

FORMATION BATIMENT DURABLE

ENVELOPPE :
RÉNOVATION DE LA TOITURE

AUTOMNE 2024

Isolation

- ▶ 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.



PERFORMANCE DE LA PAROI

TOITURE INCLINÉE

TOITURE PLATE

PLANCHER DES COMBLES



Quelle épaisseur d'isolation?

► Impact énergétique de l'isolation

- Base réglementaire PEB 2022: $U_{\max} = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$

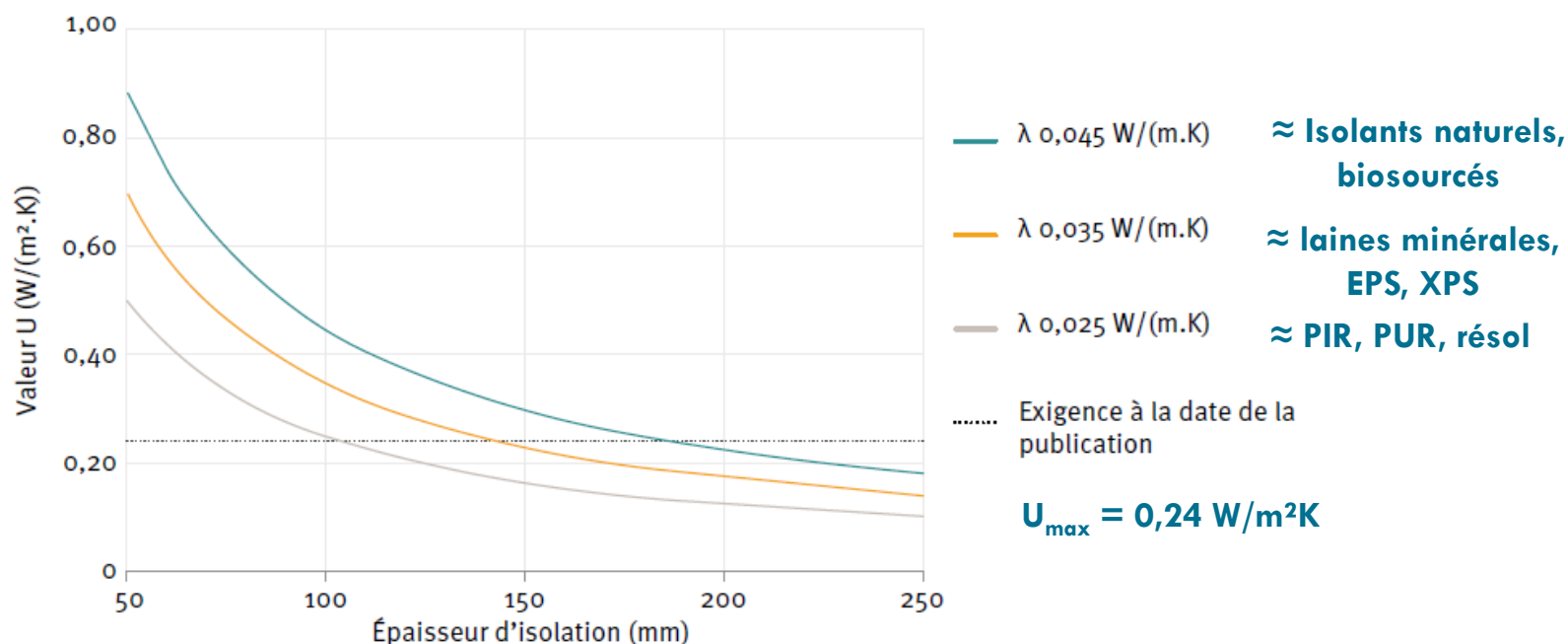


Fig. 58 Coefficient de transmission thermique U d'une toiture isolée munie d'un support en béton.

Source: Buildwise



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?**

- $\text{BNC} \leq \mathbf{X} \text{ kWh/m}^2.\text{an}$ (en neuf),
 $\text{BNC} \leq \mathbf{X*1,2} \text{ kWh/m}^2.\text{an}$ (en assimilé à du neuf).
Seuil « X » calculé sur bases de diverses balises dont:

Parois opaques: $U_{\text{moyen pondéré}} = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$



Quelle épaisseur d'isolation?

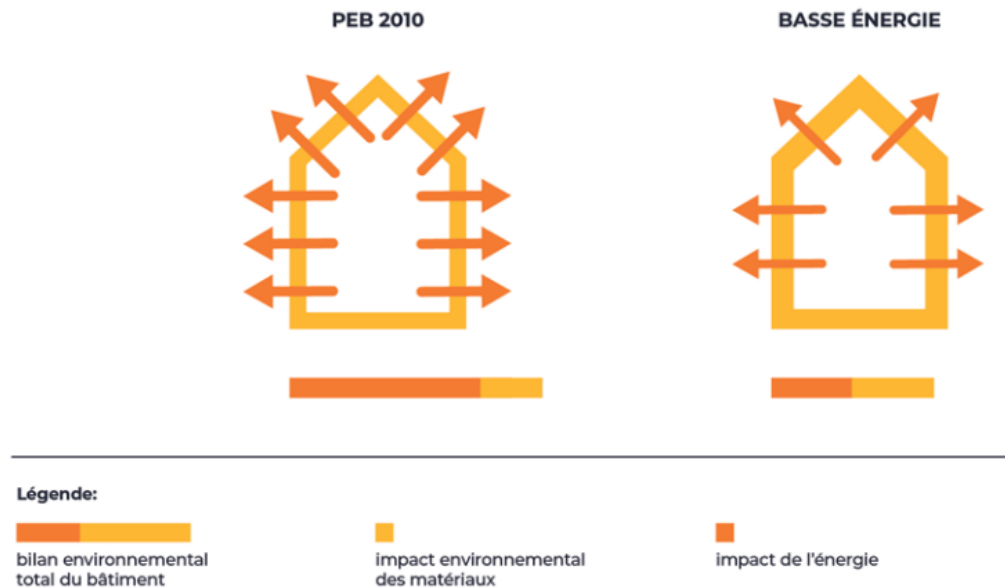
- Impact environnemental de l'isolation
 - Priorité n°1 : Isoler

**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



Source: Guide Totem

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

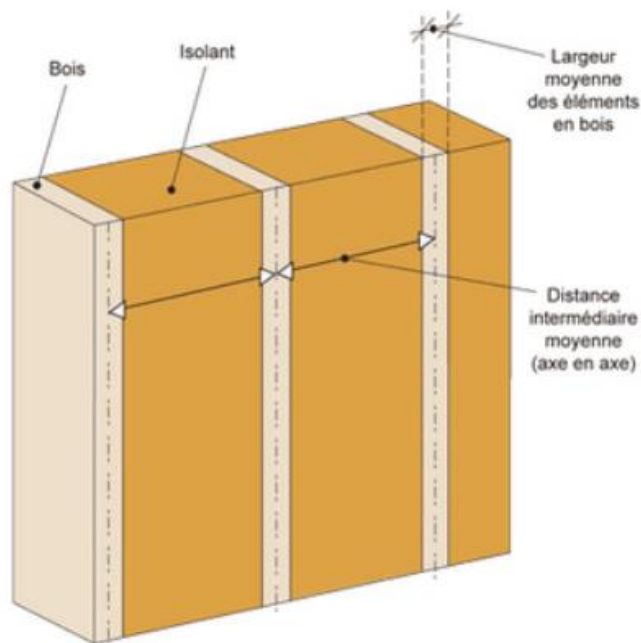


Impact de la structure

► Fraction de bois

$$\text{Fraction bois} = \frac{\text{largeur moyenne des éléments en bois}}{\text{distance intermédiaire moyenne}}$$

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

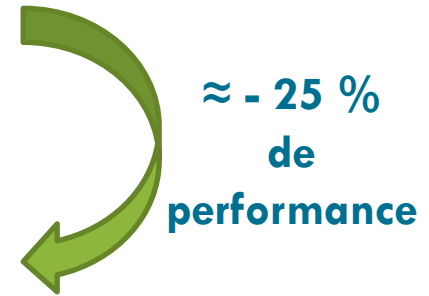


Impact de la structure

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

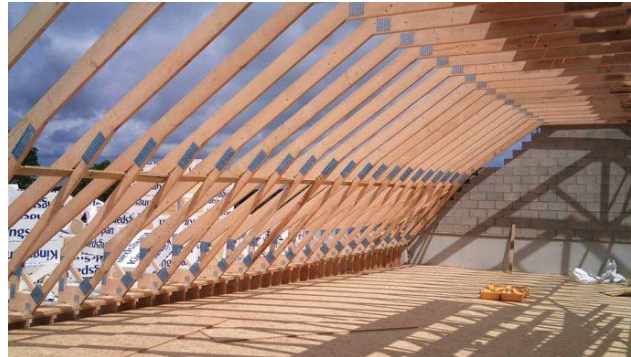
Sans considérer la charpente: $U = 0,13$ W/m²K

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



Impact de la structure

- Fraction de bois
 - Réduire → Amélioration du U [W/m^2K].
- Ordres de grandeur:



Source: Steico

Fraction bois $\approx 15\%$
Ex: $U \approx 0,17 W/m^2K$

Fraction bois $\approx 12\%$
Ex: $U \approx 0,16 W/m^2K$

Fraction bois $\approx 7\%$
Ex: $U \approx 0,14 W/m^2K$



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.

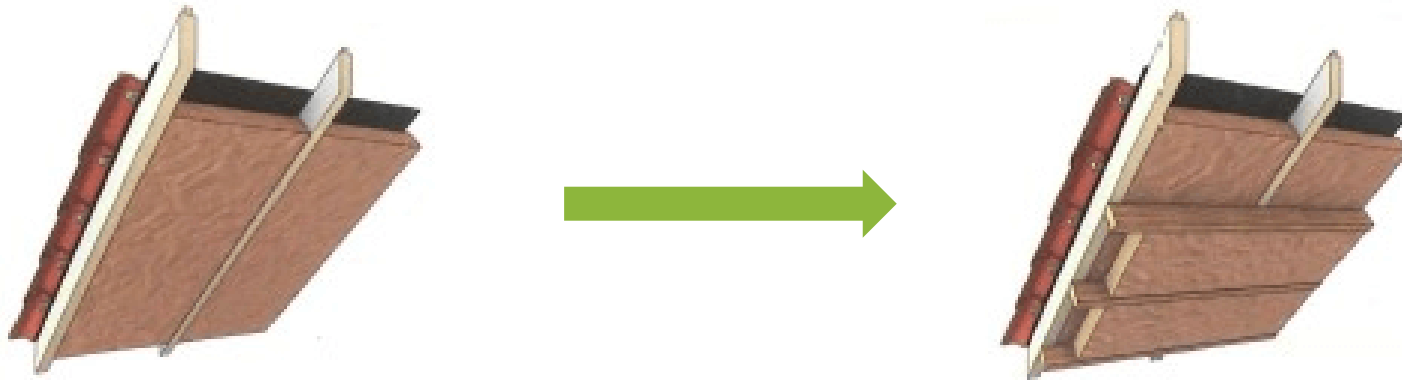


TABLE DES MATIÈRES

PERFORMANCE DE LA PAROI

TOITURE INCLINÉE

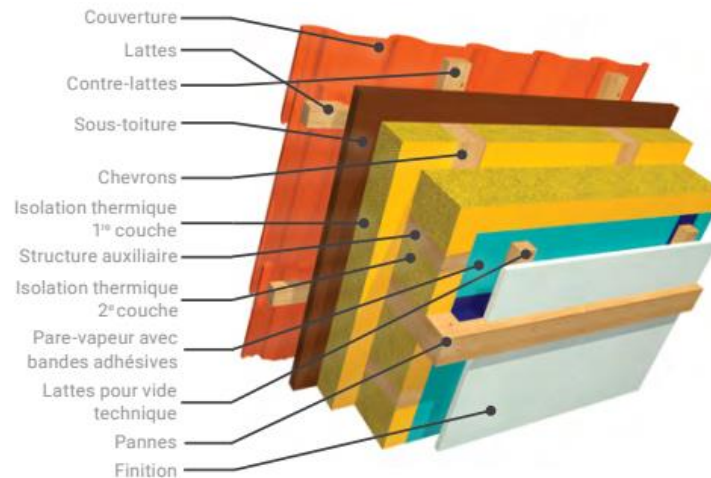
TOITURE PLATE

PLANCHER DES COMBLES



Isolation dans la charpente, par l'intérieur

- Matelas d'isolation souple
 - Principe



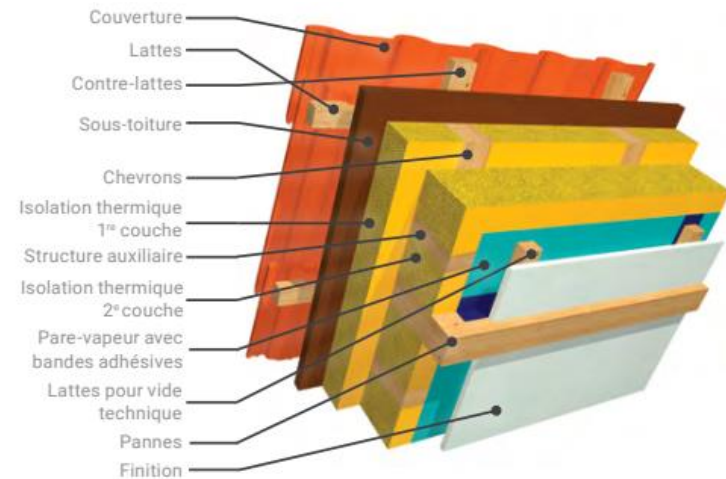
Avantages	Inconvénients
Permet la conservation de la couverture s'il existe une sous-toiture en bon état.	La finition intérieure ne peut être conservée.
Ne modifie pas l'aspect architectural.	Perte de volume intérieur.
Bonnes performances acoustiques si la finition est lourde et désolidarisée.	En cas 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.	

Source: Homegrade



Isolation dans la charpente, par l'intérieur

- Matelas d'isolation souple
 - Matériaux



Source: Homegrade



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
 $\lambda = 0,032-0,035 \text{ W/mK}$

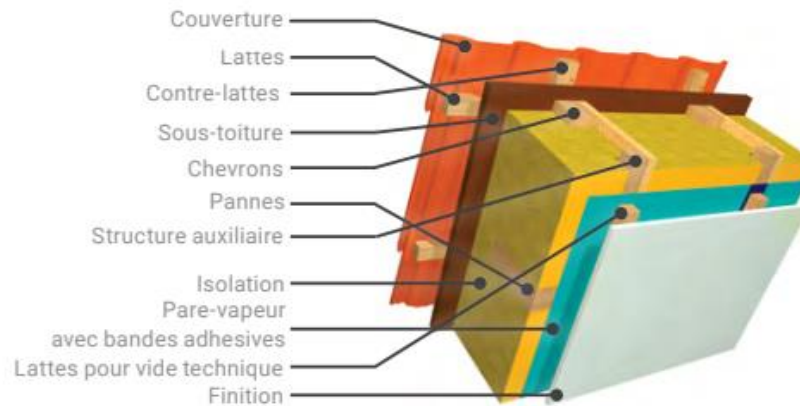


Laine animale
 $\lambda \approx 0,036 \text{ W/mK}$



Isolation dans la charpente

- Isolation insufflée, projetée
 - Principe



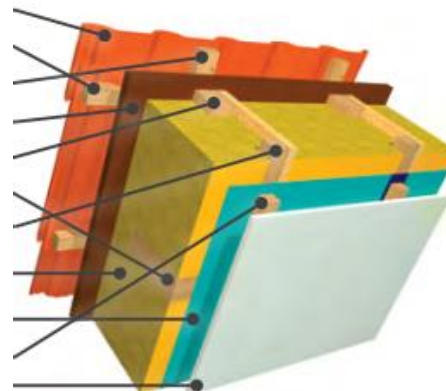
Avantages	Inconvénients
Permet la conservation de la couverture si une sous-toiture rigide est présente.	La finition intérieure ne peut être conservée.
Ne modifie pas l'aspect architectural.	Perte de volume intérieur.
Bonnes performances acoustiques si la finition est lourde et désolidarisée.	En cas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

Source: Homegrade



Isolation dans la charpente

- Isolation insufflée, projetée
 - Matériaux



Source : Homegrade



Fibres de bois en vrac

$\lambda = 0,038 \text{ W/mK}$



Polyuréthane

$\lambda \approx 0,026 \text{ W/mK}$



Cellulose

$\lambda \approx 0,038 \text{ W/mK}$



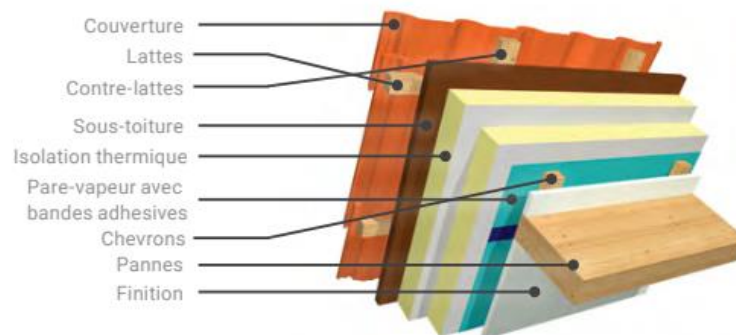
Laine de mouton en vrac

$\lambda = 0,041 \text{ W/mK}$



Isolation par l'extérieur (sarking)

► Principe



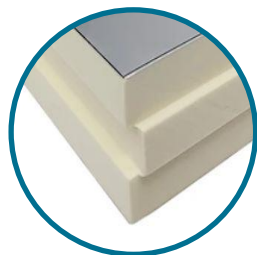
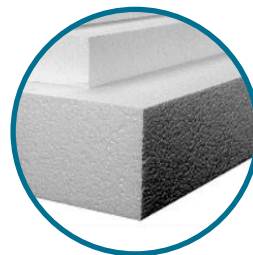
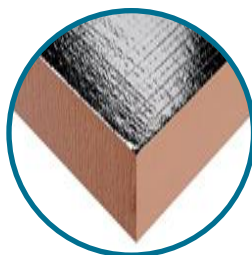
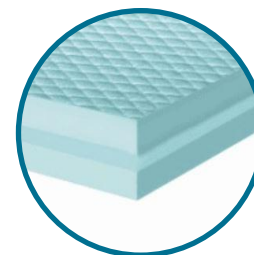
Avantages	Inconvénients
Permet la conservation de la finition intérieure.	Cette technique implique la réfection totale de la toiture.
Pas de perte de volume intérieur.	L'aspect architectural est modifié (rehausse de toiture, hauteur et/ou profondeur des corniches), raccord délicat avec les voisins :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

Source: Homegrade

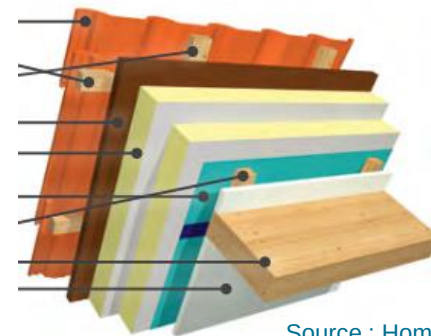


Isolation par l'extérieur (sarking)

- 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** $\lambda = 0,02 \text{ W/mK}$ 

Source: Homegrade

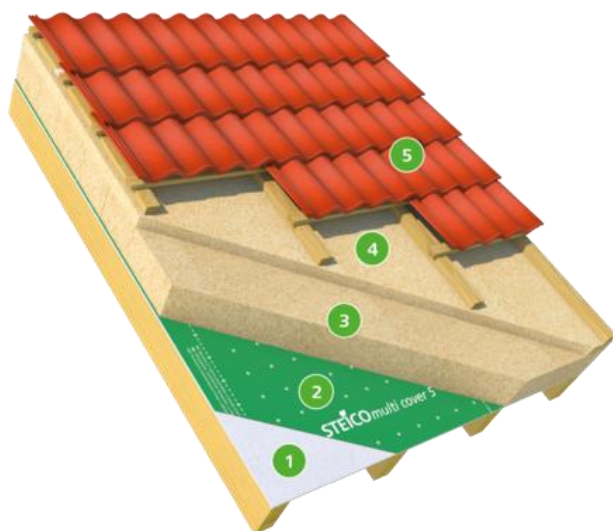


Source : Homegrade



Isolation par l'extérieur (sarking)

- ▶ Matériaux
 - Panneaux rigides – matériaux biosourcés



Fibres de bois

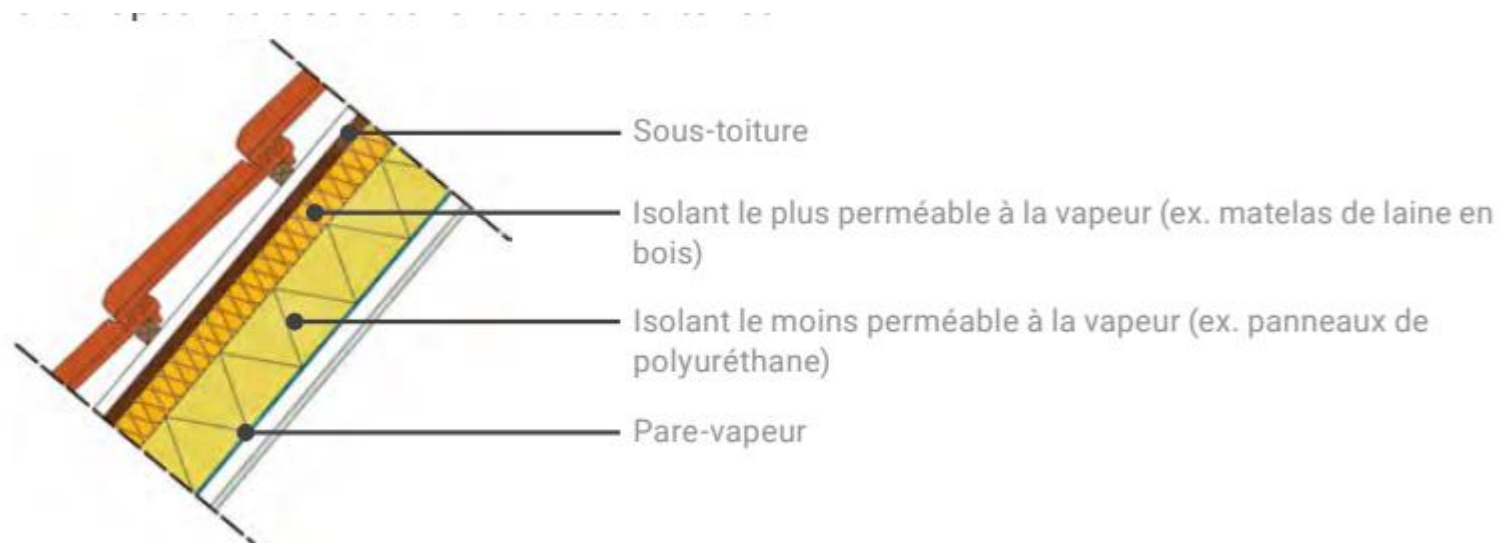
Source: Steico

$\lambda \approx 0,038-0,048 \text{ W/mK}$



Combinaison de différents types d'isolants

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

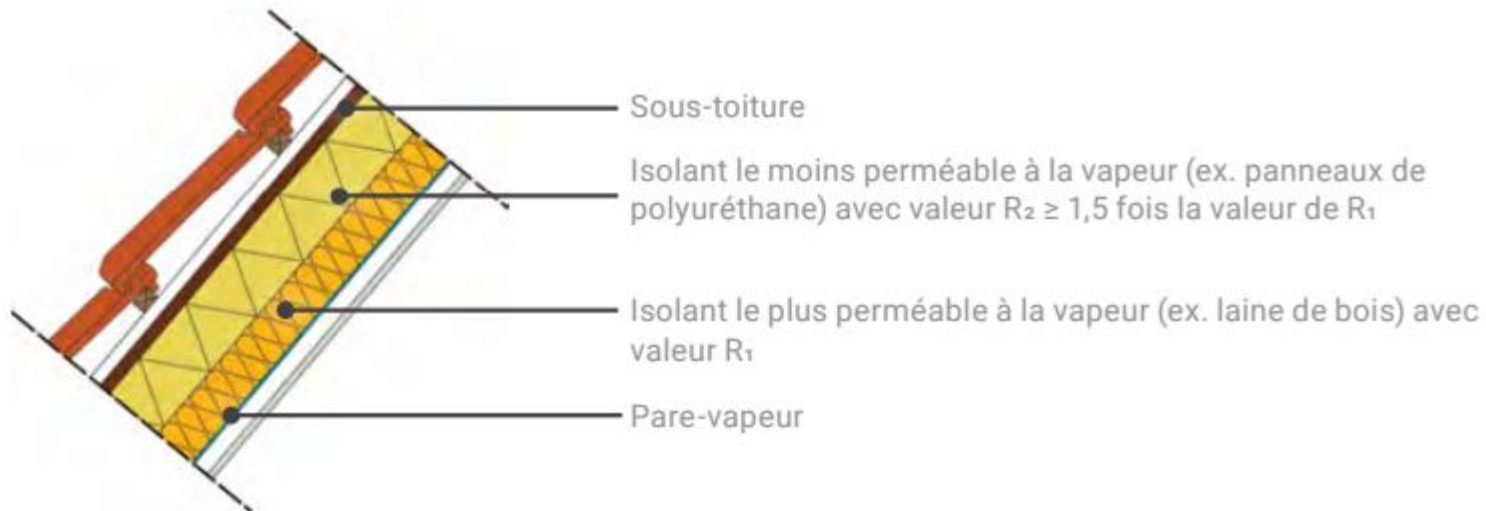


Source: Homegrade



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

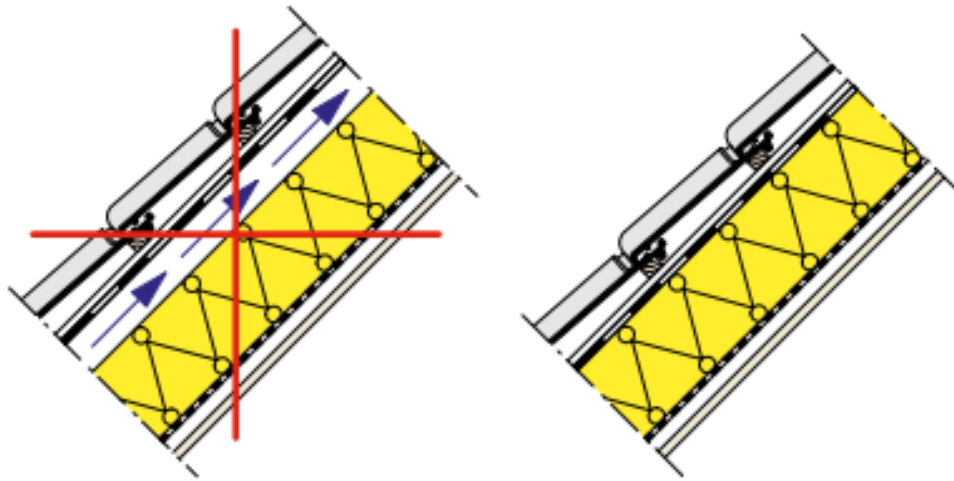


Source: Homegrade



Position de l'isolation dans le complexe de toiture

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

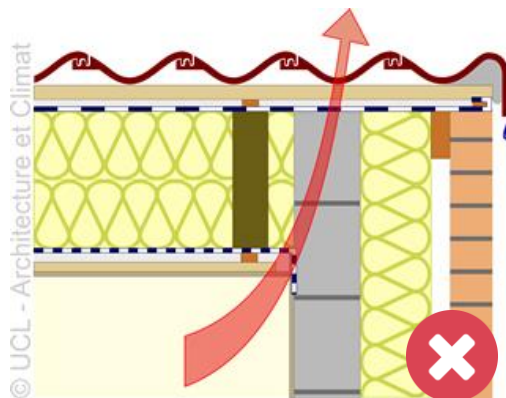


Source: Buildwise

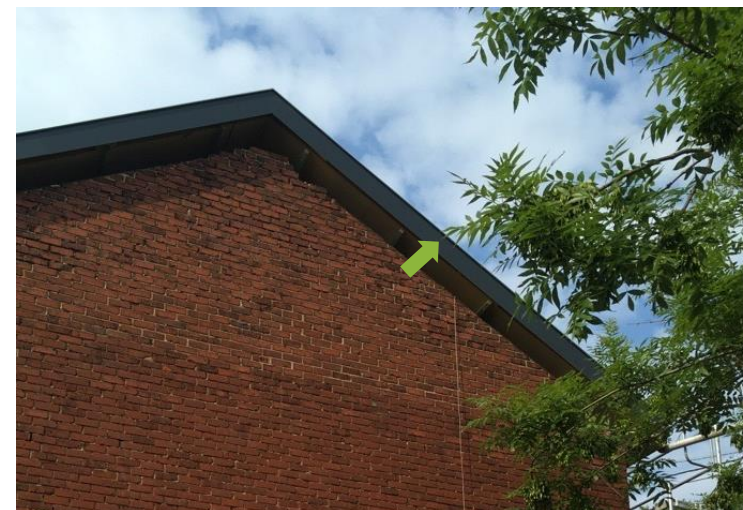
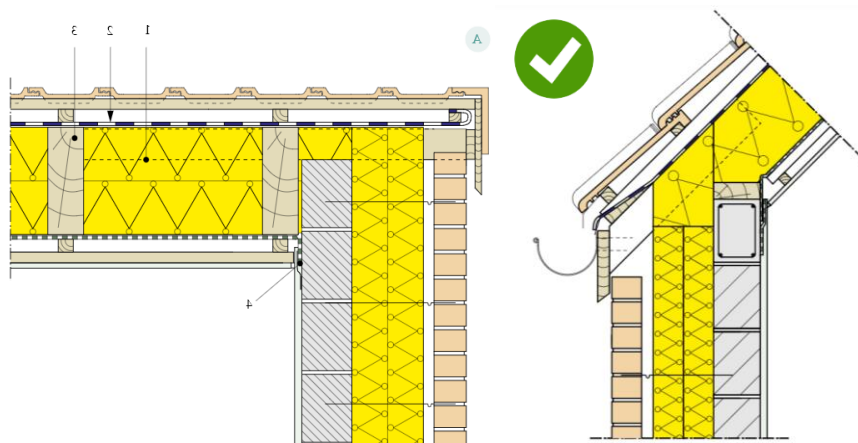


Nœuds constructifs

- Jonction façade-toiture



→ Assurer la continuité de l'isolation

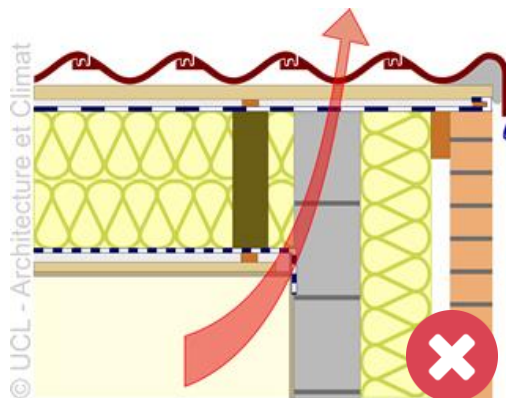


Source: écorce

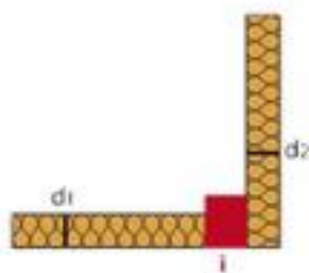


Nœuds constructifs

- Jonction façade-toiture



→ Interposition d'un élément isolant



- $\lambda_i \leq 0,2 \text{ w/mK}$
- $R_i \geq R_{(1,2)} / 2 \text{ OU } 2$
- $d_i \geq d_1 / 2 \text{ ET } \geq d_2 / 2$

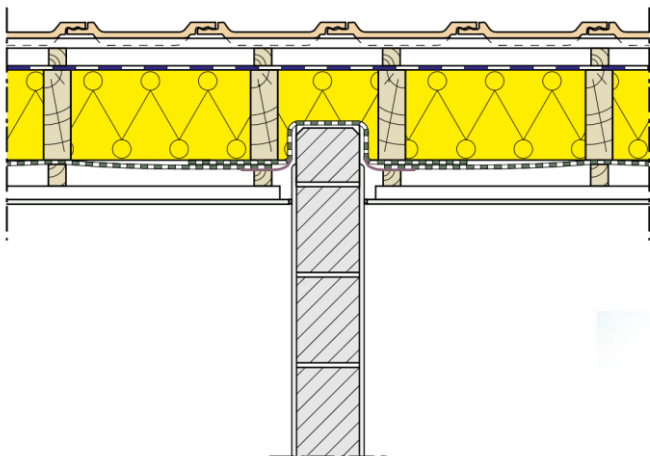


Source: écorce



Nœuds constructifs

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

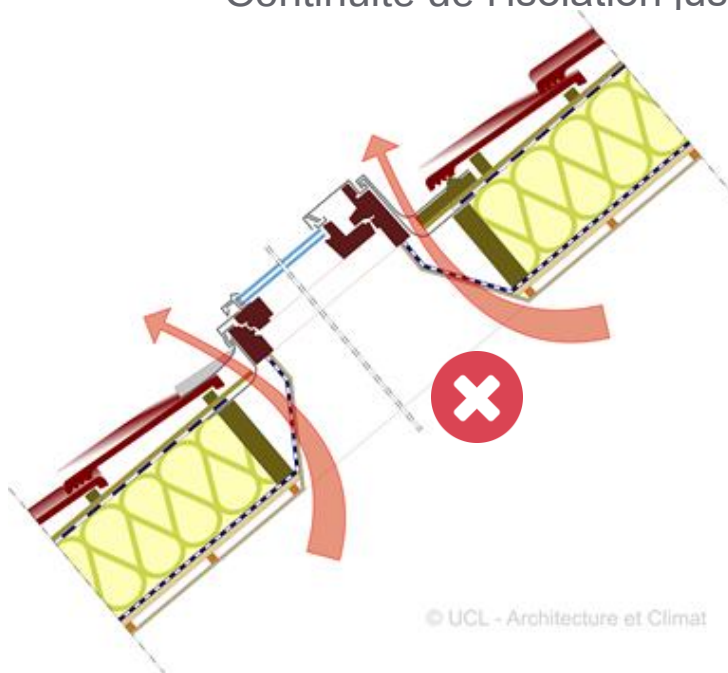


Source: Buildwise



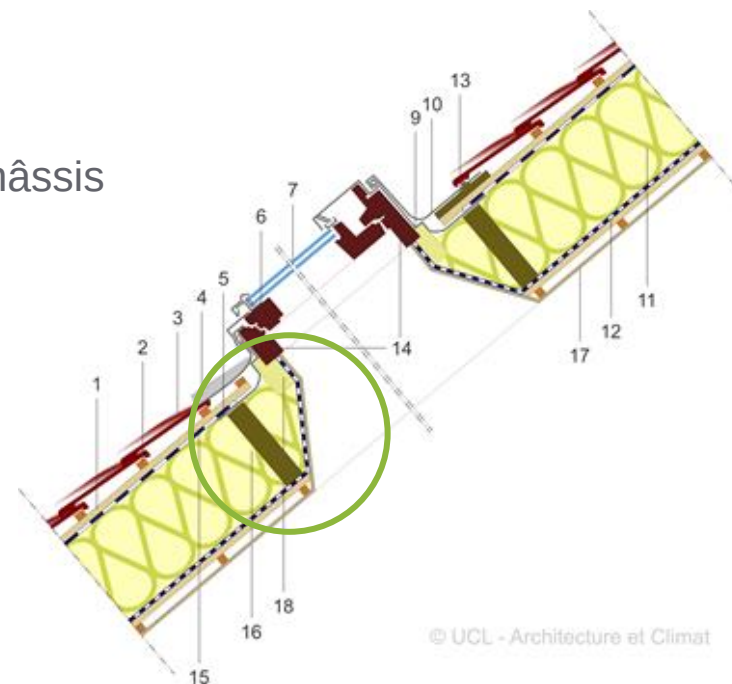
Nœuds constructifs

- Intégration de fenêtres de toit
 - Continuité de l'isolation jusqu'au châssis



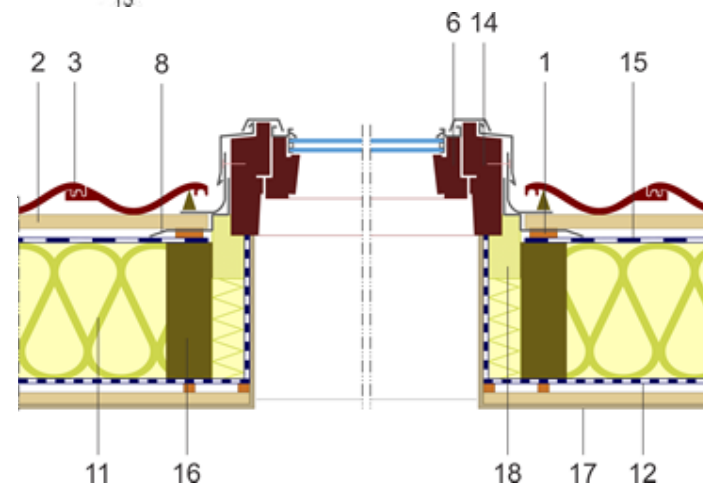
1. Contre latte.
2. latte.
3. Tuiles.
4. Solin au-dessus des tuiles à la base du châssis.
5. Raccord de la sous-toiture au châssis.
6. Partie mobile de la fenêtre.
7. Vitrage isolant.
8. Étanchéité en plomb ou chéneau encastré.
9. Raccord sous-toiture châssis.

© UCL - Architecture et Climat



© UCL - Architecture et Climat

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.

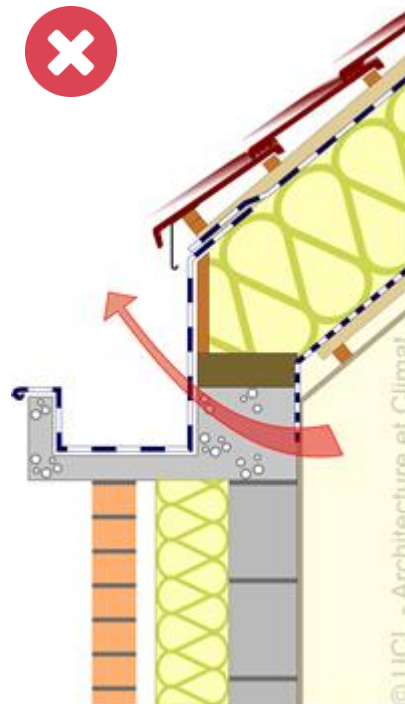


© UCL - Architecture et Climat



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:

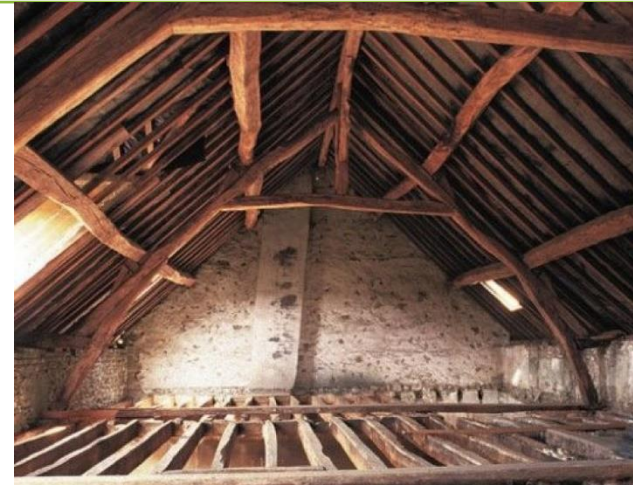
Méthode 1: Isolation « sarking »

Méthode 2= enlever les chevrons
+ placer des éléments autoportants

⇒ **!! 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

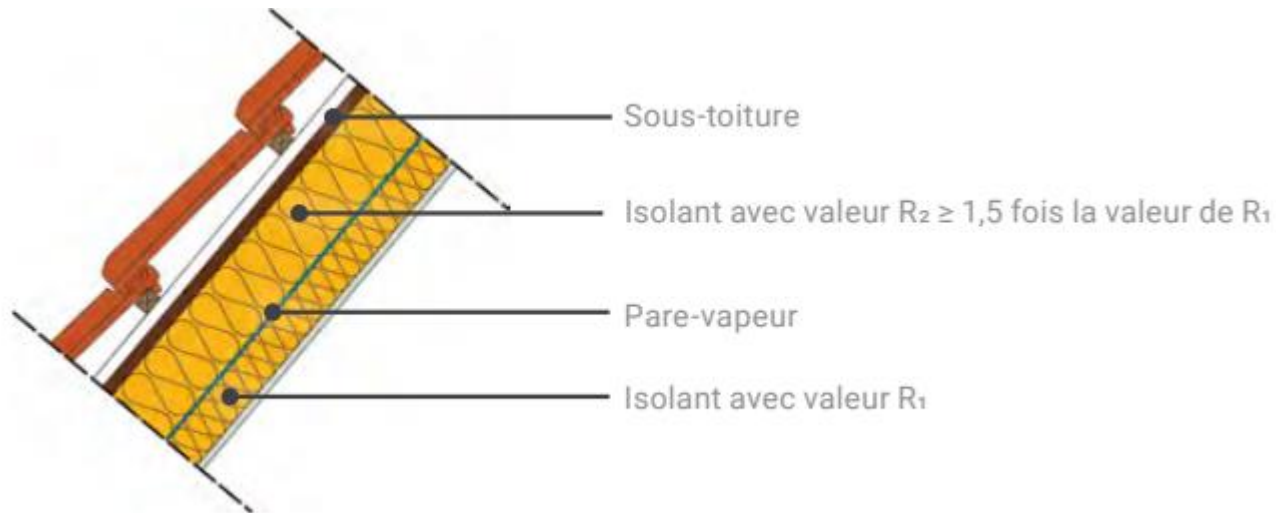


Source: Matgreen



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 local sec



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



TABLE DES MATIÈRES

PERFORMANCE DE LA PAROI

TOITURE INCLINÉE

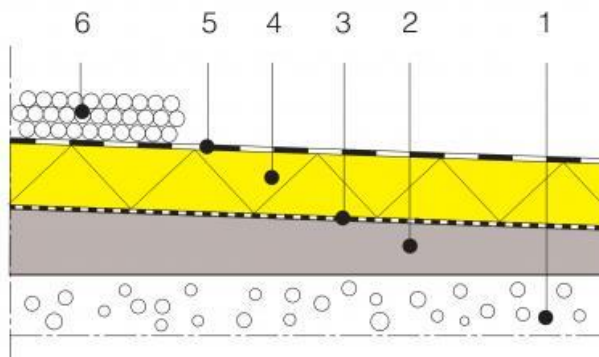
TOITURE PLATE

PLANCHER DES COMBLES

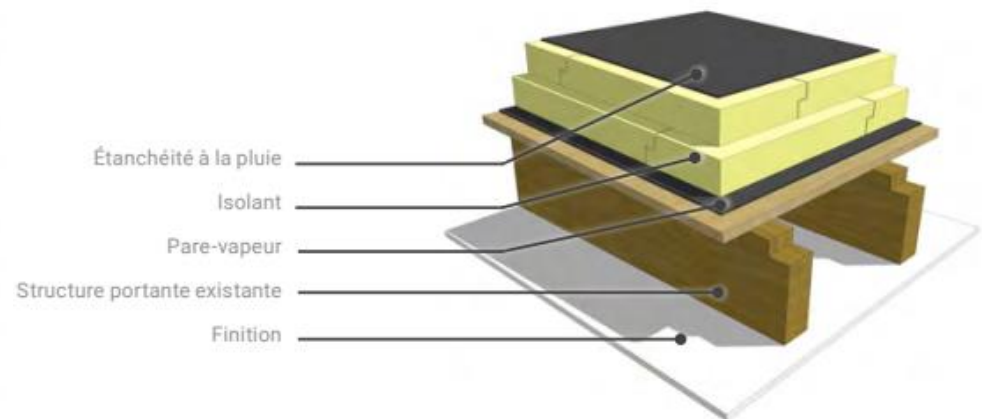


Isolation par l'extérieur

► Toiture chaude



Source : Buildwise



Source : Homegrade

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 litage n'est pas indispensable.

Inconvénients

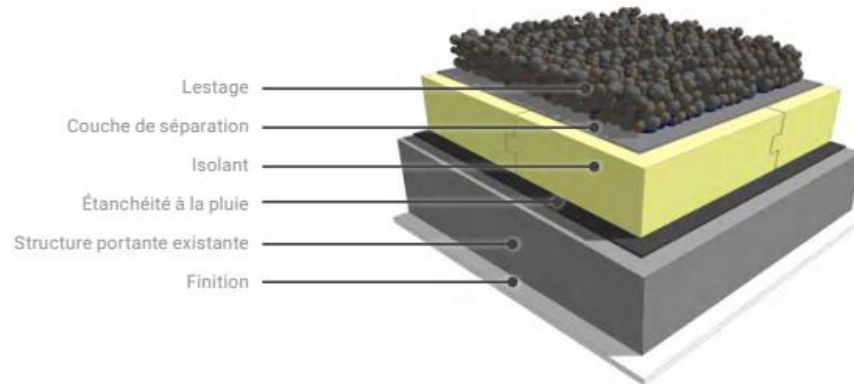
Le niveau fini de la toiture est rehaussé, ce qui nécessite des adaptations des coupoles, seuils de porte et acrotères.
 S'il y a modification de l'aspect architectural, **un permis d'urbanisme est requis**.
 N'améliore pas l'isolation acoustique – l'ajout d'un isolant souple sous le plancher de toiture 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

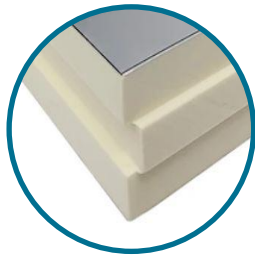
Source: Homegrade



Isolation par l'extérieur

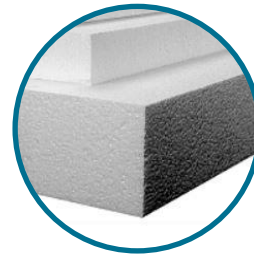
► Matériaux

- Blocs et panneaux rigides – mousses synthétiques



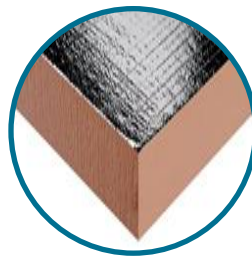
PIR/PUR

$\lambda = 0,022 - 0,028 \text{ W/mK}$



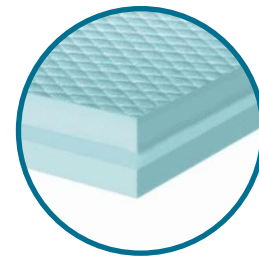
PSE

$\lambda \approx 0,035 \text{ W/mK}$



Mousse résolique/phénolique

$\lambda = 0,02 \text{ W/mK}$



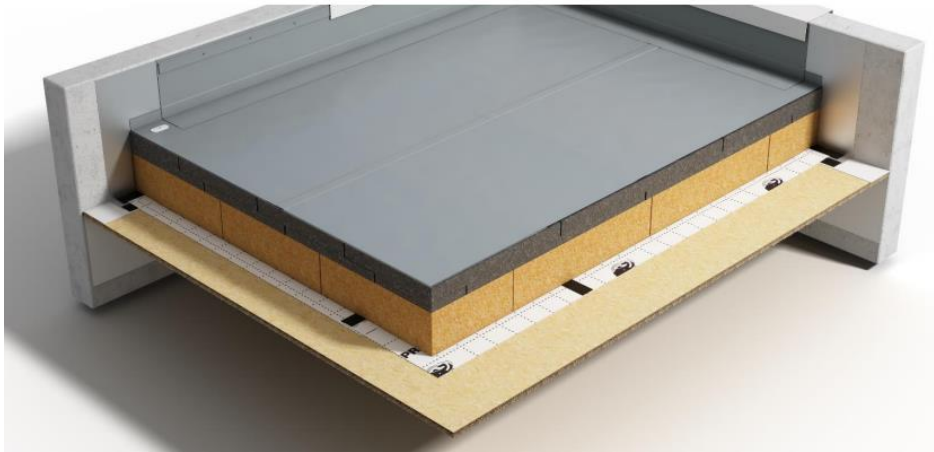
XPS

$\lambda \approx 0,035 \text{ W/mK}$



Isolation par l'extérieur

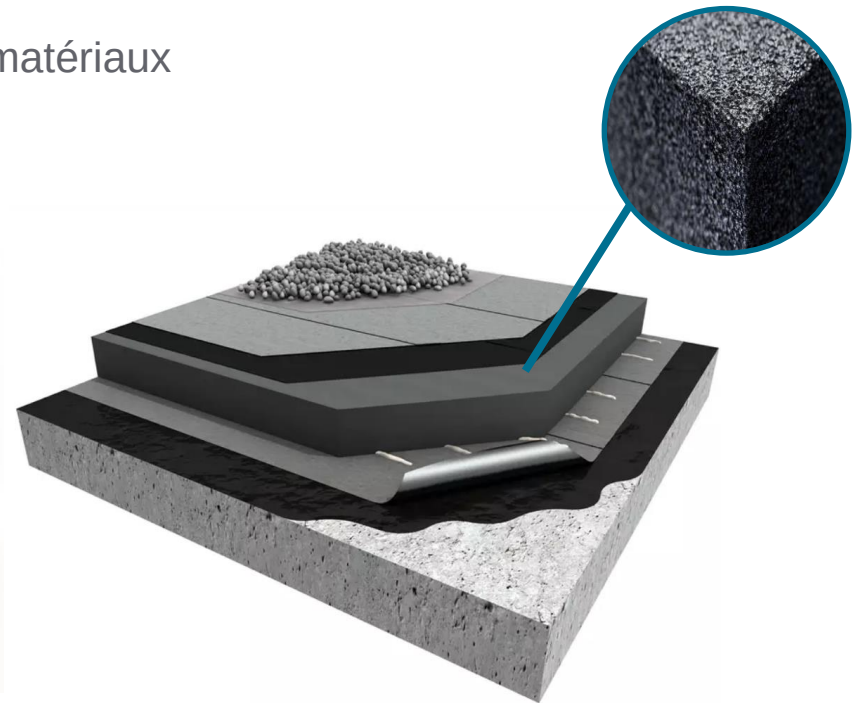
- ▶ Matériaux
 - Blocs et panneaux rigides – autres matériaux



Fibres de bois + Liège expansé

Source: Pavatex

$\lambda = 0,043 / 0,04 \text{ W/mK}$



Verre cellulaire

Source: Soprema/Foamglas

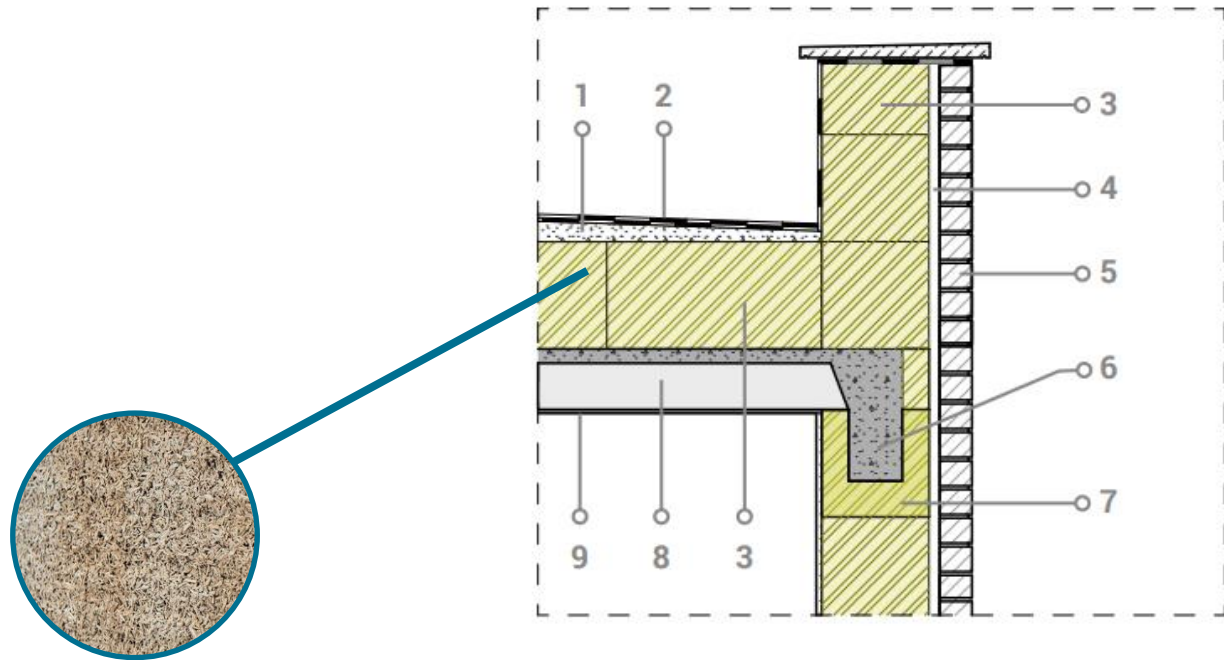
$\lambda = 0,036 \text{ W/mK}$



Isolation par l'extérieur

► Matériaux

- Blocs et panneaux rigides – autres matériaux



Chanvre

Source: IsoHemp

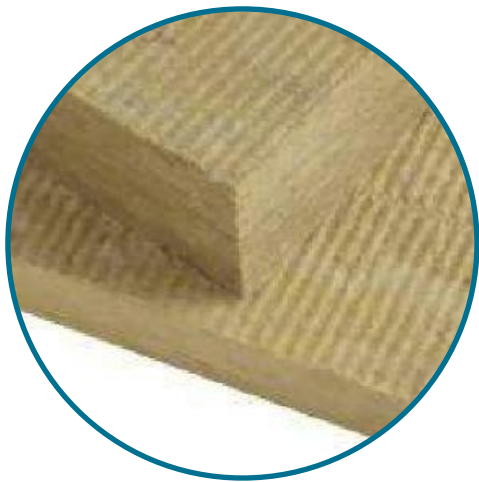
$\lambda = 0,071 \text{ W/mK}$

- | | |
|----------------------|-----------------------|
| 1 Béton de pente | 6 Béton armé |
| 2 Double étanchéité | 7 Bloc U IsoHemp 30cm |
| 3 Bloc IsoHemp 30cm | 8 Structure portante |
| 4 Coulisse | 9 Enduit |
| 5 Brique de parement | |



Isolation par l'extérieur

- ▶ Matériaux
 - Panneaux rigides sous forme de laine



Laine minérale
 $\lambda = 0,038-0,04 \text{ W/mK}$



Laine de bois
 $\lambda \approx 0,04 \text{ W/mK}$

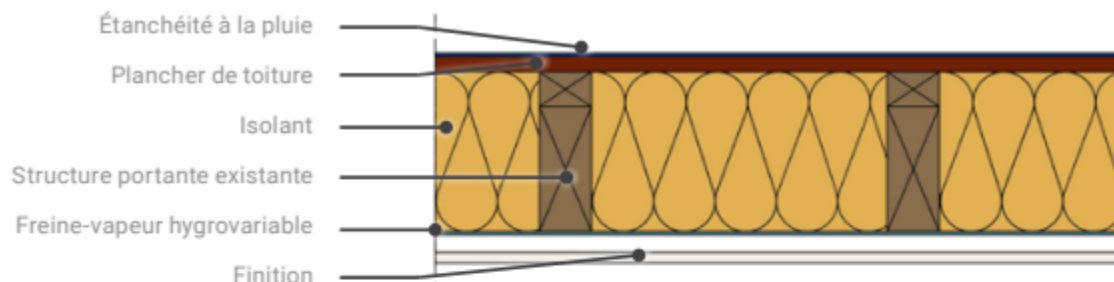


Isolation dans la charpente

- Toiture compacte



Diffusion de vapeur d'eau



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.

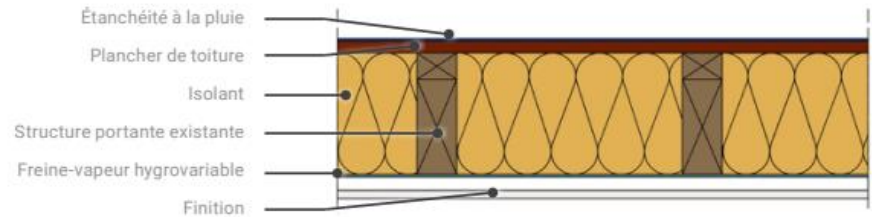
Source: Homegrade



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
 $\lambda = 0,041 \text{ W/mK}$



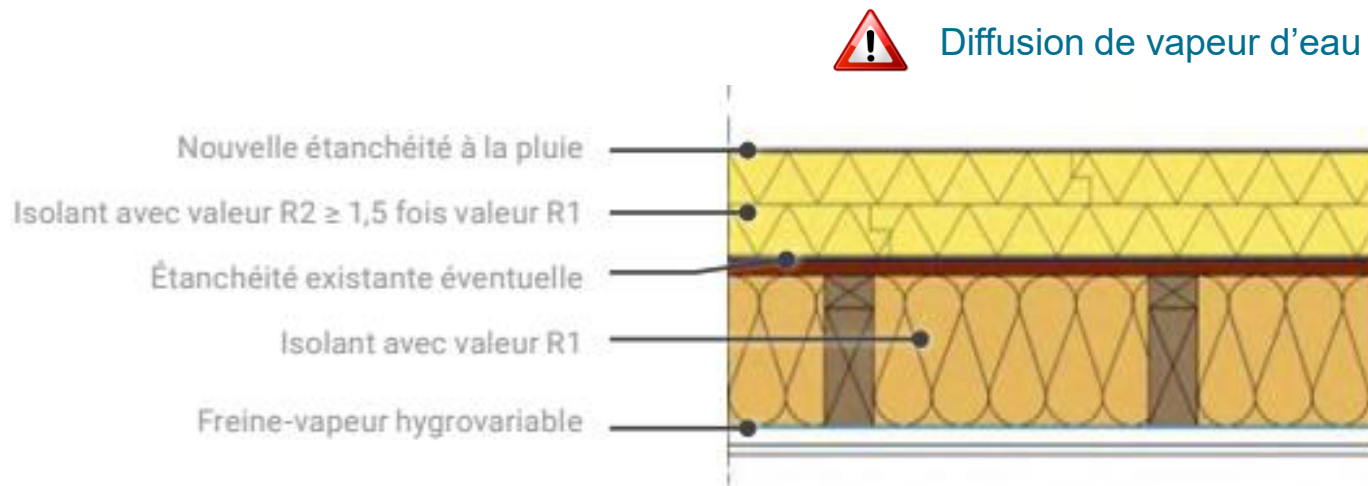
Isolation sur et dans la charpente

- Toiture mixte

- Compromis entre toiture chaude et compacte



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



Source: Homegrade



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.

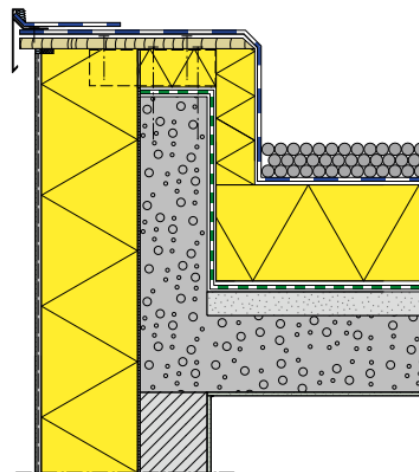
⇒ **Ancrer solidement l'acrotère**

⇒ **Et/ou bande souple de désolidarisation périphérique**

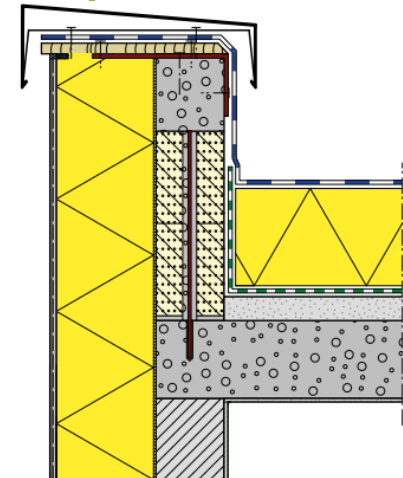


Pour en savoir plus:

CSTC Contact mars-avril 22



2 Acrotère en béton solidaire au support.

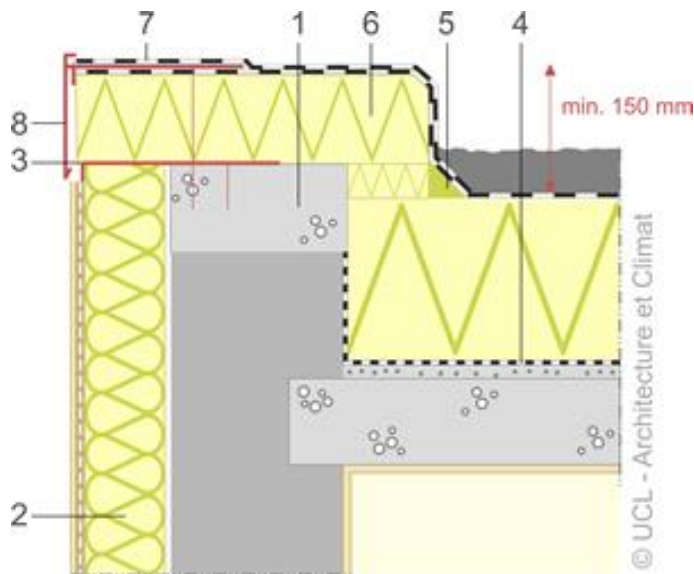


3 Acrotère en béton cellulaire ancré mécaniquement au support.

Nœuds constructifs – en rénovation

- Acrotère existante conservée

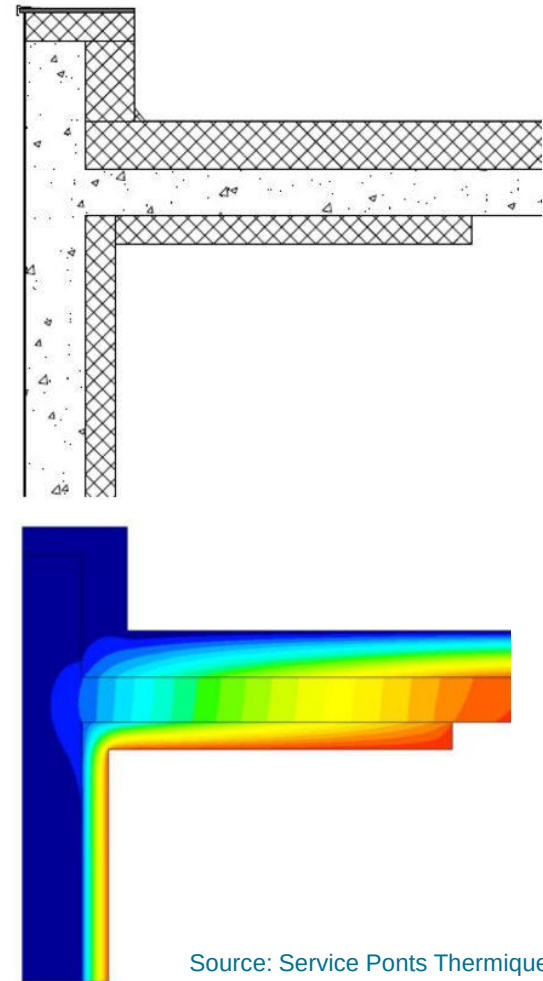
Contourner l'acrotère
(+ éventuellement la rehausser)



Source: Energie +



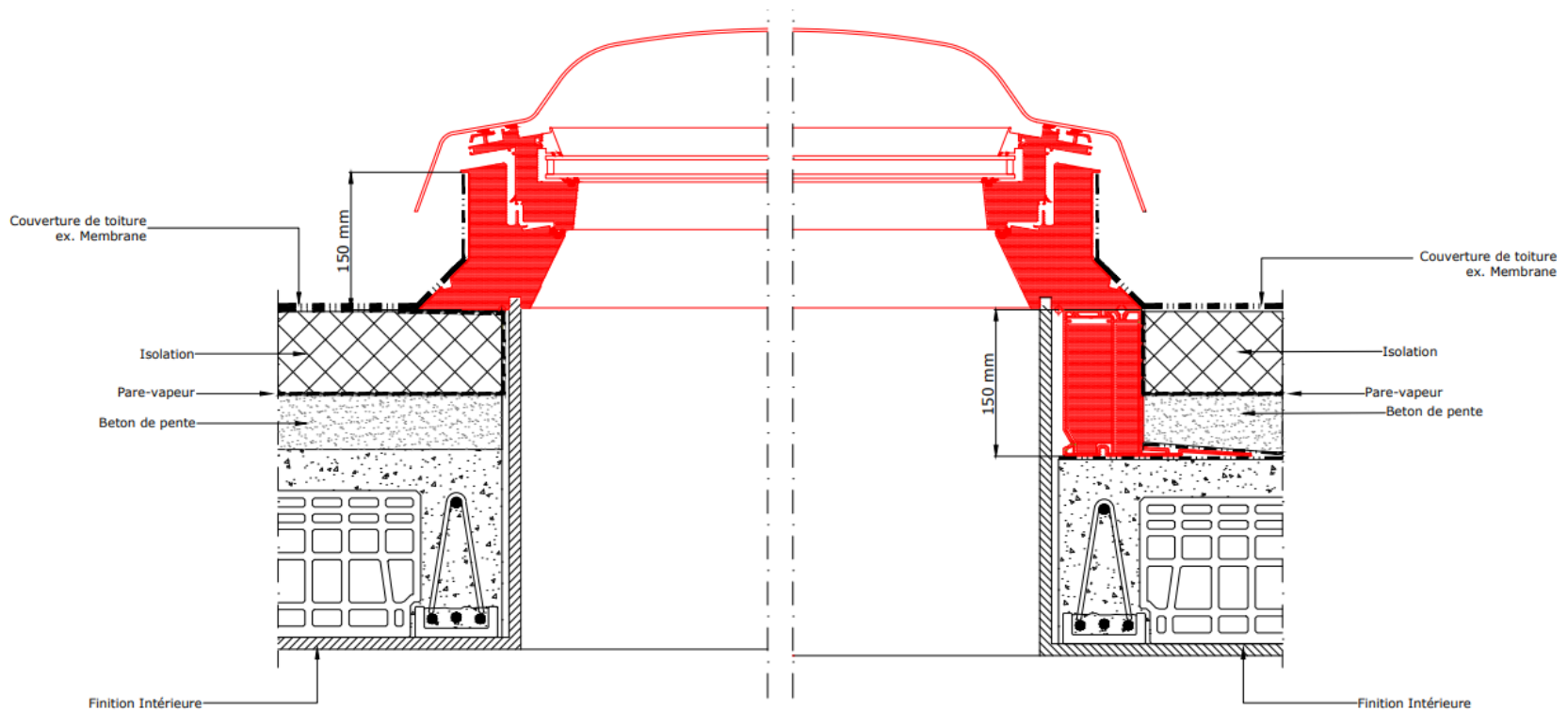
Chemin de moindre résistance $\geq 1m$



Source: Service Ponts Thermiques

Nœuds constructifs

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



Source: Velux



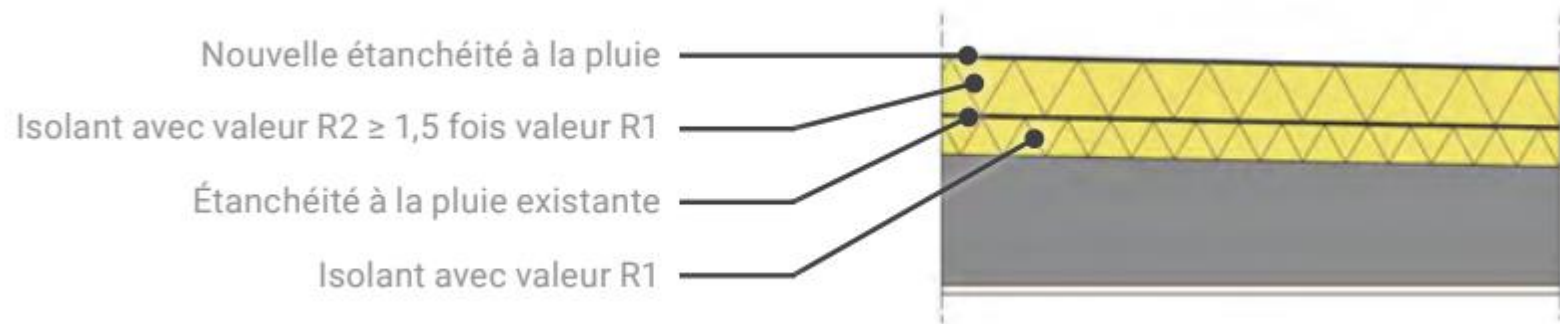
En rénovation: renforcer l'isolation existante d'une toiture plate

- 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**



Source: Homegrade



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

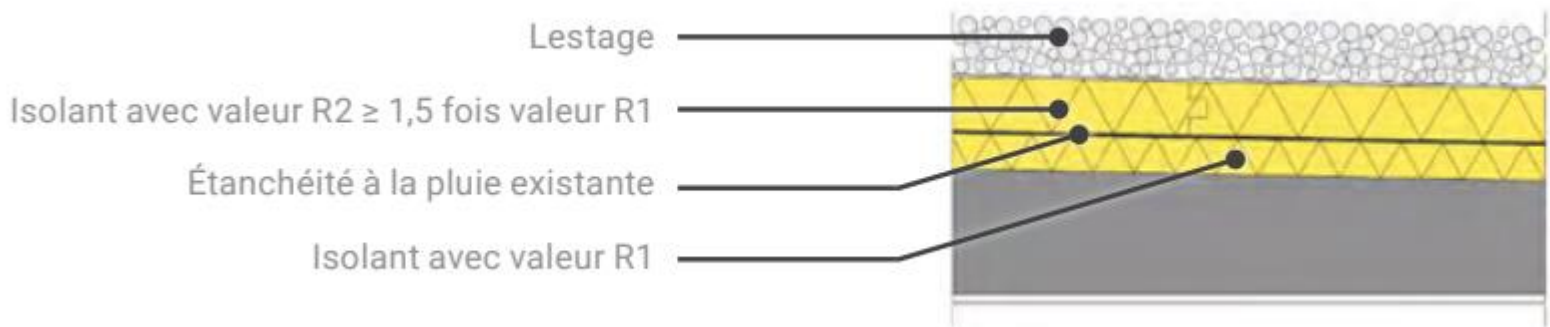
- Toiture chaude existante – option 2
 - Structure en béton
 - Présence d'un pare-vapeur?

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 »**



Source: Homegrade

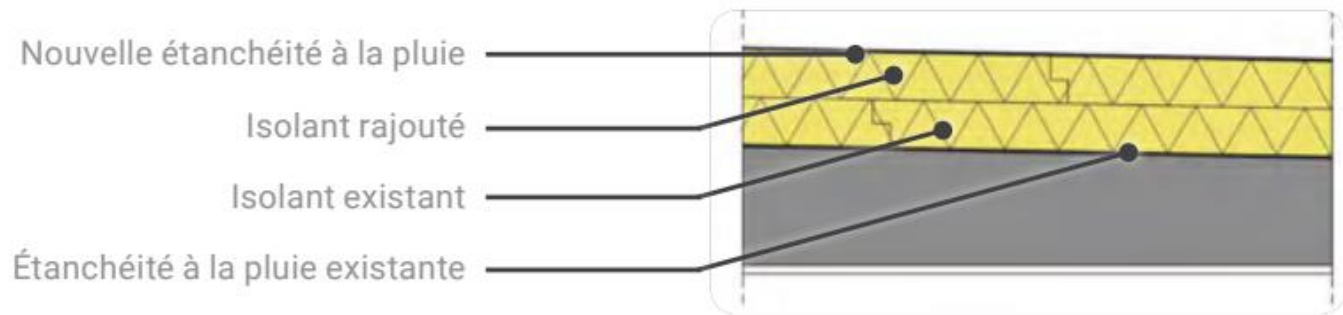


En rénovation: renforcer l'isolation existante d'une toiture plate

- ▶ 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**

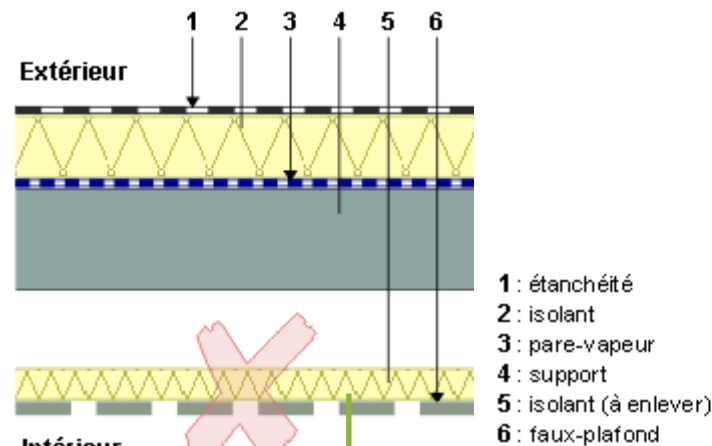


Source: Homegrade



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



Source: Energie +

Quid si nécessité d'absorption acoustique?
Voir chapitre dédié au sujet



TABLE DES MATIÈRES

PERFORMANCE DE LA PAROI

TOITURE INCLINÉE

TOITURE PLATE

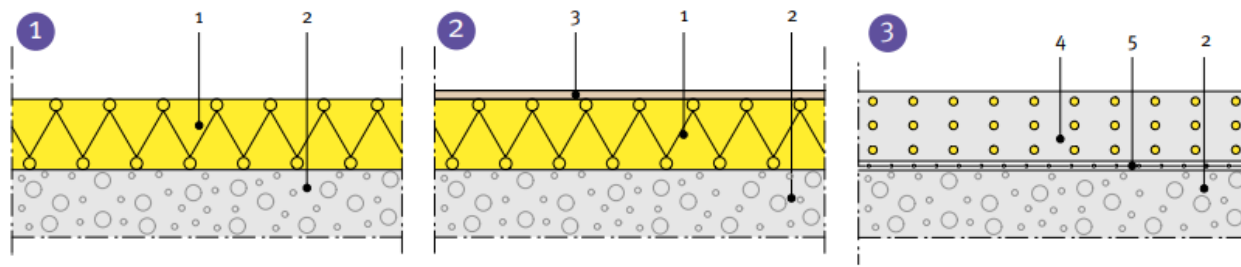
PLANCHER DES COMBLES



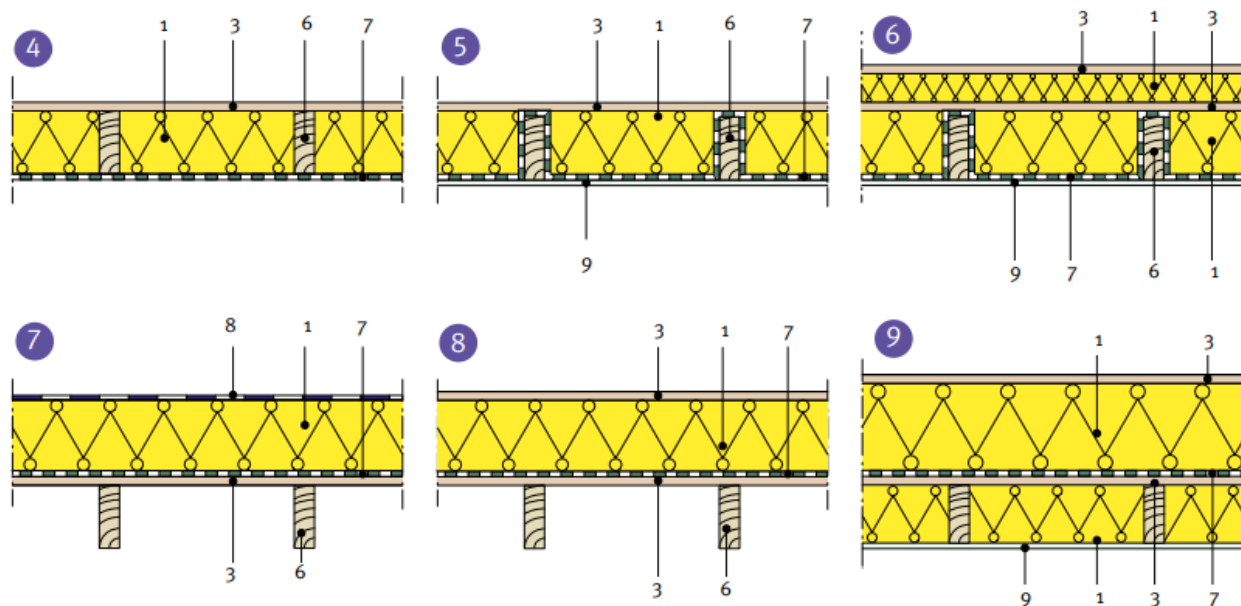
Modes d'isolation

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

PLANCHERS MASSIFS EN BÉTON



PLANCHERS LÉGERS EN BOIS



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 | [Choix durable des matériaux d'isolation thermique](#)

Dispositif | [Isolation du plancher des combles](#)

Dispositif | [Isolation d'une toiture inclinée par l'extérieur](#)

Dispositif | [Isolation d'une toiture plate](#)

Dispositif | [Isolation par l'intérieur des toitures inclinées](#)



Sites internet

- ▶ Homegrade | [Toiture inclinée – Rénovation et isolation](#)
- ▶ Homegrade | [Toiture plate – Rénovation et isolation](#)



Ouvrages

- ▶ Buildwise, NIT 251 – 2014: Isolation des toitures à versants
- ▶ Buildwise, NIT 280 – 2022: La toiture plate
- ▶ Buildwise, NIT 239 – 2010: Fixation mécanique des isolants et étanchéités sur tôles d'acier profilées.



Julie RENAUX

Ingénieur projet
écorce sa

☎ + 32 4 226 91 60

✉ info@ecorce.be



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

