Ajout d'une nouvelle couche d'isolation + nouvelle étanchéité





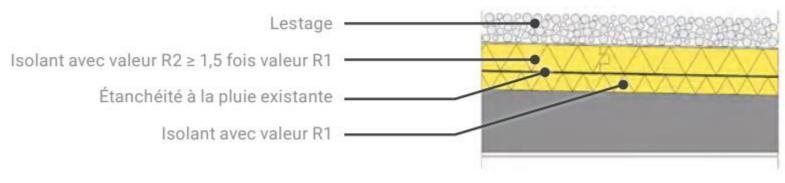
En rénovation: renforcer l'isolation existante d'une toiture plate

- ► Toiture chaude existante option 2
 - Structure en béton
 - Présence d'un pare-vapeur?

Oui: Pas de restrictions sur l'épaisseur du nouvel isolant

Non/ je ne sais pas: Epaisseur minimale à respecter

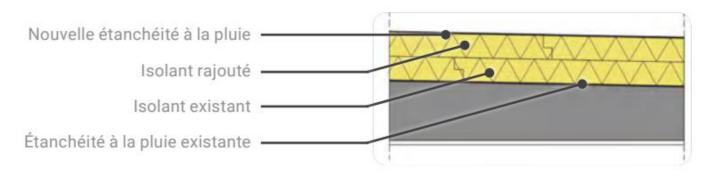
- ⇒ Ajout d'une nouvelle couche d'isolation en toiture inversée
- ⇒ Toiture « duo » / « combinée »





En rénovation: renforcer l'isolation existante d'une toiture plate

- Toiture inversée existante
 - Structure en béton
 - **⇒** Ajout d'une nouvelle couche d'isolation
 - **⇒ Possibilité d'ajout d'une nouvelle étanchéité pour transformer** en toiture chaude





En rénovation: renforcer l'isolation existante d'une toiture plate

- Toiture froide existante
 - = techniquement inacceptable
 - Transformation en toiture chaude
 - Idéalement, enlever l'isolant existant dans le plafond

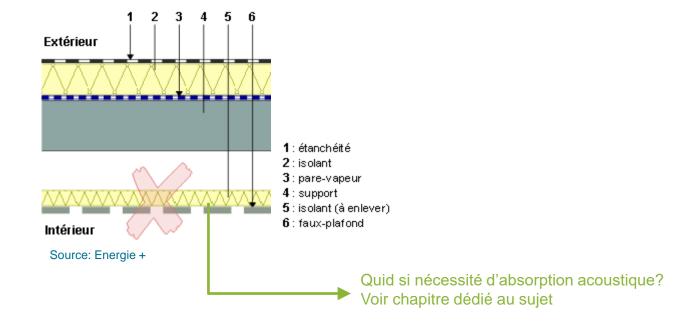




TABLE DES MATIÈRES

PERFORMANCE DE LA PAROI TOITURE INCLINÉE TOITURE PLATE

PLANCHER DES COMBLES

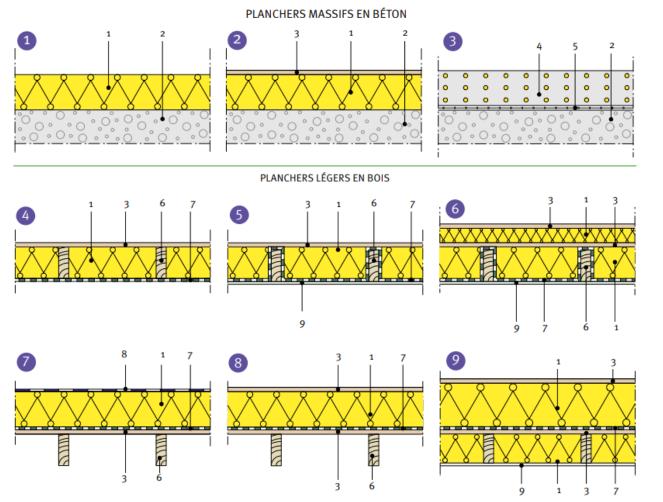


PLANCHER DES COMBLES

Modes d'isolation

Matelas d'isolation souple, isolation insufflée, panneaux rigides...

TOITURE PLATE



- 1. Isolation
- 2. Dalle de béton
- 3. Panneaux en bois
- 4. Chape isolante
- 5. Armature
- 6. Solives
- 7. Membrane d'étanchéité à l'air et à la vapeur
- 8. Membrane perméable à la vapeur destinée à empêcher les flux d'air au-dessus et au travers de l'isolation
- 9. Plafond du local inférieur (postisolation)





Guide bâtiment durable

www.guidebatimentdurable.brussels

Dossier I Choix durable des matériaux d'isolation thermique

Dispositif I <u>Isolation du plancher des combles</u>

Dispositif I <u>Isolation d'une toiture inclinée par l'extérieur</u>

Dispositif I Isolation d'une toiture plate

Dispositif I <u>Isolation par l'intérieur des toitures inclinées</u>



Sites internet

- ► Homegrade | Toiture inclinée Rénovation et isolation
- ► Homegrade | Toiture plate Rénovation et isolation



Ouvrages

- ► CSTC, NIT 251 2014: Isolation des toitures à versants
- ► CSTC, NIT 280 2022: La toiture plate



Camille BAIVIER

Architecte

écorce sa



L + 32 4 226 91 60







MERCI POUR VOTRE ATTENTION

