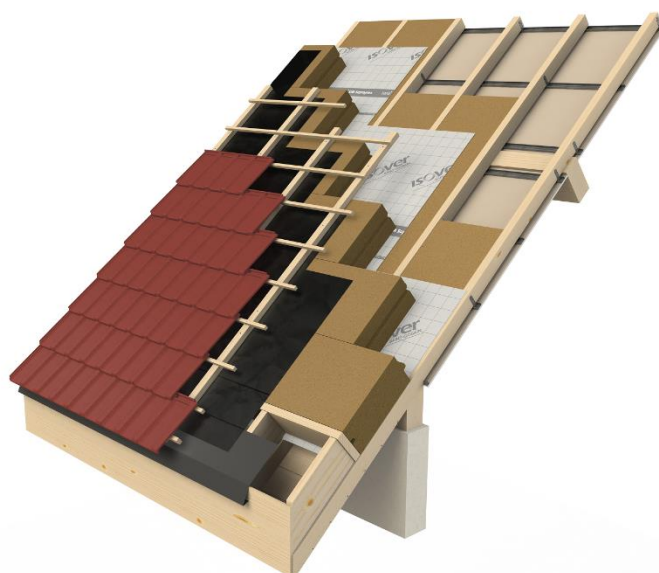


SARKING ISONAT MULTISOL

Isolant thermique support de couverture
en fibre de bois pour climat de plaine



Le présent Cahier de Prescriptions de Pose, version du 07 Juillet 2022, établi par la société **SAINT GOBAIN ISOVER**, et comportant 48 pages, a été examiné par BUREAU ALPES CONTROLES dans le cadre de l'Enquête de Technique Nouvelle référencée **A27T210Q indice 0**. Dans le cadre de cette évaluation, BUREAU ALPES CONTROLES a émis un rapport d'Enquête de Technique Nouvelle indiquant son Avis sur le procédé. La signature de BUREAU ALPES CONTROLES indique l'examen du présent document qui ne peut être communiqué qu'avec l'intégralité du Rapport d'Enquête.

ALPES
CONTRÔLES

VALIDITÉ

DU 08 JUILLET 2022

AU 07 JUILLET 2025

SOMMAIRE

1. GENERALITES	4
1.1. OBJET	4
1.2. DOMAINE D'EMPLOI.....	4
1.3. DESCRIPTION SUCCINCTE ET CONFIGURATIONS VISEES	5
2. MATERIAUX.....	7
2.1. PANNEAUX ISOLANTS THERMIQUES EN FIBRE DE BOIS	7
2.2. ISOLANTS THERMIQUES COMPLEMENTAIRES EN LAINE DE VERRE	8
2.3. PLATELAGE	8
2.4. CONTRE-LATTES	9
2.5. VIS DE FIXATION DES CONTRE-LATTES.....	9
2.6. PLAQUE DE PLATRE EN PAREMENT INTERIEUR	10
2.7. MEMBRANE DE GESTION DE LA VAPEUR D'EAU ET D'ETANCHEITE A L'AIR	10
2.8. ACCESSOIRES D'ETANCHEITE DU DUOPROTECT ET DES MEMBRANES	11
2.9. ECRAN SOUPLE DE SOUS-TOITURE HPV	11
2.10. ELEMENTS DE COUVERTURE	11
3. MISE EN ŒUVRE EN PARTIE COURANTE	12
3.1. PRECAUTION PREALABLES A LA MISE EN ŒUVRE	12
3.2. MISE EN ŒUVRE EVENTUELLE D'UNE ISOLATION COMPLEMENTAIRE ENTRE CHEVRONS	12
3.3. POSE DU PLATELAGE EVENTUEL.....	13
3.4. POSE D'UN ECRAN THERMIQUE DE PROTECTION INCENDIE.....	13
3.5. MISE EN ŒUVRE DU PARE-VAPEUR.....	14
3.5.1. <i>Mise en œuvre sur les chevrons ou sur le platelage.....</i>	<i>14</i>
3.5.2. <i>Mise en œuvre sous les chevrons (cas de la réfection uniquement)</i>	<i>15</i>
3.6. POSE DE L'ISOLANT MULTISOL 140 OU MULTISOL 110.....	16
3.6.1. <i>Cas d'une pose sur platelage</i>	<i>16</i>
3.6.2. <i>Cas d'une pose sur chevron, sans platelage (avec isolation entre chevrons).....</i>	<i>17</i>
3.7. POSE DE L'ECRAN DE SOUS TOITURE.....	18
3.7.1. <i>Cas de l'écran rigide Duoprotect.....</i>	<i>18</i>
3.7.2. <i>Cas d'un écran souple HPV.....</i>	<i>19</i>
3.8. POSE ET FIXATION DES CONTRE-LATTES	20
3.9. POSE DE LA COUVERTURE	21
4. TRAITEMENT DES POINTS SINGULIERS.....	22
4.1. LES BORDS DE LA TOITURE ET CHANGEMENTS DE PENTE	22
4.1.1. <i>Egout et rive.....</i>	<i>22</i>
4.1.2. <i>Les changements de pente : noue et faitage</i>	<i>23</i>
4.2. LES TRAVERSEES DE TOITURE	24
4.2.1. <i>Mise en place d'un déflecteur en amont des traversées.....</i>	<i>24</i>
4.2.2. <i>Fenêtre de toit.....</i>	<i>25</i>
4.2.3. <i>Sortie de ventilation.....</i>	<i>26</i>
4.2.4. <i>Conduit de cheminée.....</i>	<i>27</i>
5. DIMENSIONNEMENT DES ENTRAXES ENTRE VIS.....	29
5.1. CALCUL DES CHARGES SUR LA TOITURE	29
5.2. DIMENSIONNEMENT DE LA DENSITE DE VISSAGE AVEC LA VIS STARKING DE LR ETANCO	30
5.2.1. <i>Calcul de dimensionnement</i>	<i>30</i>
5.2.2. <i>Abaque simplifié de densité de fixation des vis.....</i>	<i>31</i>
5.3. DIMENSIONNEMENT DE LA DENSITE DE VISSAGE DE LA TWIN UD DE SFS	32
5.3.1. <i>Calcul de dimensionnement</i>	<i>32</i>

5.3.2.	<i>Abaque simplifié de densité de fixation des vis</i>	34
5.4.	DIMENSIONNEMENT DE LA DENSITE DE VISSAGE DE LA ASSY® 4 ISOTOP DE WURTH	35
5.4.1.	<i>Calcul de dimensionnement</i>	35
5.4.2.	<i>Abaque simplifié de densité de fixation des vis</i>	37
6.	FABRICATION, CONTROLES ET ASSURANCE QUALITE	39
6.1.	PANNEAUX ISOLANTS THERMIQUES EN FIBRE DE BOIS	39
6.2.	VIS DE FIXATION DES CONTRE-LATTES.....	40
6.2.1.	<i>Vis Assy® 4 Isotop de Würth France</i>	40
6.2.2.	<i>Vis Starking de LR ETANCO</i>	40
6.2.3.	<i>Vis Twin UD de SFS</i>	41
7.	PERFORMANCES THERMIQUES, RESULTATS EXPERIMENTAUX ET REFERENCES	42
7.1.	PERFORMANCES THERMIQUES.....	42
7.2.	RESULTATS EXPERIMENTAUX	43
7.3.	REFERENCES	43
8.	ANNEXES	44
8.1.	FICHES D'AUTO CONTROLE DU PROCEDE SARKING MULTISOL ISONAT.....	44
8.2.	DETAILS DE MISE EN ŒUVRE COMPLEMENTAIRE	45
8.2.1.	<i>Coupes latérales des configurations visées</i>	45
8.3.	CARACTERISTIQUES ET PERFORMANCES DES MATERIAUX VISES	46
8.3.1.	<i>Isolants thermiques en fibre de bois</i>	46
8.3.2.	<i>Isolants thermiques en laine de verre</i>	47
8.3.3.	<i>Vis de fixation des contre-lattes</i>	48
8.3.4.	<i>Membranes de gestion de vapeur d'eau et d'étanchéité à l'air</i>	48
8.3.5.	<i>Adhésion sur Duoprotect</i>	48

1. Généralités

1.1. Objet

Ce cahier de prescription de pose décrit la mise en œuvre des isolants de la gamme Multisol de la marque ISONAT comme support de couverture (procédé de type Sarking), soit posé sur un platelage ou directement sur chevrons, avec un écran rigide Duoprotect de la marque ISONAT ou souple HPV de sous-toiture.

1.2. Domaine d'emploi

Les structures et ouvrages concernés doivent respecter tous les critères suivants :

- Le bâtiment est neuf ou en réhabilitation et fait partie d'une des catégories suivantes :
 - o Bâtiment d'habitation, ou
 - o Etablissement recevant du public (ERP), ou
 - o Etablissement recevant des travailleurs (ERT) et régis par le code du travailNe sont pas visés dans le présent domaine d'emploi les bâtiments industriels, agricoles ou agroalimentaires.
- Le bâtiment est situé en France Européenne en climat de plaine (altitude inférieure à 900 m), zones très froides (au sens du DTU 45.10) inférieures à 900 m incluses.
- Les locaux sont :
 - o à faible ou moyenne hygrométrie ($W/n \leq 5 \text{ g/m}^3$), et
 - o non climatisés.
- La couverture est :
 - o en petits éléments conformes aux DTU de la série 40.1 ou 40.2, ou
 - o en feuilles métalliques supportées conformes aux DTU de la série 40.4.Les toitures froides ou chaudes, au sens du DTU 43.4, ne sont pas visées.
- La charpente :
 - o est conforme, au DTU 31.1 charpentes traditionnelles en bois (Nota : sur étude spécifique, des charpentes fermettes industrialisées conformes au DTU 31.3 peuvent être envisagées), et
 - o a un entraxe entre chevrons ou fermettes inférieur ou égal à 600 mm, et
 - o a des chevrons de largeur minimale 60 mm et de hauteur minimale 75 mm, en vérifiant les distances au bord en fonction de la vis utilisée, et
 - o est dimensionnée en fonction du type de couverture et des différentes charges (climatiques, de couverture, d'isolation et de parement), tant leur intensité que leur position, sans contribution de l'isolant à la reprise de sollicitations.
- Concernant le platelage et/ou la plaque de plâtre :
 - o Le platelage porteur éventuel de l'isolant est en bois massif ou panneaux à base de bois, et
 - o Le plafond suspendu éventuellement associé (non porteur de l'isolant Multisol mais éventuellement porteur d'un isolant Flex ou Isoconfort entre chevrons) est de type plaque de plâtre conforme à la norme NF EN 520 et au DTU 25.41, ou en lambris, et
 - o Le platelage ou le plafond suspendu forme un écran thermique protégeant l'isolant d'un feu intérieur :
 - pendant 15 min pour les bâtiment d'habitation, conformément à l'arrêté du 31 janvier 1986, et pour les ERT, conformément à l'arrêté du 5 août 1992, ou
 - pendant 30 min pour les ERP, conformément à l'arrêté du 25 juin 1980.Des exemples d'écrans thermiques conformes sont donnés en Figure 5.

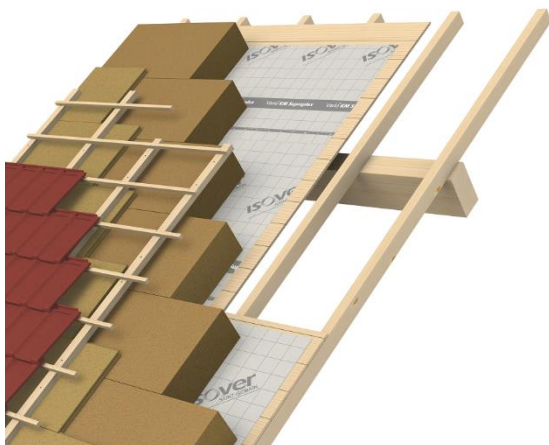
- L'isolation thermique mise en œuvre doit respecter la réglementation thermique en vigueur pour le type de bâtiment considéré :
 - o Les bâtiments neufs doivent respecter la RE 2020.
 - o Les bâtiments en rénovation doivent respecter l'arrêté du 22 mars 2017 (modifiant l'arrêté du 3 mai 2007). En particulier, pour les toitures de pentes $\leq 60^\circ$, une résistance thermique minimale de 4 à 4.4 $m^2.K/W$ doit être installée suivant les cas.

L'épaisseur maximale d'isolation posée au-dessus des chevrons ne pourra pas dépasser l'épaisseur maximale spécifiée en Figure 6 suivant la vis choisie, sans dépasser dans tous les cas 320 mm. Un complément d'isolation entre chevrons est possible.

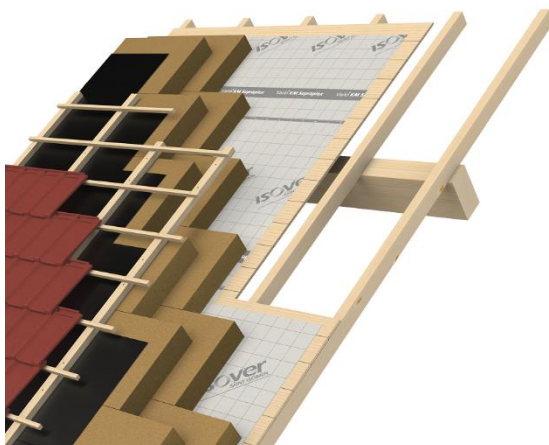
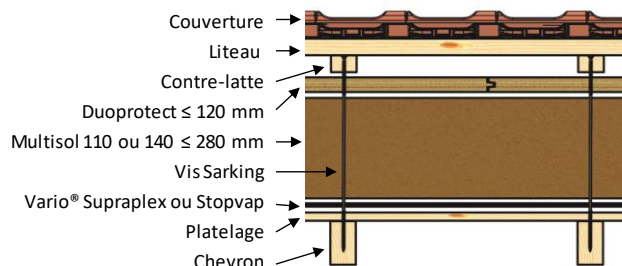
1.3. Description succincte et configurations visées

Le procédé Sarking Multisol consiste à mettre en œuvre une isolation support de couverture par l'extérieur, composée des éléments suivants (selon configuration) :

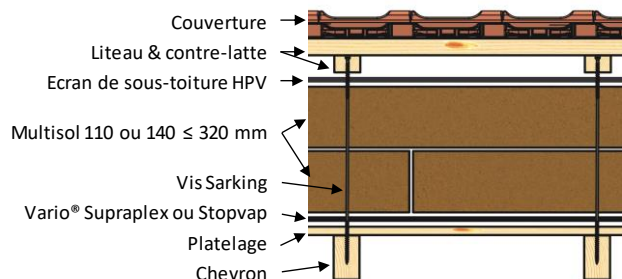
- Un isolant éventuel entre chevrons, constitué d'un isolant Flex 40 ou Flex 55 plus H de la marque ISONAT, Isoconfort 32 ou Isoconfort 35 de la marque ISOVER.
- Un platelage éventuel par-dessus les chevrons
- Le pare-vapeur Vario® Supraplex, Vario® Xtra ou Stopvap
- L'isolant Multisol 110 ou Multisol 140 en une ou deux couches
- L'écran rigide Duoprotect ou un écran souple HPV (hautement perméable à la vapeur)
- L'adhésif Vario® Multitape ou Fast Tape pour étanchéifier les liaisons dans les points singuliers
- Des contre-lattes fixées par les vis Starking ou Assy® 4 Isotop ou Twin UD, qui supporteront la couverture et créeront une lame d'air ventilée en sous face de la couverture.
- En association éventuelle avec un plafond plaques de plâtre suspendu associé.

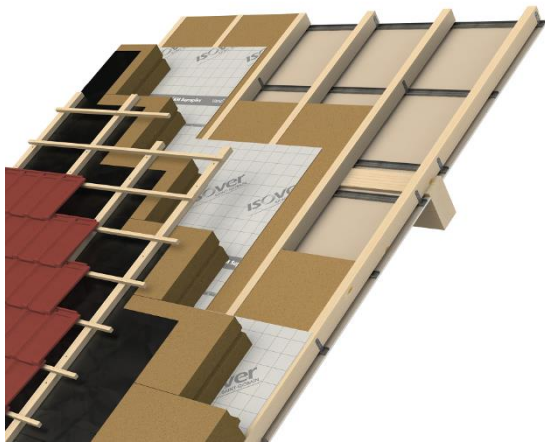


(1)

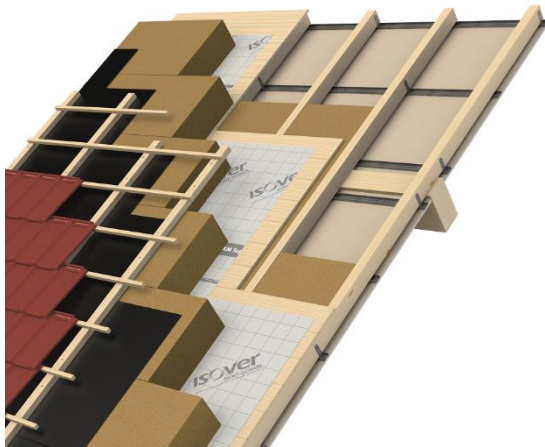
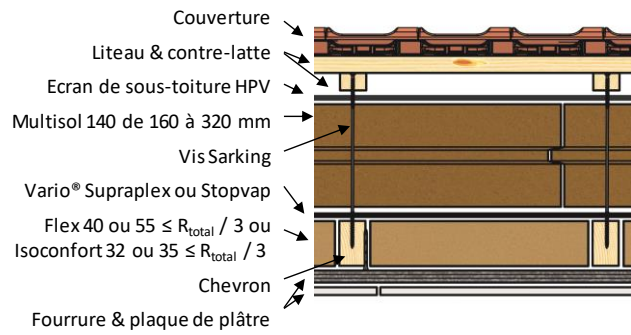


(2)

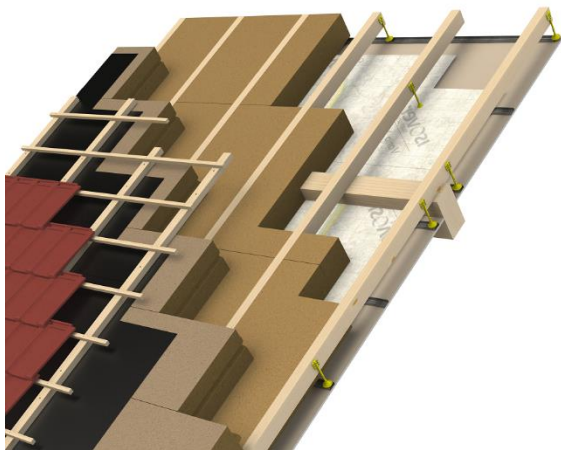
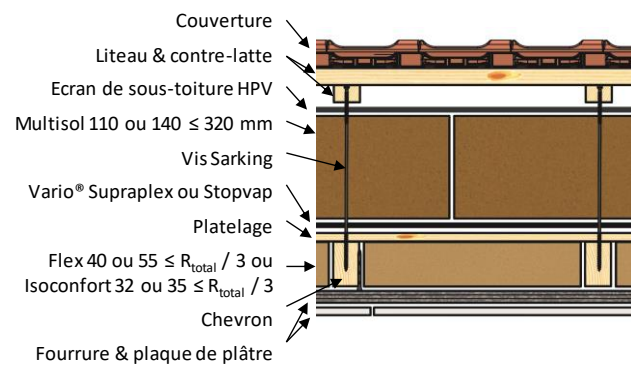




(3)



(4)



(5)

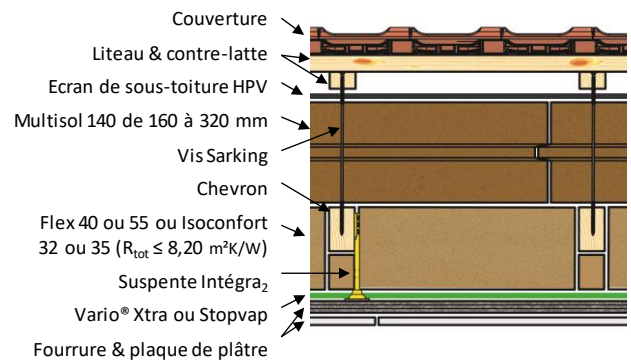


Figure 1 : Liste des configurations visées
 (des vues en coupe latérale sont disponibles en Figure 49 de l'annexe 8.2.1)

2. Matériaux

2.1. Panneaux isolants thermiques en fibre de bois

Les panneaux isolants thermiques en fibre de bois visés sont les Multisol 110 et 140, le Duoprotect et les Flex 55 plus H et 40 produits par la société Isonat. Ces produits disposent d'un marquage CE suivant la norme NF EN 13171 et font l'objet de la certification ACERMI. De plus, ils disposent de FDES validées par une tierce partie et disponibles sur la base INIES.

Produit	Conductivité thermique W/(m.K)	Densité (kg/m ³)	Épaisseur (mm)	Bords	Utilisations visées par le présent document
Multisol 110	0,041	110	60 - 240	Droit	Isolation sur platelage
Multisol 140	0,042	140	40 - 240	Rainure languette	Isolation sur chevrons avec ou sans platelage
Duoprotect	0,047 si ≤ 35 mm 0,046 si ≥ 40 mm	180	35 - 120	Rainure languette	Ecran de sous-toiture
Flex 55 plus H	0,036	55	40 - 200	Droit	Complément d'isolation entre chevrons
Flex 40	0,038	40	40 - 200	Droit	

Figure 2 : Synthèse des isolants visés et de leurs utilisations.

Le choix parmi ces 5 produits se fait conformément au tableau de la Figure 2 et à la description de la mise en œuvre au § 3. Le choix de l'épaisseur est lié à la résistance thermique recherchées (Figure 3) avec les contraintes additionnelles suivantes :

- En cas de mise en œuvre sans platelage, le panneau de Multisol 140 posé sur les chevrons doit avoir une épaisseur minimale de 160 mm.
- En cas de mise en œuvre de la membrane pare-vapeur entre les couches d'isolation entre et sur chevrons, la résistance thermique entre chevrons doit être inférieure ou égale à 1/3 de la résistance thermique totale.
- La somme de l'épaisseur du platelage et de l'isolation posée sur chevron (écran Duoprotect inclus) ne peut dépasser 340 mm.

Épaisseur (mm)	240	200	180	160	145	140	120	100	80	60	52	50	40	35
Flex 40		5,25	4,70	4,20	3,80		3,15	2,60	2,10	1,55		1,30	1,05	
Flex 55 Plus H		5,55	5,00	4,40	4,00		3,30	2,75	2,20	1,65			1,10	
Multisol 110	5,90	4,95	4,45	3,95		3,45	2,95	2,45	1,95	1,45				
Multisol 140	5,70	4,75		3,80		3,30	2,85	2,35	1,90	1,40			0,95	
Duoprotect							2,60	2,15	1,75	1,30	1,10		0,85	0,70

Figure 3 : Résistances thermiques des isolants en fibre de bois.

Le détail des performances est disponible en annexe au § 8.3.1 et les contrôles qualité sont décrits au § 5. A noter que la seule incompatibilité potentiellement identifiée des panneaux de fibre de bois Isonat concerne un contact direct avec des éléments en plomb, par exemple des closoirs. Des cas de moisissure de la fibre de bois en contact avec du plomb ou de dégradation des éléments en plomb ont en effet été observés. Même si le lien avec la fibre de bois n'a pas été démontré, il faudra bien veiller à ce que de tels éléments en plomb posés sur la couverture ne soient pas en contact direct avec la fibre de bois.

2.2. Isolants thermiques complémentaires en laine de verre

L'isolation entre chevrons peut aussi être réalisée par les produits en laine de verre Isoconfort 32 et Isoconfort 35, revêtus kraft ou non. Ces produits disposent d'un marquage CE conformément à la norme NF EN 13162 et font de plus l'objet de la certification ACERMI. De plus, ils disposent de FDES validées par une tierce partie et disponibles sur la base INIES. Le détail des performances est disponible en annexe au § 8.3.2 et les contrôles qualité sont décrits au § 5.

Produit	Conductivité thermique W/(m.K)	Épaisseur (mm)	Utilisations visées par le présent document
Isoconfort 32	0,032	60 - 140	Complément d'isolation entre chevrons
Isoconfort 32 revêtu kraft		200	
Isoconfort 35	0,035	60 - 140	
Isoconfort 35 revêtu kraft		160 - 300	

Figure 4 : Synthèse des isolants visés et de leurs utilisations.

2.3. Platelage

Le platelage doit être assemblés par emboîtement, embrèvement, feuillure ou par rainure et languette et constitué d'une des solutions suivantes :

- Bois massif conforme à la norme NF B 52-001.
- Panneaux de particules de type CTBH P5, marqués CE, conforme à la norme NF EN 312 et certifiés CTBH.
- Panneaux de contreplaqué marqués CE, conformes à la norme EN 636 et certifiés CTBX.
- Panneaux OSB/3 marqués CE et conformes à la norme NF EN 300 et certifiés CTB-OSB.

Son épaisseur doit respecter le double critère de résistance mécanique et, dans le cas où il joue le rôle d'écran thermique protégeant l'isolant d'un feu intérieur, de sécurité incendie suivant les réglementations rappelées au § 1.2. Dans ce cas, les panneaux doivent être assemblés par emboîtement, embrèvement, feuillure ou par rainure et languette. Des exemples d'écrans thermiques conformes sont donnés en Figure 5.

Type d'écran	Bâtiment d'habitation et ERT ¹	ERP ²⁻³
Bois massif⁴	Épaisseur ≥ 12mm si ≥ 600kg/m ³ et Euroclasse a minima C-s3,d0	Épaisseur ≥ 30mm si < 600kg/m ³ Épaisseur ≥ 26mm si ≥ 600kg/m ³
Panneau contreplaqué⁴	Épaisseur ≥ 14mm si entre 450 et 600kg/m ³ et Euroclasse a minima C-s3,d0	Épaisseur ≥ 40mm si < 600kg/m ³ Épaisseur ≥ 35mm si ≥ 600kg/m ³
Panneau de particules⁴	Épaisseur ≥ 14mm si ≥ 600kg/m ³ , non ignifugé	Épaisseur ≥ 32mm si ≥ 600kg/m ³
Panneau OSB⁴	Épaisseur ≥ 18mm si entre 450 et 600kg/m ³ , non ignifugé	Épaisseur ≥ 35mm
Plaque de plâtre, jointoyée	1 plaque d'épaisseur ≥ 12,5 mm, et de masse surfacique ≥ 8,5 kg/m ²	<ul style="list-style-type: none"> ● 2 plaques chacune d'épaisseur ≥ 12,5 mm et de masse ≥ 8,5 kg/m², ou ● 1 plaque de type F, d'épaisseur ≥ 15 mm et de masse ≥ 12 kg/m², ou ● 1 plaque d'épaisseur ≥ 18 mm et de masse ≥ 14,4 kg/m²

¹ « Guide de l'isolation thermique par l'intérieur des bâtiments d'habitation du point de vue des risques en cas d'incendie » 2016

² Annexe nationale à l'Eurocode 5 - NF EN 1995-1-2:2004 « Conception et calcul des structures en bois »

³ « Guide d'emploi des isolants combustibles dans les établissements recevant du public »

⁴ Les panneaux doivent être assemblés par emboîtement, embrèvement, feuillure ou par rainure et languette.

Figure 5 : Exemples d'écrans thermiques conformes

2.4. Contre-lattes

Les contre-lattes doivent être conformes au DTU de la couverture considérée, en particulier concernant leur hauteur permettant la ventilation en sous face de la couverture, et conformes à l'annexe 1 du Cahier du CSTB 1990 « Dimensionnement des bois supports de couvertures en petits éléments, liteaux et voliges », à l'ETA 12/0038 portant sur les vis Twin UD ou à l'ETA 11/0190 (Annexe 7) portant sur les vis Assy® Isotop.

Dans tous les cas, les contre-lattes devront au moins être de classe C24 et avoir les dimensions nominales suivantes : une largeur de 60 mm et une épaisseur de 40 mm. Les dimensions minimales requises peuvent être supérieures en particulier dans le cas de bacs aciers ou fibrociments (cas des grands éléments de couverture nécessitant une étude spécifique).

2.5. Vis de fixation des contre-lattes

Les vis de fixation des contre-lattes sont à double filetage pour permettre de transmettre les efforts de la couverture au chevron, indépendamment de la résistance mécanique de l'isolant, disposent d'une certification CE conformément à la norme NF EN 14592, sont protégées de la corrosion par un traitement de surface, et sont à choisir entre :

- La vis Assy® 4 Isotop proposée par Würth France et disposant de l'Evaluation Technique Européenne n° ETA 11/0190 prévoyant la fixation d'une isolation sur chevrons.
- La vis Starking proposée par LR ETANCO et disposant du rapport d'essais du FCBA n°403/12/799/898 caractérisant sa résistance de fixations de Sarking sur support bois.
- La vis Twin UD proposée par SFS France et disposant de l'Evaluation Technique Européenne n° l'ETA 12/0038 prévoyant la fixation d'une isolation sur chevrons.

Leurs compositions avec leurs traitements de surface, ainsi que leurs plans avec leurs dimensions sont décrits au § 6.2. Leurs performances mécaniques et leurs méthodes de dimensionnement d'entraxe sont détaillés au chapitre 5 et annexe 8.3.3.

La longueur minimale des vis à utiliser est calculée en fonction de la somme des épaisseurs de la contre-latte, de l'isolant posé au-dessus des chevrons et de l'éventuel platelage, en prenant en compte leur inclinaison alternée à 60° par rapport au plan de la couverture (Figure 18), et avec une pénétration minimale (longueur d'ancrage) de la vis dans le chevron de 60 mm :

$$\text{longueur de vis} \geq \frac{\text{ép. contre-latte} + \text{ép. isolant} + \text{ép. platelage}}{\sin 60^\circ} + 60\text{mm} \quad (\text{avec } \sin 60^\circ = 0,866)$$

Longueur vis (mm)	170	190	210	230	250	270	300	330	360	400	440	480	500
Epaisseur CL + I + P* maximale (mm)	95	113	130	147	165	182	208	234	260	294	329	364	381
Entraxe minimal entre vis** (mm)	135	145	155	165	175	185	200	215	230	250	270	290	300
Entraxe maximal entre vis** (mm)	875 (Assy® 4 Isotop) ; 875 (Twin UD) ; 833 (Starking)												
Gamme Würth Assy® 4 Isotop			x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Gamme LR ETANCO Starking			x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Gamme SFS Twin UD	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	***

* Somme des épaisseurs de la contre-latte, de l'isolant posé au-dessus des chevrons et du platelage

** L'entraxe considéré ici est pris à mi-hauteur des vis et correspond au d_{max} du dimensionnement – voir § 5.

*** Longueur spéciale jusqu'à 600 mm sur demande

Figure 6 : Tableau de choix de la longueur de vis

La Figure 6 montre les épaisseurs maximales acceptables en fonction des longueurs de vis disponibles chez chacun des 3 fabricants/distributeurs visés par le présent document, ainsi que l'entraxe minimal pour que les pointes des vis ne se touchent pas. A noter qu'il faut aussi vérifier que la vis ne va pas dépasser sous le chevron, selon la hauteur du chevron.

2.6. Plaque de plâtre en parement intérieur

Les plaques de plâtre éventuellement utilisées doivent être marquées CE conformément à la norme NF EN 520 et respecter les critères généraux de choix des matériaux du NF DTU 25.41 P1-2. Si elles jouent le rôle d'écran thermique protégeant l'isolant d'un feu intérieur conformément aux réglementations incendie rappelées au § 1.2, elles doivent de plus appartenir à une de ces 3 catégories suivantes (des exemples d'écrans thermiques conformes sont donnés en Figure 3) :

- Plaque de type A selon le norme NF EN 520, avec une épaisseur supérieure ou égale à 12,5 mm et une masse surfacique supérieure ou égale à 8,5 kg/m² ou dont l'avis technique valide la fonction d'écran thermique. La plaque Placoplatre® BA 13 répond à ce cahier des charges.
- Plaque de type F selon le norme NF EN 520, avec une épaisseur supérieure ou égale à 15 mm et une masse surfacique supérieure ou égale à 12 kg/m². La plaque Placoflam® BA 15 répond à ce cahier des charges.
- Plaque de type A selon le norme NF EN 520, avec une épaisseur supérieure ou égale à 18 mm et une masse surfacique supérieure ou égale à 14,4 kg/m². La plaque Placoplatre® BA 18 répond à ce cahier des charges.

2.7. Membrane de gestion de la vapeur d'eau et d'étanchéité à l'air

La membrane de gestion de la vapeur d'eau et d'étanchéité à l'air est au choix :

- Vario® Supraplex : la membrane hygrorégulante conçue pour le Sarking
 - Hygrorégulante avec un Sd variable de 0,2 à 4 m, elle laisse sécher la toiture en été.
 - Traitement antidérapant renforcé en surface et sans éblouissement.
 - Mécanique renforcée et traitement anti-UV pour une utilisation en protection temporaire de toiture jusqu'à 4 semaines.
- Stopvap : le pare-vapeur de Sd > 18 m adaptée au Sarking
 - Surface antidérapante
 - Légèrement transparente, elle permet de mieux détecter les éléments de charpente
 - Sans protection UV renforcée, elle doit être recouverte dans les 24h par l'isolation.
- Vario® Xtra : la membrane hygrorégulante pour une mise en œuvre sous chevrons
 - Hygrorégulante avec un Sd variable de 0,4 à 25 m, elle laisse sécher la toiture en été.
 - Utilisation sous chevron couverte par le DTA 20-14-335_V1.

<i>Produit</i>	<i>Utilisation</i>	<i>Antidérapante</i>	<i>Protection temporaire de charpente</i>
Vario® Supraplex	Sur platelage ou sur chevrons seuls	Oui	Oui
Stopvap	Sur platelage, sur chevrons seuls ou sous chevrons	Oui	Non
Vario® Xtra	Sous chevrons	Non	Non

Figure 7 : Synthèse des membranes visés et de leurs utilisations.

Leurs performances mécaniques et celles de leurs jonctions sont rappelées en annexe au § 8.3.4.

2.8. Accessoires d'étanchéité du Duoprotect et des membranes

L'étanchéité des jonctions au niveau de la membrane de gestion de la vapeur d'eau et d'étanchéité à l'air et au niveau de l'écran de sous-toiture se fait à l'aide de :

- **Rubans adhésifs Vario® Fast Tape ou Multitape** : rubans adhésifs simple face, utilisables en extérieur de -10 à 30°C (stockage entre 5 et 30°C), servant en particulier à jointoyer les panneaux de Duoprotect entre eux et aux points singuliers, ainsi qu'à la jonction entre lés de membrane de gestion de vapeur d'eau et d'étanchéité à l'air.
 - Vario® Fast Tape : sans film protecteur pour plus de rapidité et moins de déchets
 - Vario® Multitape 60 avec film protecteur pour plus de confort
 - Vario® Multitape 150 : avec film protecteur fendu au milieu, dédié au traitement des points singuliers (faîtage, pénétrations...).
- **Mastics de jonction de membrane Vario® Double Fit ou Double Fit+** : joints mastic extrudés en cartouche, utilisable en extérieur de 5 à 30°C (stockage entre 5 et 30°C). Il sert en particulier à des jonctions entre les membranes et des matériaux poreux (bois, béton, brique...).
 - Le Vario® Double Fit+ peut être utilisé dès -5°C, au lieu de +5°C pour le Double Fit.
- **Mastics de jonction du Duoprotect** : joints mastic extrudés en cartouche, utilisable en extérieur de 5 à 35°C (stockage entre 5 et 25°C), servant en particulier aux jonctions entre panneaux de fibre de bois rainurés languette.
 - Mastic colle et étanche Bâtiment PU 40 + de Würth pour un collage rapide (environ 1h mais dépend des conditions climatiques).
 - Mastic Sikaflex Pro-11 FC Purform de Sika pour un collage progressif (typiquement plusieurs heures mais dépend des conditions climatiques), utilisable jusqu'à 40°C.
- **Primaires d'adhésion** : sous-couche d'accrochage appliquée en surface des panneaux en fibres de bois Duoprotect, pour la préparation et la consolidation de leur surface en vue de l'application des rubans adhésifs Vario® Multitape et Fast Tape. Les résistances au pelage sont disponibles en annexe au § 8.3.5.
 - Colle spray haute résistance plus de Würth : colle de contact avec un pouvoir adhésif élevé immédiat, utilisable en extérieur de 0 à 30°C, appliquée par pulvérisation.
 - Tescon sPrimer de Proclima : sous-couche d'accrochage, appliqué par pulvérisation directe avec une bombe aérosol, utilisable en extérieur de -5 à 40 °C.
 - Tescon Primer RP de Proclima : sous-couche d'accrochage applicable entre -10 à 45°C avec un rouleau ou le distributeur-doseur dédié qui permet l'application d'une main.

2.9. Ecran souple de sous-toiture HPV

L'écran souple HPV doit bénéficier d'un classement E₁S_{d1}T_{R2}, être certifié QB n° 25 par le CSTB, et être conforme au NF DTU 40.29 « Mise en œuvre des écrans souples de sous-toiture ».

2.10. Eléments de couverture

Les éléments de couverture doivent être conformes aux DTU correspondants ou à leurs avis techniques.

3. Mise en œuvre en partie courante

Cette partie ne traite que la mise en œuvre en partie courante. Les points singuliers (égout, noue, faitage, rive, cheminée, fenêtre, conduit) seront traités en partie 4.

3.1. Précaution préalables à la mise en œuvre

La mise en œuvre du système doit être réalisée par une entreprise qualifiée en couverture ou en charpente.

L'entreprise est tenue de protéger :

- les isolants thermiques des intempéries durant leur phase de stockage.
- l'ensemble de l'ouvrage pendant sa réalisation afin qu'aucune humidification de tout ou partie de l'ouvrage ne puisse avoir lieu. La protection est assurée par la mise en place d'une bâche provisoire.

Dans le cas où un platelage n'est pas mis en œuvre, l'entreprise doit vérifier qu'un parement intérieur forme bien un écran thermique conformément aux prescriptions du §1.2.

Après fixation de l'écran de sous toiture souple ou rigide grâce au contre lattage, la toiture peut être soumise aux intempéries pour une durée limitée :

- Pour les écrans souples, se référer aux préconisations du fournisseur
- Pour l'écran rigide Duoprotect, 4 semaines. La surface des panneaux devra être sèche au moment de la mise en place de la couverture.

L'entreprise doit également assurer la mise en place de dispositifs de protection des travailleurs contre les chutes de hauteur. Elles recourent si besoin à l'emploi de dispositifs de répartition de charges afin d'éviter les déformations permanentes des éléments de structure préjudiciables au comportement de la toiture.

La société Saint-Gobain ISOVER met à disposition des entreprises et des clients, des documentations techniques détaillées et met un soutien au démarrage des chantiers par une équipe technique formée. De plus la société Saint-Gobain ISOVER dédie un numéro d'assistance technique : 09 72 72 10 18.

3.2. Mise en œuvre éventuelle d'une isolation complémentaire entre chevrons

Dans le cas de la mise en œuvre d'une isolation complémentaire entre chevrons, un écran thermique à un incendie venant de l'intérieur doit obligatoirement être en place entre les locaux et l'isolation, c'est-à-dire sous les chevrons conformément aux prescriptions du §1.2. Des exemples d'écrans thermiques conformes sont donnés en Figure 5. Si l'écran est constitué d'un parement en plaques de plâtre, celui-ci doit être posé conformément au DTU 25.41, en prenant en compte uniquement le poids de l'isolant entre chevrons dans le calcul de l'ossature.

L'isolation entre chevrons est réalisée avec :

- les panneaux de fibre de bois flexibles Flex 40, Flex 55 plus H d'ISONAT, conformément au DTA 20/19-431_V1, ou
- les rouleaux de laine de verre Isoconfort 32 ou Isoconfort 35 d'ISOVER, conformément au DTU 45.10. En cas de revêtement kraft, celui-ci est toujours tourné vers l'intérieur du bâtiment.

Dans le cas où la membrane pare-vapeur et/ou un platelage bois sera installé par-dessus cette isolation complémentaire et les chevrons, la résistance thermique de l'isolant entre chevrons ne doit pas dépasser 1/3 de la résistance thermique totale (1/4 en zone très froide). La zone très froide est définie en climat de plaine conformément au DTU 45.10 par une température extérieure de base inférieure ou égale à -15 °C. Cette température est déterminée en fonction du site et de l'altitude dans les conditions de la NF P52-612/CN.

L'isolant est coupé avec une largeur supérieure de 0,5 à 1 cm à l'espace entre chevrons et positionné en légère compression latérale entre les chevrons avec sa surface supérieure au raz de la surface supérieure du chevron, dans l'objectif de ne pas créer de lame d'air avec le platelage ou l'isolant placé au-dessus.



Figure 8 : Mise en œuvre de l'isolation entre chevrons

3.3. Pose du platelage éventuel

Si un platelage bois est mis en œuvre sur les chevrons, son épaisseur doit être choisie afin de satisfaire à la fois aux critères mécaniques et de sécurité incendie :

- Mécanique selon Règles de l'Art (fiches techniques et DOP des fabricants et Eurocodes)
- Si le platelage joue également le rôle d'écran thermique à un incendie venant de l'intérieur, son épaisseur doit être conforme aux prescriptions du §1.2. Des exemples d'écrans thermiques conformes sont donnés dans le tableau en Figure 5.

Le platelage est alors cloué ou vissé sur les chevrons ou fermettes, selon les prescriptions de son fabricant et les DTU et Eurocodes en vigueur.

Dans le cas où un platelage n'est pas mis en œuvre, l'entreprise doit vérifier qu'un parement intérieur forme bien un écran thermique à un incendie venant de l'intérieur, conformément aux prescriptions du §1.2 et 3.4.

3.4. Pose d'un écran thermique de protection incendie

Un écran thermique à un incendie venant de l'intérieur doit obligatoirement être en place entre les locaux et l'isolation, conformément aux prescriptions du §1.2 :

- En cas d'isolation uniquement au-dessus des chevrons, un écran conforme aux prescriptions du §1.2 est posé généralement sur les chevrons sous la forme d'un platelage bois. Il peut néanmoins être également posé sous les chevrons sous la forme d'un platelage bois ou de plaques de plâtre.
- En cas d'isolation complémentaire entre les chevrons avec un isolant combustible (Flex 40 ou 55, ou Isoconfort revêtu kraft), un écran conforme est posé sous cette isolation, sous la forme d'un platelage bois ou de plaques de plâtre.

Des exemples d'écrans thermiques conformes sont donnés en Figure 5. Si ce rôle n'est pas rempli par une plaque de plâtre parfaitement jointoyée, elle doit l'être par le platelage bois dont l'épaisseur sera au moins égale aux préconisations de la Figure 5.

Nota : il convient de ne pas appliquer de peinture ou film étanche à la vapeur d'eau (ex. peinture de type glycérophtalique) sur la plaque de plâtre pour un maximum d'efficacité des échanges hygrothermiques en été.

3.5. Mise en œuvre du pare-vapeur

3.5.1. Mise en œuvre sur les chevrons ou sur le platelage

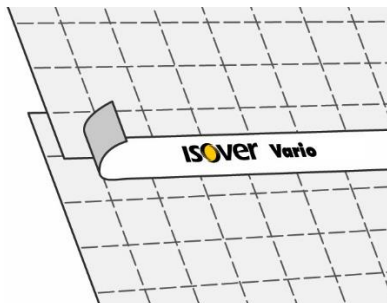
La membrane de gestion de vapeur d'eau et d'étanchéité à l'air Vario® Supraplex ou Stopvap se pose conformément au DTA 20/14-335_V1, soit sur le platelage, soit directement par-dessus les chevrons.

La membrane doit être propre et sèche avant sa pose. Elle est déroulée horizontalement (ou parfois verticalement) en positionnant le premier lé le long de l'égout (ou du pignon) et en laissant un débordement de 10 cm environ en périphérie en vue de la pose d'un cordon de mastic Vario® Double Fit / Double Fit+. Elle est fixée sur le platelage ou sur les chevrons par agrafage, à raison de minimum 5 agrafes /m².

Les lés suivants se posent de la même manière que le premier lé en respectant un recouvrement de 10 cm minimum entre chaque lé. Les lés sont jointoyés entre eux sur toute la longueur des recouvrements horizontaux et verticaux des lés :

- avec l'adhésif intégré sur les bords longs de la Vario® Supraplex, en collant adhésif sur adhésif
- avec l'adhésif Vario® Multitape ou Fast Tape dans tous les autres cas.

La membrane doit être propre et sèche avant jointolement et les jonctions doivent être marouflés.



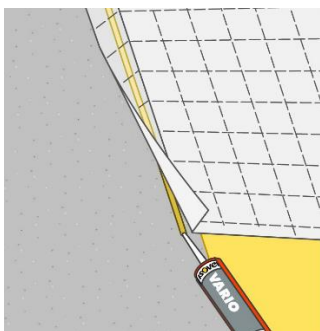
Jonction avec adhésif Vario®



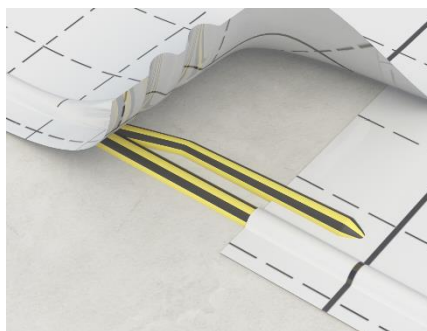
Jonction avec adhésif intégré

Figure 9 : Jonction entre lés de membrane pare-vapeur.

Un cordon de mastic Vario® Double Fit / Double Fit+ est posé sur toute la périphérie de la toiture, entre la membrane et les parois adjacentes. Ce cordon est posé en continu en soulevant la membrane qui est rabattue immédiatement dessus pour réaliser le collage, avec une légère pression mais sans écraser complètement le cordon de mastic (glisser un doigt de chaque côté du cordon - Figure 10). Au niveau du raccord entre 2 lés de membrane, le mastic est également posé entre les 2 lés. Alternativement, la membrane peut aussi être fixée en périphérie sous les butées. Les détails du traitement de la périphérie et des points singuliers sont décrits au § 4.



Mastic sous le débord de 10 cm



Mastic entre 2 lés



Presser sans écraser

Figure 10 : Jonction entre la membrane pare-vapeur et les autres matériaux.

Dans le cas de la membrane Stopvap, celle-ci doit être recouverte par l'isolation dans la foulée car elle n'a pas de traitement de résistance aux UV. La membrane Vario® Supraplex peut par contre faire office de protection temporaire de toiture.

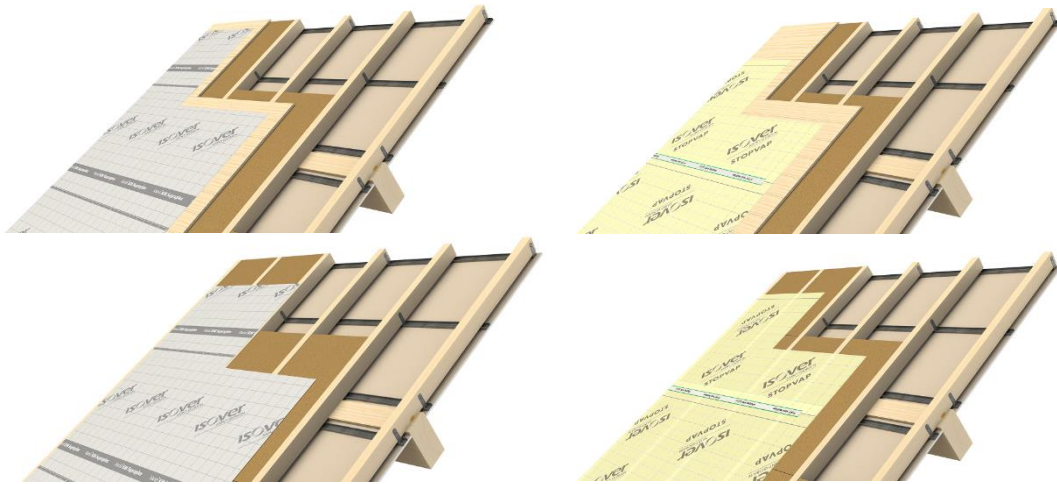


Figure 11 : Mise en œuvre des pare-vapeur Vario® Supraplex ou Stopvap sur platelage (avec ou sans isolant en dessous), ou directement sur chevrons

3.5.2. Mise en œuvre sous les chevrons (cas de la réfection uniquement)

En cas de réfection du parement intérieur de la toiture en même temps que la couverture, il est possible de mettre en œuvre le pare-vapeur côté intérieur de la paroi, entre le parement intérieur et la couche intérieure d'isolant. Cette mise en œuvre nécessite pour le couvreur de vérifier auprès du plaquiste la bonne mise en œuvre du bon pare-vapeur.



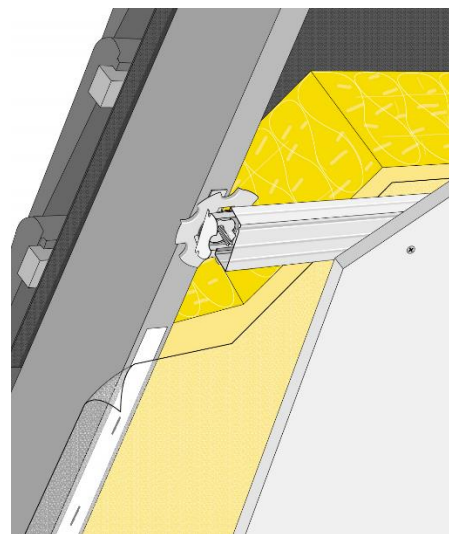
Membrane embrochée sur suspentes Intégraz



Membrane embrochée sur suspentes Intégraz



Membrane collée sous fourrures



Membrane collée ou agrafée sous chevrons + suspentes Intégr Fermette

Figure 12 : Mise en œuvre de la membrane sous les chevrons conformément au DTA 20/14-335_V1.

La membrane pare vapeur Vario® Xtra ou Stopvap se pose alors conformément au DTA 20/14-335_V1 :

- soit embrochée sur suspentes Intégra₂. Après mise en place des suspentes Intégra₂ et de sa rondelle, la membrane est embrochée sur la suspenste. L'étanchéité est assurée par sa clé clipsée obligatoirement au maillet, et sur laquelle sera fixée la fourrure métallique.
- soit agrafée ou collée sous chevron. Des suspentes Intégra Fermette sont alors fixées sous le chevron pour créer une ossature faite de fourrures métalliques, support du parement. Alternativement une ossature bois dimensionnées conformément au DTU 25.41 P1-1 est également utilisable.
- soit collée sous les fourrures. Une ossature faite de fourrures est alors suspendue à la charpente par des suspentes métalliques type Stil® F530. Puis la membrane est collée sous les fourrures avec l'adhésif Vario® Double Face, avant la pose du parement.

Dans tous les cas, les entraxes entre suspentes doivent être conformes au DTU 25.41. Les jonctions entre lés de membrane et en périphérie sont effectuées de manière identique au cas précédent, § 3.5.1. Les 2 premières méthodes permettent le passage de gaines électriques sans percement de la membrane, la 3^e nécessitera une réparation de la membrane à chaque percement. Tous les détails de mise en œuvre sont expliqués dans le dossier technique du DTA 20/14-335_V1.

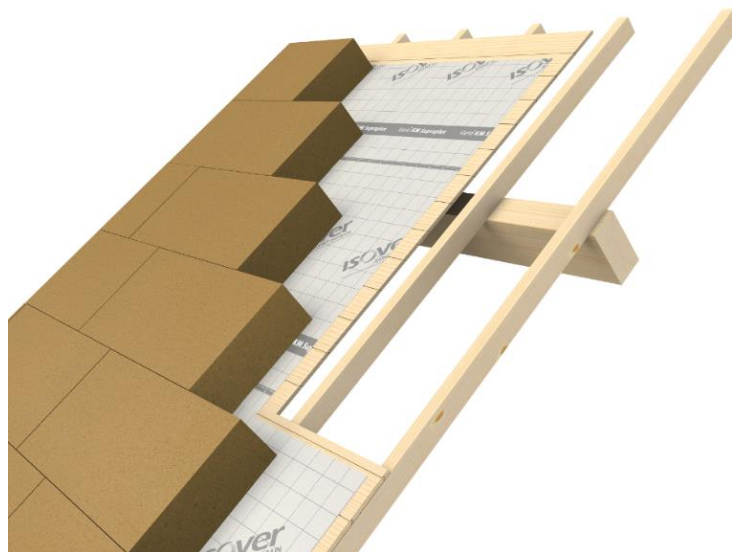
3.6. Pose de l'isolant Multisol 140 ou Multisol 110

3.6.1. Cas d'une pose sur platelage

Par sécurité, la circulation des poseurs sur l'isolant doit s'effectuer à la verticale des chevrons.

Les panneaux de Multisol 110 ou Multisol 140 sont posés contre des butées fixées en égout et en rive et de hauteur égale à la hauteur totale d'isolant Multisol 110 ou Multisol 140. Ces butées sont fixées à l'aide d'au moins une fixation à chaque intersection de chevron. La position de la butée doit être telle que l'extrémité de l'isolant en toiture atteigne ou dépasse la verticale de la surface extérieure de l'isolant mural pour éviter tout pont thermique.

Le pose des panneaux commence le long de l'égout, avec la grande longueur des panneaux parallèle à l'égout. Les panneaux sont posés de manière bien jointives, bord à bord ou emboîtés suivant le type de bord, droit ou rainure languette. Dans le cas des rainures languettes, la languette du grand côté du panneau doit être orientée vers le haut, celle du petit côté vers la butée de rive où commence la rangée. Pour enclencher les panneaux suivants sur leur petit côté, il convient d'utiliser une cale et un maillet sur le côté opposé rainuré.



*Figure 13 : Mise en œuvre de panneaux Multisol 110 sur platelage
(un autre exemple de mise en œuvre en double couche d'isolant est visible en Figure 17)*

La pose progresse ensuite vers le faitage en décalant les joints situés dans le sens de la pente, d'au moins 400 mm entre 2 rangées. En cas de pose en 2 couches de panneaux non rainurés languette, les joints de la couche supérieure doivent aussi être décalés par rapport à ceux de la couche inférieure pour éviter tout pont thermique.

Les panneaux de Multisol 110 et Multisol 140 ont deux faces identiques et n'ont donc pas de sens de pose. Leur découpe peut être réalisée avec une scie électrique, circulaire ou alligator.

Afin de faciliter la pose ultérieure des contre-lattes, les positions des chevrons doivent être marquées, en égout sur la butée si besoin, et surtout en faitage en traçant ces positions sur les différentes couches d'isolant.

3.6.2. Cas d'une pose sur chevron, sans platelage (avec isolation entre chevrons)

La pose sans platelage impose de respecter l'ensemble des exigences ci-dessous :

- Seul le Multisol 140 avec rainure et languette et d'épaisseur supérieure ou égale à 160 mm (pas de bord droit) peut être posé directement sur chevrons, sans platelage.
- Chaque panneau de fibre de bois doit obligatoirement être mis en œuvre avec sa longueur perpendiculaire aux chevrons, et reposer sur 3 chevrons consécutifs avec un décalage des joints pour ne pas avoir 2 joints verticaux de 2 rangées contigües dans le même espace entre chevrons. En bordure de rive, reposer sur 2 chevrons seulement peut être accepté.
- Le parement de finition intérieur doit assurer la fonction d'écran thermique à un incendie venant de l'intérieur, conformément aux prescriptions du §1.2. Des exemples d'écrans thermiques conformes sont donnés en Figure 5.

Le respect de ces exigences est critique et doit être vérifié avant et durant chaque chantier, et doit faire l'objet du remplissage de la fiche d'autocontrôle. Ce respect n'autorise pas la marche sur les panneaux en dehors de la verticale des chevrons.

La pose des panneaux s'effectue de la même manière qu'en présence d'un platelage, en respectant les exigences supplémentaires d'une pose sur 3 chevrons consécutifs et avec joints verticaux décalés comme expliqué ci-dessus.



Figure 14 : Mise en œuvre de panneaux Multisol 140 sur chevrons

Au moins une étiquette plastifiée de taille minimale 10 x 14 cm par versant devra être posée sur l'écran de sous-toiture proche du faitage pour signaler « Isolation posée sans platelage support. Ne pas marcher sur les panneaux en dehors des chevrons ».

3.7. Pose de l'écran de sous toiture

Un écran faisant office d'écran de sous toiture doit obligatoirement être posé au-dessus de l'isolant. Ce peut être l'écran rigide en fibre de bois Duoprotect ou une membrane écran de sous-toiture HPV certifié Q_B 25 classement E1 S_{d1} TR₂.

3.7.1. Cas de l'écran rigide Duoprotect

La pose commence le long de l'égout, avec la grande longueur des panneaux parallèle à l'égout. Les panneaux sont posés en butée sur une cale en bois de hauteur égale à celle de l'écran et fixée au niveau de chaque chevron à l'extrémité basse de la toiture. Les panneaux vont donc recouvrir la butée utilisée pour les isolants Multisol 110 ou Multisol 140. Un dispositif d'évacuation des éventuelles eaux de ruissellement en égout est à mettre en œuvre, comme décrit au § 4.1.1.

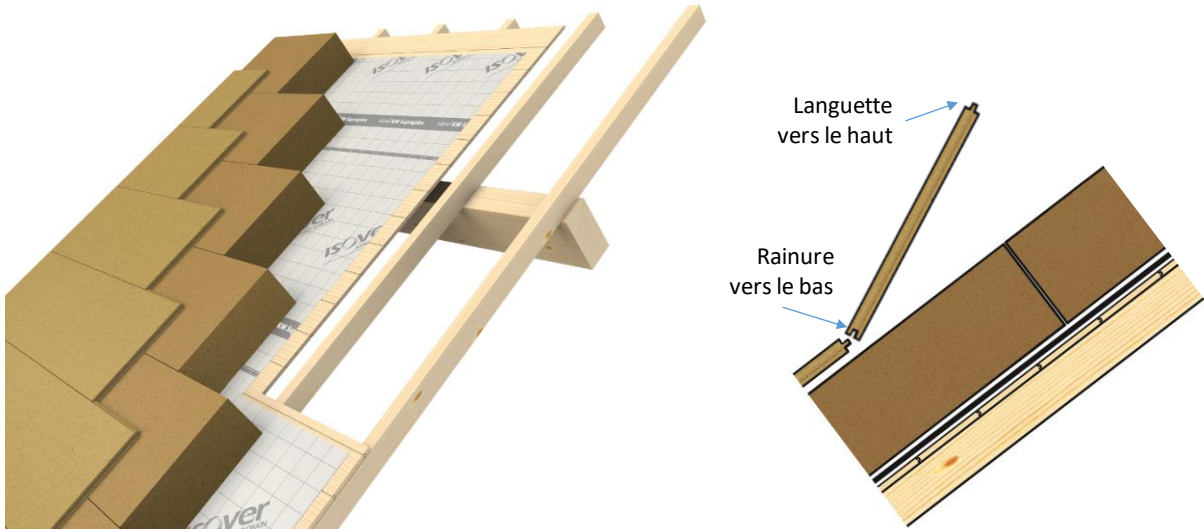


Figure 15 : Mise en œuvre de panneaux écran de sous-toiture Duoprotect par-dessus du Multisol 110.

Les panneaux sont posés de manière bien jointive, avec leurs bords rainure languette emboîtés. La languette du grand côté du panneau doit être orientée vers le faitage, celle du petit côté vers la butée de rive où commence la rangée. Pour enclencher les panneaux suivants sur leur petit côté, il convient d'utiliser une cale et un maillet sur le côté opposé rainuré. La pose progresse ensuite vers le faitage en décalant d'au moins 400 mm entre deux rangées les joints situés dans le sens de la pente. Les joints doivent également être décalés par rapport à la couche d'isolant située juste sous l'écran.

Le traitement des joints dépend de la pente de la toiture :

- Si la pente est située entre 10° et 17° (=30%) inclus, tous les joints doivent être renforcés par une des 2 méthodes suivantes :
 - Application d'une couche de primaire sur le dessus des panneaux Duoprotect, puis pose de l'adhésif Vario® Multitape ou Vario® Fast Tape et marouflage de l'adhésif. Le primaire est au choix :
 - Le primaire sous forme liquide Tescon Primer RP de Proclima, appliqué au rouleau à raison de 20 g/ml sur une largeur de 80mm (40mm de chaque côté du joint).
 - Le primaire en spray Colle spray haute résistance plus de Würth ou Tescon sPrimer de Proclima appliqué en 2 passages à 0.1m/s sur une largeur de 100mm (50mm de chaque côté du joint).
 - Application d'un cordon de mastic colle (Colle spray haute résistance plus de Würth ou Sikaflex Pro-11 FC Purform de Sika) sur la tranche des panneaux, au niveau de la languette en face supérieure (voir schéma Figure 16) ; cordon de 6 mm minimum de diamètre permettant d'avoir un excès refoulé à l'emboîtement.

- Si la pente est strictement supérieure à 17° (=30%) :
 - Les joints présentant une rainure languette n'ont pas besoin d'être renforcés par un adhésif ou une colle.
 - Les joints à bord droit, issus d'une coupe ou au contact avec une traversée de toiture par exemple, doivent être renforcés la pose d'un adhésif avec un primaire d'adhésion comme décrit ci-dessus.

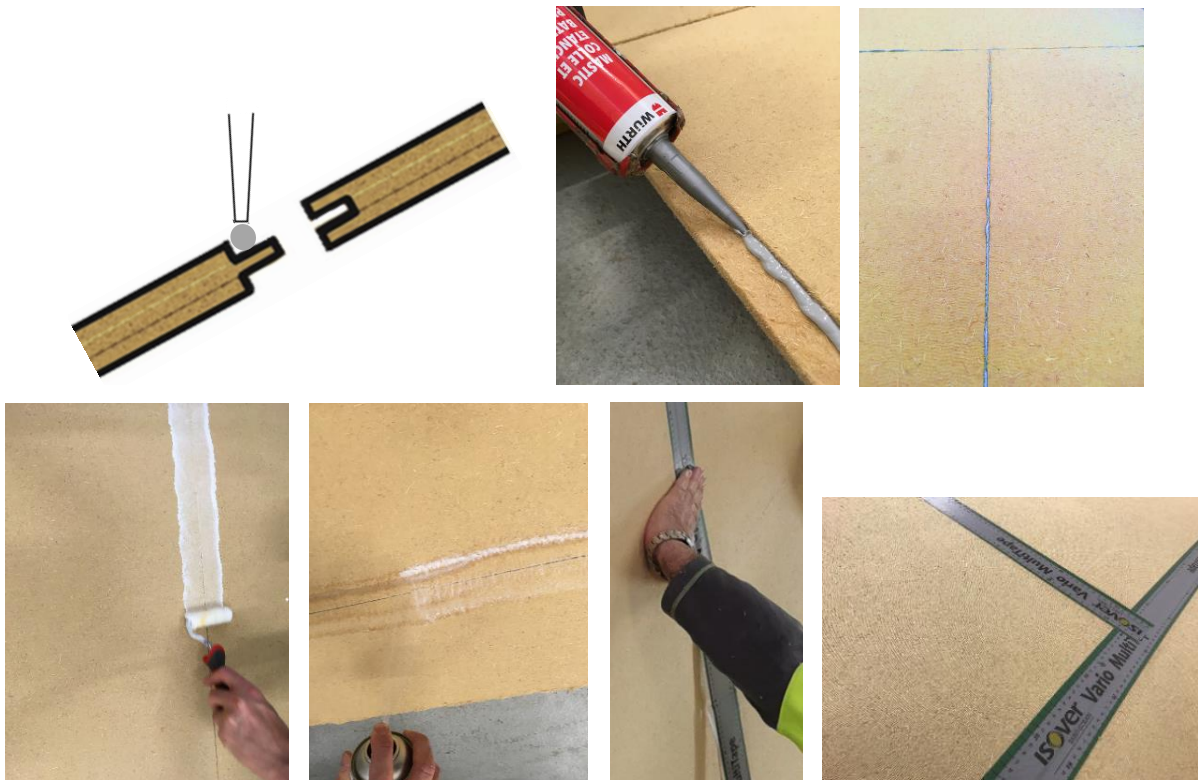


Figure 16 : Jointoiement avec un mastic ou avec un primaire et l'adhésif Vario® Multitape.

3.7.2. Cas d'un écran souple HPV

La pose de l'écran souple HPV, bénéficiant d'un classement E₁ S_{d1} T_{R2} et certifié QB n° 25 par le CSTB, doit être conforme au NF DTU 40.29 « Mise en œuvre des écrans souples de sous-toiture ».

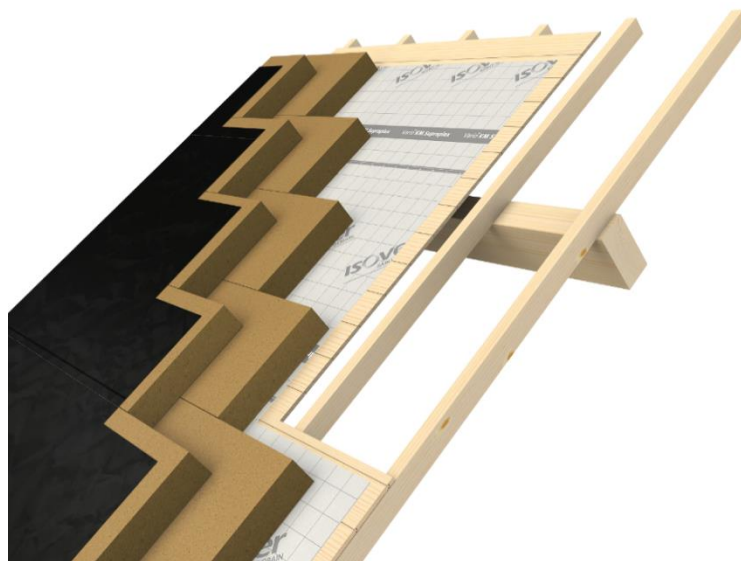


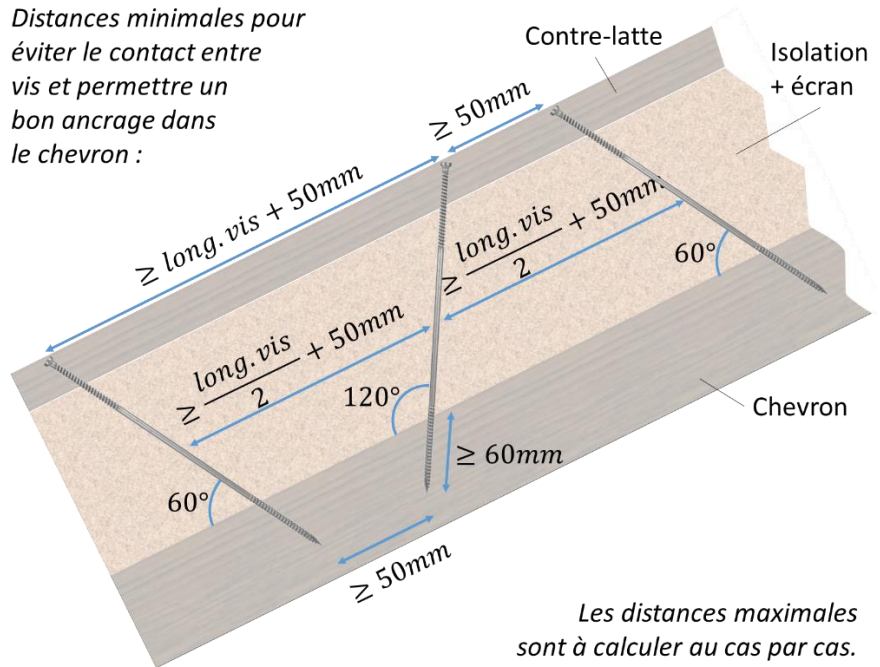
Figure 17 : Mise en œuvre d'un écran de sous-toiture HPV sur une double couche de Multisol 110

3.8. Pose et fixation des contre-lattes

Les contre-lattes dimensionnées en fonction de la couverture qui sera posée, avec au minimum une largeur de 60 mm et une hauteur de 40 mm, sont posées sur l'écran de sous-toiture souple ou rigide, à la verticale des chevrons grâce aux repères préalablement tracés. Si la contre-latte est plus courte que la toiture, il convient de tracer sa position au bleu sur l'écran.



Distances minimales pour éviter le contact entre vis et permettre un bon ancrage dans le chevron :



Les distances maximales sont à calculer au cas par cas.

Figure 18 : Pose des contre lattes avec leurs fixations.

Les vis sont vissées en alternance avec un angle de 60° et 120° par rapport au plan de la couverture (c'est-à-dire -30° et +30° par rapport à la perpendiculaire à la couverture), comme montré en Figure 18. Un gabarit de vissage permet de respecter ces angles (Figure 19).

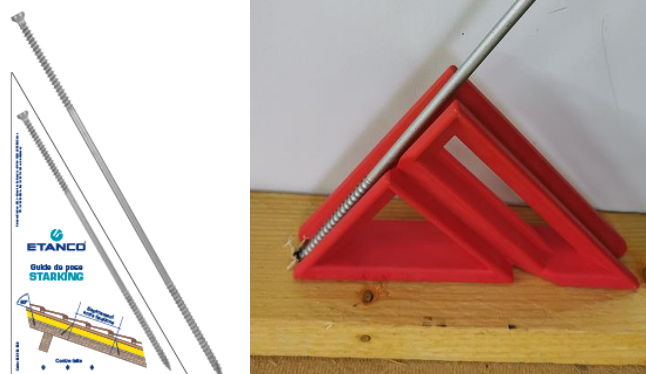


Figure 19 : Exemples de gabarit de vissage.

Chaque vis doit pénétrer d'au moins 60 mm dans le chevron et est posée en une seule opération à travers la contre-latte, l'isolant, l'éventuel platelage et le chevron, sans pré-perçage. Un pré-perçage au diamètre 5 mm de la contre-latte préalable à sa montée sur la toiture peut néanmoins faciliter le respect des distances et de l'inclinaison une fois sur la toiture.

La distance entre deux têtes de vis, ou entre deux pointes de vis, doit toujours être d'au moins 50 mm, nécessaire pour éviter toute amorce de fendage de la contre-latte.

En extrémité de contre-latte, la tête de vis doit être positionnée à 150 mm de l'extrémité pour les vis Twin UD et Starking, 250 mm pour les vis Assy® 4 Isotop (dans le cas d'un pré-perçage de la contre-latte, cette distance peut être ramenée à 120 mm pour les vis Assy® 4 Isotop).

Puis les vis sont espacées en respectant un entraxe maximal donné par le calcul de dimensionnement expliqué en annexe au § 5, conformément aux Eurocode 1 et 5 avec leur annexes nationales. Cet entraxe maximal est calculé conformément à l'Eurocode 5 en fonction :

- de la géométrie de la charpente, et en particulier la pente de toiture et l'entraxe entre chevrons, ainsi que de la somme des épaisseurs de la contre-latte, de l'isolant posé au-dessus des chevrons et de l'éventuel platelage,
- de la charge appliquée sur le système, constituée du poids propre de la couverture, ainsi que de la charge de neige et des efforts liés au vent, qui dépendent de la zone géographique du bâtiment, conformément à l'Eurocode 1
- des résistances caractéristiques de la fixation choisie.

Les fabricants de vis proposent par ailleurs des aides au dimensionnement à travers leurs services techniques et un logiciel (Figure 20). Des abaques simplifiées, valables dans les cas les plus courants, sont également disponibles en annexe au § 5 pour une utilisation plus rapide, même si elles induisent une plus grande consommation de vis de par leurs marges de sécurité supplémentaires.

Nom du fabricant	Nom de la vis	Contact pour dimensionnement	Accès au logiciel de dimensionnement
Würth	Assy® 4 Isotop	Pôle Ingénierie Würth France Fixation.technique@wurth.fr	https://profix.wurth.fr
LR ETANCO	Starking	Bureau d'Etude cheville@etanco.fr	Logiciel SPECIF STARKING
SFS	Twin UD	Responsable de marché assemblage bois francois.varacca@sfs.com	Logiciel SFS Designer : https://fr.sfs.com/services/nos-outils-en-ligne?fn=true

Figure 20 : Contacts pour dimensionnement précis du vissage.

A noter que les détails de mise en œuvre des vis aux extrémités de la toiture sont expliqués au § 4.1.

3.9. Pose de la couverture

La pose des éléments de couverture doit être effectuée en suivant les prescriptions des DTU de la série 40 ou des Avis Techniques correspondant en cas de couverture non traditionnelle.

La ventilation entre la couverture et l'écran de sous-toiture doit toujours être conservée. Cette lame d'air ventilée doit être dimensionnée conformément aux prescriptions des DTU de la série 40 des Avis Techniques correspondant à la couverture choisie.

Les visuels de la Figure 1 montrent les différentes variantes de mise en œuvre de l'isolation incluant une couverture en tuile de terre cuite.

4. Traitement des points singuliers

4.1. Les bords de la toiture et changements de pente

4.1.1. Egout et rive

La membrane de gestion de vapeur d'eau et d'étanchéité à l'air est jointoyée sur les butées d'égout et de rive avec le mastic Vario® Double Fit / Double Fit+. En égout, elle peut également être passée sous la butée sans joint mastic.

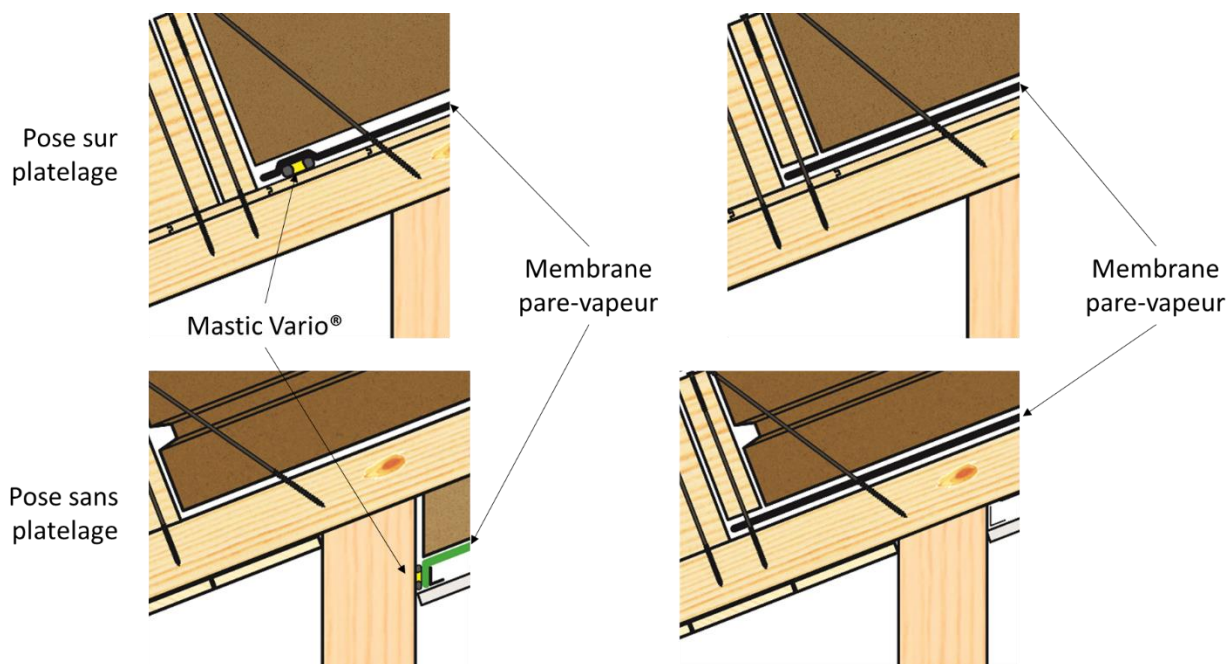


Figure 21 : Traitements de la jonction du pare-vapeur en égout (pour la rive, voir Figure 22)

Les butées d'égout et de rive sont de hauteur égale à la hauteur totale d'isolant Multisol 110 ou Multisol 140, et fixées à l'aide d'au moins une fixation par chevron en égout, ou au moins tous les 1 m en rive. Les panneaux isolants Multisol 100 ou Multisol 140 sont posés en contact avec ces butées.

L'écran de sous-toiture, souple ou rigide, recouvre les butées d'égout et de rive utilisée pour l'isolant Multisol 110 ou Multisol 140 pour assurer la continuité de la fonction d'écran. Dans le cas de l'écran Duoprotect, les panneaux sont posés en butée sur une petite cale en bois de hauteur égale à celle de l'écran et fixée au niveau de chaque chevron en égout, ou au moins tous les 1 m en rive. Dans ce cas, l'étanchéité entre le panneau Duoprotect dont le bord a été revêtu de primaire et cette cale est assurée par une bande d'adhésif Vario® Multitape ou Fast Tape (conformément au §3.7.1).

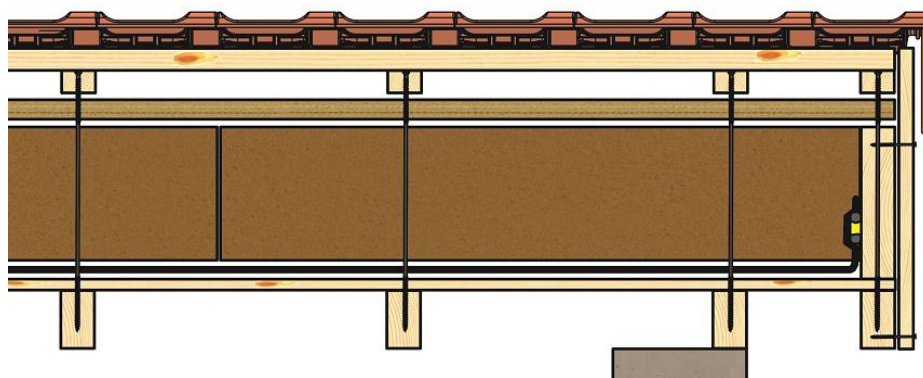
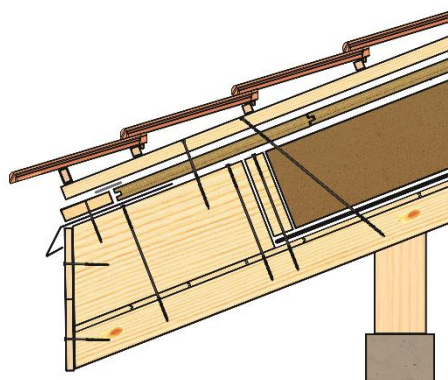
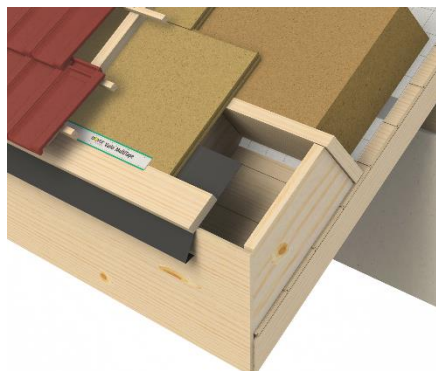


Figure 22 : Traitement de la rive

Dans le cas de l'égout, il convient de s'assurer que les éventuels eaux de ruissellement seront bien guidées hors de la toiture. Dans le cas d'un écran rigide Duoprotect, une bavette métallique, ou larmier, est intercalée entre le panneau et sa cale d'un côté, et la butée des isolants Multisol 110 ou Multisol 140 de l'autre, remontant d'au moins 10cm sous le panneau, et retombant en dehors de la toiture, dans l'éventuelle gouttière. La 1^{ère} vis de fixation de la contre-latte, le long de l'égout dans la butée, est vissée perpendiculaire au plan de toiture.

Avec écran Duoprotect



Avec écran souple HPV

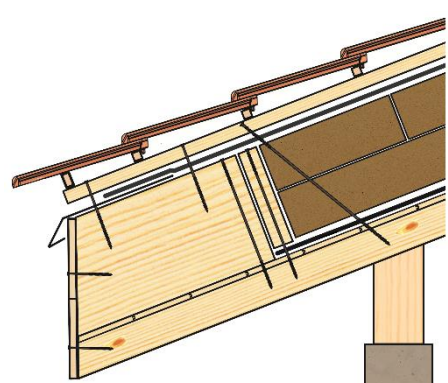


Figure 23 : Traitement de l'égout

4.1.2. Les changements de pente : noue et faîtage

La membrane de gestion de vapeur d'eau et d'étanchéité à l'air doit être posée continue par-dessus le faîtage ou la noue, soit par retournement ou prolongement de la membrane d'un versant à l'autre, soit par l'ajout d'une bande à cheval avec un recouvrement d'au moins 10cm avec les autres lés.

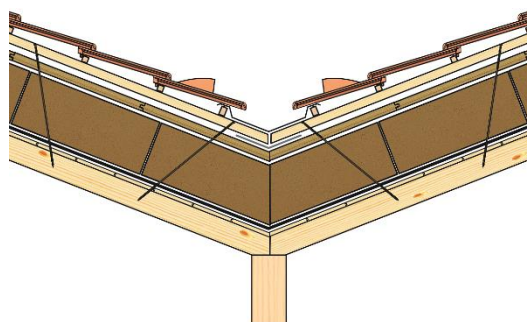
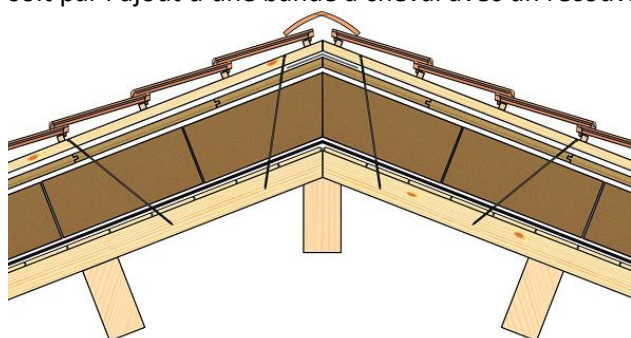


Figure 24 : Mise en œuvre de l'écran Duoprotect au niveau du faîtage et des noues

Dans le cas d'un écran souple HPV, son raccordement au niveau de la ligne de faîtage ou d'arêtier sera réalisé de façon continue, soit par retournement du dernier lé d'un versant sur l'autre versant, soit par mise en place d'une bande à cheval sur le faîtage, conformément au DTU 40.29. De même le raccordement au niveau de la noue se fera par prolongement de l'écran ou ajout d'une bande d'écran.

Dans le cas de l'écran rigide Duoprotect, après application d'une couche de primaire liquide ou en spray (conformément au §3.7.1), la jonction entre panneaux écran est réalisée avec une bande d'adhésif Vario® Multitape 150 de 150mm de large.

4.2. Les traversées de toiture

4.2.1. Mise en place d'un déflecteur en amont des traversées

Pour protéger la partie supérieure des traversées et éviter au maximum des infiltrations d'eaux de ruissellement à la jonction entre l'écran et la traversée, un déflecteur est créé en amont pour canaliser les éventuelles eaux de ruissellement vers le couloir latéral contigu, conformément au DTU 40.29 et comme illustré en Figure 25. Les contre lattes sont momentanément interrompues et un liteau faisant déflecteur est vissé à travers l'isolant en oblique, débordant dans ce couloir latéral contigu.

L'étanchéité entre l'écran et le déflecteur est réalisée selon les cas :

- Dans le cas d'un écran souple HPV et conformément au DTU 40.29, une bande d'écran de largeur égale à l'entraxe des chevrons ou du chevêtre, augmentée de 20 cm, est insérée en amont dans le recouvrement des lés d'un côté, et enroulée sur le déflecteur de l'autre côté.
- Dans le cas de l'écran rigide Duoprotect, une bande d'adhésif Vario® Multitape 150 de 150mm de large recouvre le panneau de Duoprotect en amont du déflecteur sur la moitié de la largeur de l'adhésif, et remonte jusqu'au-dessus du déflecteur. Elle est collée sur le liteau déflecteur directement, et sur le panneau de Duoprotect grâce au primaire liquide ou en spray (conformément au §3.7.1).

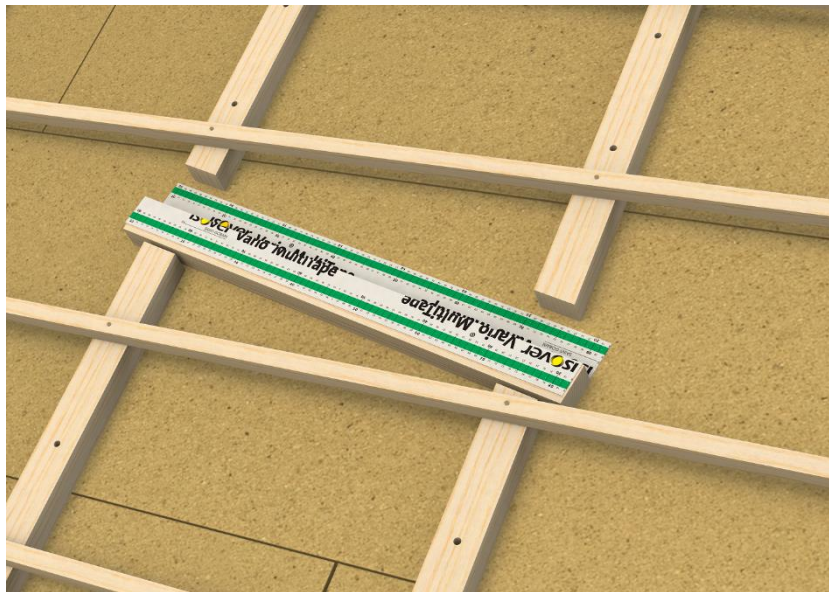


Figure 25 : Mise en œuvre d'un déflecteur

4.2.2. Fenêtre de toit

La membrane de gestion de la vapeur d'eau et d'étanchéité à l'air doit être jointoyée à la fenêtre de toit grâce au mastic Vario® Double Fit / Double Fit+. Pour cela des bandes de membrane doivent assurer la jonction entre la membrane posée sur le platelage ou les chevrons, et la fenêtre de toit. Ces bandes sont préparées et adhésivées avant la mise en œuvre de l'isolant Multisol 110 ou Multisol 140 et sont jointoyées au reste de la membrane avec l'adhésif Vario® Multitape ou Fast Tape, avec un soin particulier apporté à chaque angle. Après la pose du cadre de fenêtre, ces bandes de membranes sont jointoyés au cadre avec le mastic Vario® Double Fit / Double Fit+.

Dans le cas où la fenêtre de toit n'est pas encore mise en place, la membrane doit être remontée sur le chevêtre jusqu'à une hauteur supérieure ou égale à la position de l'écran de sous-toiture.

Une fois les isolants et l'écran de sous-toiture posés, afin de protéger la partie supérieure de la fenêtre de toit, un déflecteur est installée en amont comme décrit au §4.2.1. Il convient ensuite d'effectuer l'étanchéité entre la fenêtre et l'écran :

- Dans le cas d'un écran souple HPV, une bande d'adhésif Vario® Multitape ou Fast Tape fait la jonction entre l'écran et la fenêtre de toit ou son chevêtre.
- Dans le cas de l'écran rigide Duoprotect, une bande d'adhésif Vario® Multitape 150 de 150mm de large recouvre le panneau de Duoprotect sur la moitié de la largeur de l'adhésif, et remonte sur la fenêtre de toit ou son chevêtre. Elle est collée sur la fenêtre ou le chevêtre directement, et sur le panneau de Duoprotect grâce au primaire liquide ou en spray (conformément au §3.7.1).

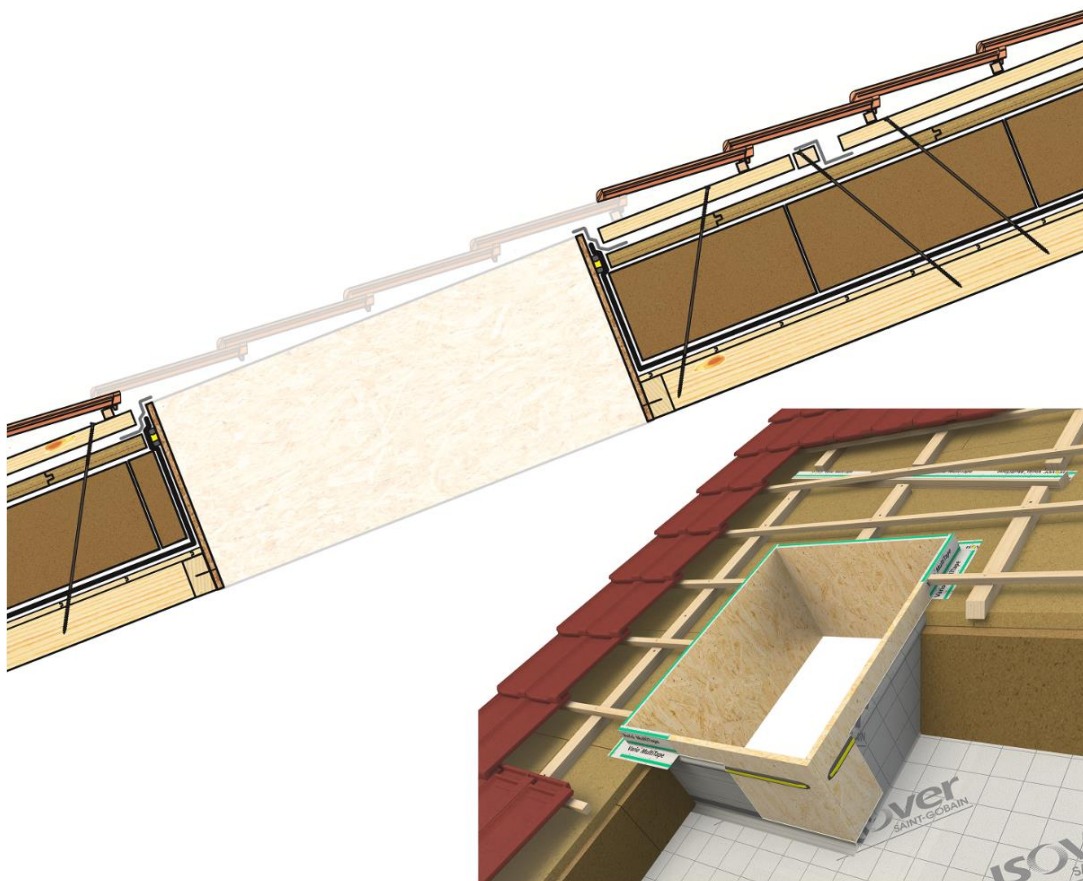


Figure 26 : Fenêtre de toit

4.2.3. Sortie de ventilation

Avant la mise en œuvre des panneaux isolants, la membrane de gestion de la vapeur d'eau et d'étanchéité à l'air doit être jointoyée au conduit pour assurer son étanchéité. Une bande de Vario® Multitape 150 est pliée en 2 à mi-largeur et collée à la base du conduit sur cette demi-largeur, comme montré en Figure 27. Le reste de la largeur est alors coupé en bande dans le sens de la largeur, et chaque bande est dépliée et collée sur la membrane. Des morceaux de Vario® Multitape 60 ou Fast Tape viennent alors combler l'espace entre chacune de ces bandes.



Figure 27 : Jonction entre un conduit et un écran

Une fois les isolants posés, afin de protéger la partie supérieure de la sortie de ventilation, un déflecteur est installée en amont comme décrit au §4.2.1.

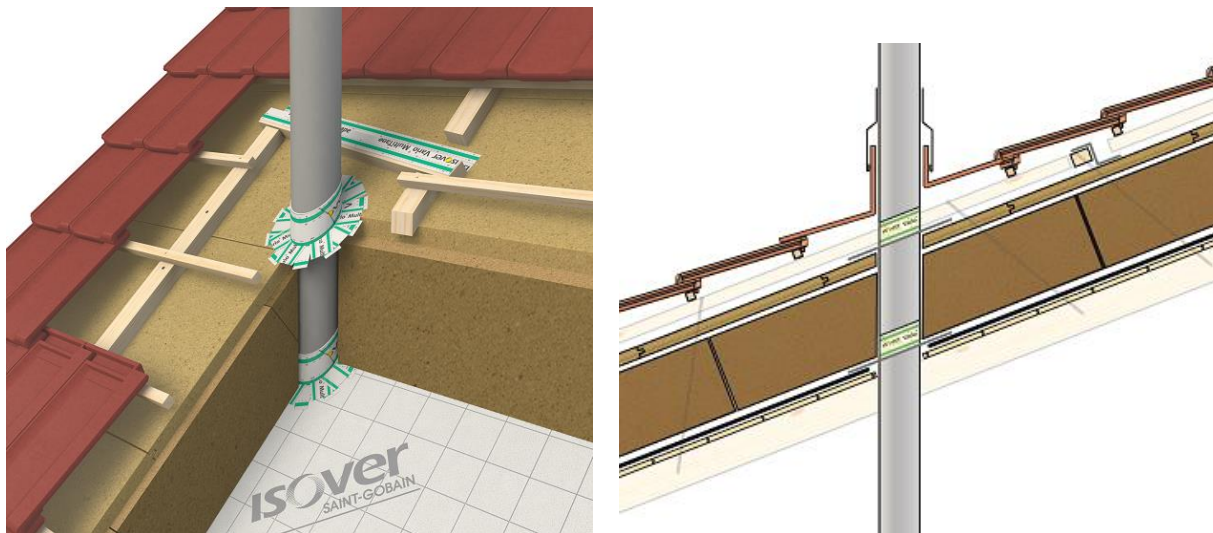


Figure 28 : Conduit de ventilation

Il convient ensuite d'effectuer l'étanchéité entre le conduit et l'écran (rigide de sous-toiture ou souple HPV). Le primaire liquide ou en spray (conformément au §3.7.1) est appliqué sur 80 mm autour du conduit dans le cas de l'écran rigide Duoprotect. La jonction autour du conduit est identique à la membrane. Une bande de Vario® Multitape 150 est pliée en 2 à mi-largeur et collée à la base du conduit sur cette demi-largeur, comme montré en Figure 27. Le reste de la largeur est alors coupé en bande dans le sens de la largeur, et chaque bande est dépliée et collée sur l'écran. Des morceaux de Vario® Multitape ou Fast Tape viennent alors combler l'espace entre chacune de ces bandes.

4.2.4. Conduit de cheminée

Pour protéger la partie supérieure de l'entourage de la cheminée, un déflecteur est installé en amont comme décrit au §4.2.1.

Une distance de sécurité doit être conservée entre l'isolant en fibre de bois et le conduit de cheminée, conformément au DTU 24.1 et au cahier 3816 du CSTB. La distance de sécurité est la distance minimale à conserver entre la face externe de l'ouvrage « conduit de fumée » et les matériaux combustibles ou isolants adjacents, afin d'éviter tout risque de dilatation de matériaux, de piège à calorie ou de départ d'incendie.

Cette distance de sécurité doit être déterminée selon le DTU 24.1, ou selon les éventuels recommandations ou avis techniques des fabricants de conduits de fumée. Dans le cas où ces valeurs diffèrent, la plus grande des distances s'applique. En l'absence de connaissance des éléments permettant de déterminer la distance de sécurité, on peut, selon les dispositions du NF DTU 24.1, retenir pour un espace d'air une valeur minimale de distance de sécurité de 10 cm pour les conduits de fumée, et de 3 fois le diamètre du conduit pour les conduits de raccordement métalliques simple-paroi avec un minimum de 37,5 cm.

Sauf dans le cas des systèmes isolés sous avis technique décrits ci-dessous, cette distance de sécurité est laissée vide ou remplie d'un matériau non isolant classé A1 ou A2-s1,d0. Si elle est laissée vide, une butée garantie le maintien de cette distance pour l'isolant situé au-dessus du conduit. Le platelage bois, la membrane de gestion de la vapeur d'eau et d'étanchéité à l'air et l'écran de sous-toiture sont également interrompus pour respecter cette distance.

Si une plaque de distance de sécurité incombustible est utilisée en sous face de cette distance de sécurité, il convient de jointoyer la membrane de gestion de la vapeur d'eau et d'étanchéité à l'air à cette plaque avec le Vario® Multitape ou Fast Tape. Un coffrage au mortier peut également être posé dans cette distance de sécurité pour recréer une étanchéité à l'air. La membrane sera alors également jointoyée sur ce coffrage. La membrane et l'adhésif doivent néanmoins rester à distance de sécurité du conduit.

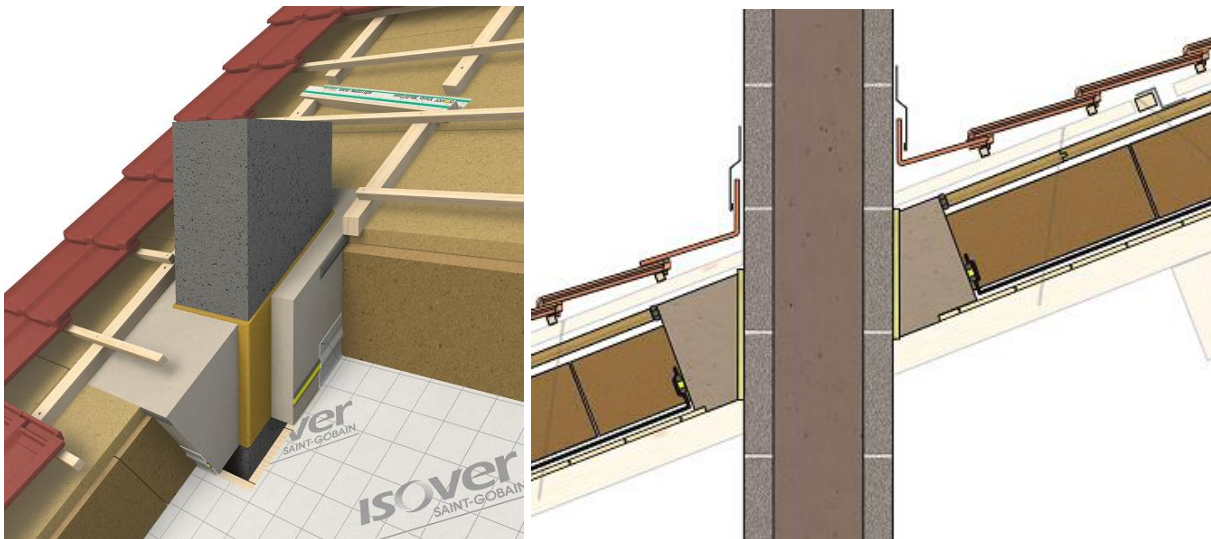


Figure 29 : Cas d'un conduit sans kit isolé sous avis technique (conduit maçonné ici)

Il existe également des systèmes de kits isolés permettant d'isoler au contact certains conduits de fumée dans les traversées de parois. Ces systèmes de kits isolés sont des composants sous Avis Techniques associés à un conduit de fumée spécifique. Dans ce cas, l'isolant en fibre de bois, le platelage bois, la membrane de gestion de la vapeur d'eau et d'étanchéité à l'air et l'écran de sous-toiture sont également interrompus pour respecter la distance de sécurité. La membrane de gestion de la vapeur d'eau et d'étanchéité à l'air est alors jointoyée à la plaque de distance de sécurité du kit isolé avec le Vario® Multitape ou Fast Tape.

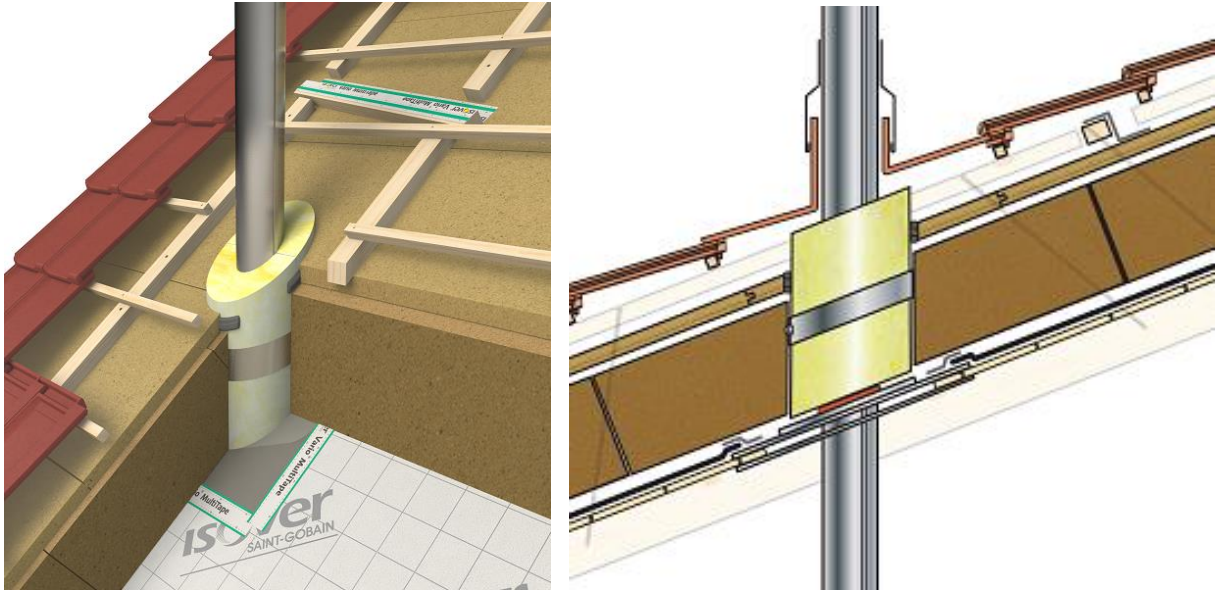
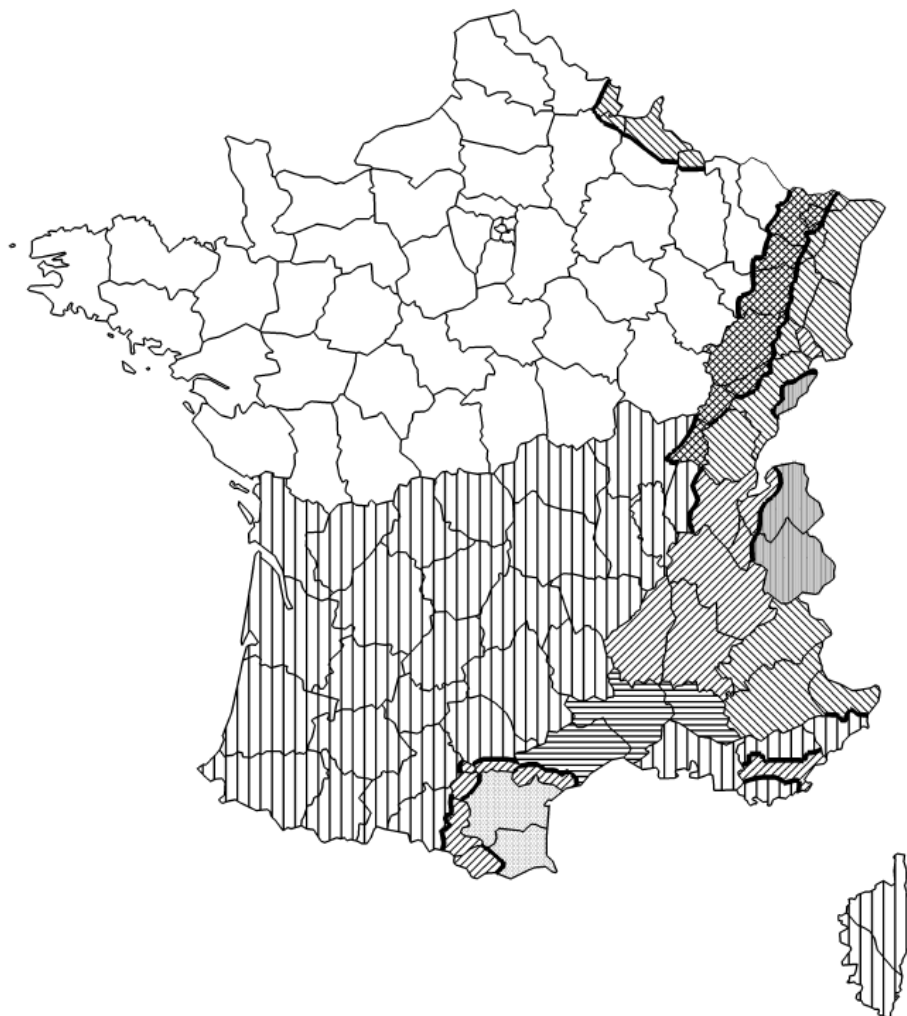


Figure 30 : Cas d'un conduit métallique avec kit isolé sous avis technique

5. Dimensionnement des entraxes entre vis

5.1. Calcul des charges sur la toiture

Les charges de neige caractéristiques et exceptionnelles sont données par la Figure 31 issue de la norme NF EN 1991-1-3/NA.



Charges en kN/m ²	Régions							
	A1	A2	B1	B2	C1	C2	D	E
Valeur caractéristique (S_k) de la charge de neige sur le sol à une altitude < 200 m	0,45	0,45	0,55	0,55	0,65	0,65	0,90	1,40
Valeur de calcul (S_{Ad}) de la charge exceptionnelle de neige sur le sol	–	1,00	1,00	1,35	–	1,35	1,80	–
Loi de variation de la charge caractéristique pour une altitude > 200 m	ΔS_1							ΔS_2

Altitude A	ΔS_1	ΔS_2
de 200 à 500 m	$A / 1000 - 0,20$	$1,5 A / 1000 - 0,30$
de 500 à 1000 m	$1,5 A / 1000 - 0,45$	$3,5 A / 1000 - 1,30$
de 1000 à 2000 m	$3,5 A / 1000 - 2,45$	$7,0 A / 1000 - 4,80$

Figure 31 : Carte des valeurs des charges de neige à prendre en compte selon la NF EN 1991-1-3/NA. (le détail des affectation par département en canton est disponible dans cette norme)

Les charges de vent ne sont pas dimensionnant jusqu'en zone 2.

5.2. Dimensionnement de la densité de vissage avec la vis Starking de LR Etanco

5.2.1. Calcul de dimensionnement

L'effort de cisaillement induit sur les fixations par unité de surface, noté V_d , est déterminé par les équations suivantes :

- Etat Limite Ultime - Charge standard : $V_d^{ELU-STR} = 1,35 G_k \sin \beta$
- Etat Limite de Service - Charge standard : $V_d^{ELS-STR} = 1,35 G_k \sin \beta + 1,5 S_k \sin \beta \cos \beta$
- Etat Limite Ultime - Charge accidentelle : $V_d^{ELU-ACC} = G_k \sin \beta + S_{Ad} \sin \beta \cos \beta$

Avec S_k la charge caractéristique de la charge au le sol (N/m^2) – voir Figure 31 § 5.1

S_{Ad} la charge exceptionnelle de neige sur le sol (N/m^2) – voir Figure 31 § 5.1

G_k le poids propre de la couverture (N/m^2)

β la pente de la toiture – voir Figure 32

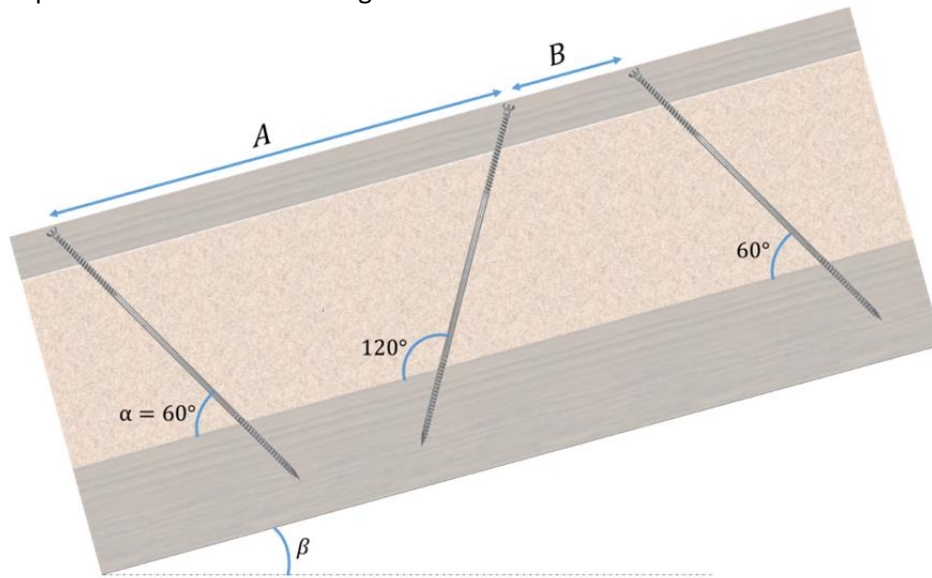


Figure 32 : Fixation de l'isolant sur les chevrons

La résistance de calcul de la vis en cisaillement, notée $F_{v,Rd}$, est donnée par :

$$F_{v,Rd} = k_{mod} F_{v,Rk} / \gamma_m$$

Avec $F_{v,Rk}$ la résistance caractéristique des vis suivant leur longueur (N) – voir Figure 33

k_{mod} le coefficient de modification moyen terme = 0,8

γ_m le coefficient partiel pour les assemblages = 1,3 (1,0 en situation accidentelle)

Longueur vis STARKING (mm)	210	230	250	270	300	330	360	400	440	480	500
$F_{v,Rk}$ (daN)	105	100	95	90	82	75	67	64	62	59	58

Figure 33 : Résistance caractéristique $F_{v,Rk}$ des vis Starking $\varnothing 7$ mise en œuvre en Sarking à 60° et 120° dans un bois de classe C24 avec une profondeur d'ancrage ≥ 60 mm, conformément à la NF EN 1995-1-1.

Le nombre de fixations nécessaires par m^2 , noté N , est donné ci-dessous avec un minimum de 2 fixations :

$$N = \max \begin{cases} V_d^{ELU-STR} / F_{v,Rd} \\ V_d^{ELS-STR} / F_{v,Rd} \\ V_d^{ELU-ACC} / F_{v,Rd} \\ 2 \end{cases}$$

L'espacement maximum d_{max} entre fixations est déterminé par la formule suivante :

$$d_{max} = \frac{A + B}{2} = \frac{1}{e N}$$

Avec e l'entraxe des chevrons

A et B les distances entre têtes de vis comme dessiné en Figure 32.

On peut alors prendre :

- soit $A = B \leq d_{max}$,
- soit $A \leq d_{max} + \frac{L}{2}$ et $B \leq d_{max} - \frac{L}{2}$

en respectant $A \geq L + 50$ mm et $B \geq 50$ mm, avec L la longueur de la vis.

5.2.2. Abaque simplifié de densité de fixation des vis

Données valables uniquement avec les vis STARKING et pour la configuration suivante :

- couverture en petits éléments (hors bac acier)
- entraxe entre chevrons ≤ 600 mm
- poids de la couverture ≤ 75 kg / m²
- pose des fixations alternée à 60° et 120° (0° étant dans le sens de la pente du toit)
- profondeur d'ancrage de la fixation ≥ 60 mm
- charges de neiges suivant Eurocode 1, partie 13 "actions sur les structures - action de la neige" et son annexe nationale, sans prise en compte de la réduction de la charge de neige en fonction de la pente (avec système de retenue), et sans de phénomène d'accumulation de neige
- Contre-lattes de classe de bois \geq C24 et de section $\geq 40 \times 60$ mm

Pour un entraxe optimisé ou un cas non présent dans ce tableau, vous pouvez utiliser le logiciel de dimensionnement du fabricant ou contacter son service technique (coordonnées en Figure 20).

Epaisseur Contre latte + Isolant + Platelage (mm)		160	200	260	300	340		
Longueur vis (mm)		250	300	360	440	480		
Zone de neige	Altitude (m)	Pente (°)	Pente (%)	Entraxe max entre vis $d_{max} = \frac{A+B}{2}$ (mm)				
A1 A2 B1 B2	0 - 499m	10 - 15°	17 - 27%	833	833	833	833	833
		16 - 30°	28 - 58 %	833	833	833	833	820
		31 - 59°	59 - 166%	833	833	715	662	630
	500 - 900 m	10 - 15°	17 - 27%	833	833	833	833	833
		16 - 30°	28 - 58 %	833	791	646	598	569
		31 - 59°	59 - 166%	678	585	478	443	421
C1 C2 D	0 - 499m	10 - 15°	17 - 27%	833	833	833	833	833
		16 - 30°	28 - 58 %	833	833	774	716	681
		31 - 59°	59 - 166%	664	573	468	433	412
	500 - 900 m	10 - 15°	17 - 27%	833	833	833	833	833
		16 - 30°	28 - 58 %	755	652	532	493	469
		31 - 59°	59 - 166%	580	500	409	378	360
E	0 - 499m	10 - 15°	17 - 27%	833	833	833	806	767
		16 - 30°	28 - 58 %	687	593	484	448	427
		31 - 59°	59 - 166%	535	462	377	349	332
	500 - 900 m	10 - 15°	17 - 27%	833	833	714	661	629
		16 - 30°	28 - 58 %	567	489	400	370	352
		31 - 59°	59 - 166%	452	390	319	295	-

Figure 34 : Abaque de densité de fixation des vis STARKING.

5.3. Dimensionnement de la densité de vissage de la Twin UD de SFS

5.3.1. Calcul de dimensionnement

Efforts subis par les vis

Les contrelattes sont soumises à un important moment de flexion en fonction des espacements de vis, de l'arrangement des vis travaillant en compression/traction et des différentes inclinaisons. Les moments de flexion sont obtenus en se basant sur les hypothèses suivantes :

- Les efforts de traction et de compression dans les vis sont déterminés sur la base des conditions d'équilibre établies à partir des efforts agissant parallèlement et perpendiculairement à la surface du toit. Ces efforts sont des charges linéaires et constantes q_{\perp} et q_{\parallel} .
- Les vis sont considérées comme des barres articulées supportés de 10 mm dans la contre-latte ou le chevron. La longueur effective de barre est donc égale à la longueur de vis entre la contrelatte et le chevron plus 20 mm.
- La contre-latte est considérée comme une poutre continue de portée constante $l = A + B$. Les vis en compression constituent les appuis de la poutre continue tandis que les vis en traction appliquent des charges concentrées perpendiculaires à l'axe de la contre-latte.

Les efforts se calculent suivant les formules :

$$q_{\parallel} = \max(1.35 G_k + 1,5 S_k \cos \beta ; G_k + S_{Ad} \cos \beta) \sin \beta$$

$$q_{\perp} = \max(1.35 G_k + 1,5 S_k \cos \beta ; G_k + S_{Ad} \cos \beta) \cos \beta$$

Avec S_k la charge caractéristique de la charge au le sol (N/m^2) – voir Figure 31 § 5.1

S_{Ad} la charge exceptionnelle de neige sur le sol (N/m^2) – voir Figure 31 § 5.1

G_k le poids propre de la couverture (N/m^2)

β la pente de la toiture – voir Figure 35

Les vis subissent des contraintes principalement de traction ou de compression. Les valeurs caractéristiques des efforts normaux dans les vis sont déterminées à partir des efforts appliqués parallèlement et perpendiculairement à la surface du toit :

- Vis sollicitées en compression :

$$N_{c,k} = (A + B) * \left(- \frac{q_{\parallel,k} * \sin \alpha + q_{\perp,k} * \cos \alpha}{\sin 2\alpha} \right)$$

- Vis sollicitées en traction :

$$N_{t,k} = (A + B) * \left(\frac{q_{\parallel,k} * \sin \alpha - q_{\perp,k} * \cos \alpha}{\sin 2\alpha} \right)$$

Avec A et B les entraxes des têtes des vis conformément à la Figure 32 [m]

$q_{\parallel,k}$ la valeur caractéristique des efforts parallèles au plan de toiture

$q_{\perp,k}$ la valeur caractéristique des efforts perpendiculaires au plan de toiture

α l'angles entre l'axe de vis et le fil du bois, ici égal à 60°

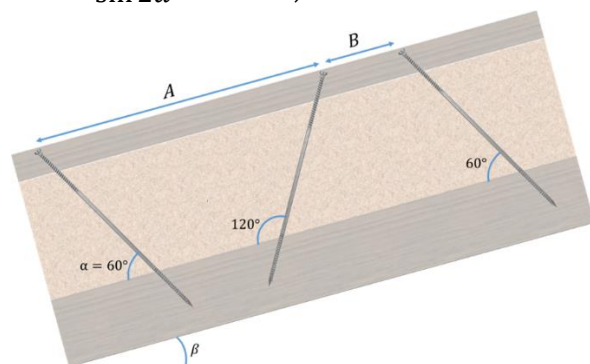


Figure 35 : Fixation de l'isolant sur les chevrons

Résistance des vis

La valeur de calcul de résistance des vis devra être calculé selon les équations suivantes :

$$\begin{aligned}
- \text{ Vis en compression : } & F_{ax,\alpha,Rd,c} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{ax,d} d_b l_{ef,b}}{1,2 \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} \left(\frac{\rho_{b,k}}{350} \right)^{0,8} \quad (\text{résistance dans la contre latte}) \\ \frac{f_{ax,d} d_r l_{ef,r}}{1,2 \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} \left(\frac{\rho_{r,k}}{350} \right)^{0,8} \quad (\text{résistance dans le chevron}) \\ \frac{K_{c \cdot N_{pl,k}}}{\gamma_{M1}} \quad (\text{résistance en flambement de la vis}) \end{array} \right. \\
- \text{ Vis en traction : } & F_{ax,\alpha,Rd,t} = \min \left\{ \begin{array}{l} \frac{f_{ax,d} d_b l_{ef,b}}{1,2 \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} \left(\frac{\rho_{b,k}}{350} \right)^{0,8} \quad (\text{résistance dans la contre latte}) \\ \frac{f_{ax,d} d_r l_{ef,r}}{1,2 \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} \left(\frac{\rho_{r,k}}{350} \right)^{0,8} \quad (\text{résistance dans le chevron}) \\ \frac{f_{tens,k}}{\gamma_{M2}} \quad (\text{résistance en traction de la vis}) \end{array} \right.
\end{aligned}$$

Avec $f_{ax,d}$ valeur de calcul de la résistance à l'arrachement perpendiculairement au fil

$$f_{ax,d} = k_{mod} \times f_{ax,k} / \gamma_m$$

$f_{ax,k}$ valeur caractéristique de la résistance à l'arrachement perpendiculairement au fil

k_{mod} facteur de modification de résistance pour les classes de service et classe de durée de chargement suivant l'EN 1995-1-1 et ses annexes nationales

$\gamma_m, \gamma_{m1}, \gamma_{m2}$ coefficients partiels suivant l'EN 1995-1-1 et ses annexes nationales

d_b et d_r les diamètres extérieurs du filetage de la vis au niveau de la contre latte et du chevron

$l_{ef,b}$ et $l_{ef,r}$ les longueurs de pénétration de la partie fileté de la vis dans la contre latte et le chevron

$\rho_{b,k}$ et $\rho_{r,k}$ les densités caractéristiques de la contre latte et du chevron [kg/m³]

$f_{tens,k}$ résistance caractéristique en traction de la vis

$K_{c \cdot N_{pl,k}}$ résistance au flambement de la vis

Diamètre extérieur du filetage de la vis au niveau de la contre latte d_b	8,8	mm
Diamètre extérieur du filetage de la vis au niveau du chevron d_r	7,5	mm
Résistance caractéristique en traction $f_{tens,k}$	12	kN
Résistance caractéristique à l'arrachement perpendiculairement au fil $f_{ax,k}$	12,5	N/mm ²

Figure 36 : Résistances caractéristiques en traction et arrachement de la vis Twin UD suivant l'ETA-12/0038

Valeurs caractéristiques de la résistance au flambement relative à la section du diamètre de fond de filet des vis $K_{c \cdot N_{pl,k}}$ [kN]

Longueur libre des vis entre la contre-latte et le chevron [mm]	≤100	120	140	160	180	200	220	240	260	280
Gamme SFS Twin UD	10,1	8,3	6,8	5,7	4,8	4,1	3,5	3,0	2,7	2,3

Longueur libre des vis entre la contre-latte et le chevron [mm]	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480
Gamme SFS Twin UD	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2	1,1	1,0	0,9

Figure 37 : Résistance caractéristique au flambement relative à la section du fond de filet des vis, en fonction de la longueur libre des vis entre la contre-latte et le chevron, pour la vis Twin UD suivant l'ETA-12/0038.

L'entraxe maximal entre vis se déduit alors par la formule :

$$d_{max} = \frac{A + B}{2} = \min \left(\frac{F_{ax,\alpha,Rd,c}}{2e \left(-\frac{q_{||,k} * \sin \alpha + q_{\perp,k} * \cos \alpha}{\sin 2\alpha} \right)} ; \frac{F_{ax,\alpha,Rd,t}}{2e \left(\frac{q_{||,k} * \sin \alpha - q_{\perp,k} * \cos \alpha}{\sin 2\alpha} \right)} ; \frac{1,75}{2} \right)$$

Avec e l'entraxe des chevrons

A et B les distances entre têtes de vis comme dessiné en Figure 35.

1,75 m est l'entraxe maximal autorisé entre 2 vis de même inclinaison.

On peut alors prendre :

- soit $A = B \leq d_{max}$,
- soit $A \leq d_{max} + \frac{L}{2}$ et $B \leq d_{max} - \frac{L}{2}$

en respectant $A \geq L + 50$ mm et $B \geq 50$ mm, avec L la longueur de la vis.

5.3.2. Abaque simplifié de densité de fixation des vis

Données valables uniquement avec les vis Twin UD et pour la configuration suivante :

- couverture en petits éléments (hors bac acier)
- entraxe entre chevrons ≤ 600 mm
- poids de la couverture ≤ 60 kg / m²
- pose des fixations alternée à 60° et 120° (0° étant dans le sens de la pente du toit)
- profondeur d'ancrage de la fixation ≥ 60 mm
- charges de neiges suivant Eurocode 1, partie 13 "actions sur les structures - action de la neige" et son annexe nationale, sans prise en compte de la réduction de la charge de neige en fonction de la pente (avec système de retenue), et sans de phénomène d'accumulation de neige
- Contre-lattes de classe de bois \geq C24 et de section $\geq 40 \times 60$ mm
- Pose des vis en une seule fois sans pré-perçage.

Pour un entraxe optimisé ou un cas non présent dans ce tableau, vous pouvez utiliser le logiciel de dimensionnement du fabricant ou contacter son service technique (coordonnées en Figure 20).

Epaisseur Contre latte + Isolant + Platelage (mm)		160	200	260	300	340		
Longueur vis (mm)		250	300	360	400	480		
Zone de neige	Altitude (m)	Pente (°)	Pente (%)	Entraxe max entre vis $d_{max} = \frac{A+B}{2}$ (mm)				
A1 A2 B1 B2	0 - 499m	10 - 15°	17 - 27%	875	875	875	875	743
		16 - 54°	28 - 142%	875	875	875	875	638
		$\geq 55^\circ$	$\geq 143\%$	875	875	875	875	699
	500 - 900 m	10 - 15°	17 - 27%	875	875	827	682	485
		16 - 54°	28 - 142%	794	794	727	599	426
		$\geq 55^\circ$	$\geq 143\%$	875	875	840	692	493
C1 C2 D	0 - 499m	10 - 15°	17 - 27%	875	875	875	837	595
		16 - 54°	28 - 142%	875	875	875	728	518
		$\geq 55^\circ$	$\geq 143\%$	875	875	875	821	585
	500 - 900 m	10 - 15°	17 - 27%	778	778	712	586	417
		16 - 54°	28 - 142%	687	687	629	519	369
		$\geq 55^\circ$	$\geq 143\%$	807	807	739	608	433
E	0 - 499m	10 - 15°	17 - 27%	864	864	791	651	464
		16 - 54°	28 - 142%	761	761	696	574	408
		$\geq 55^\circ$	$\geq 143\%$	875	875	808	666	474
	500 - 900 m	10 - 15°	17 - 27%	648	648	594	489	348
		16 - 54°	28 - 142%	576	576	528	435	309
		$\geq 55^\circ$	$\geq 143\%$	688	688	630	519	369

Figure 38 : Abaque de densité de fixation des vis TWIN UD.

5.4. Dimensionnement de la densité de vissage de la Assy® 4 Isotop de WURTH

5.4.1. Calcul de dimensionnement

Les contrelattes sont soumises à un important moment de flexion en fonction des espacements de vis, de l'arrangement des vis travaillant en compression/traction et des différentes inclinaisons. Les moments de flexion sont obtenus en se basant sur les hypothèses suivantes :

- Les efforts de traction et de compression dans les vis sont déterminés sur la base des conditions d'équilibre établies à partir des efforts agissant parallèlement et perpendiculairement à la surface du toit. Ces efforts sont des charges linéaires et constantes q_{\perp} et q_{\parallel} .
- Les vis sont considérées comme des barres articulées supportés de 10 mm dans la contre-latte ou le chevron. La longueur effective de barre est donc égale à la longueur de vis entre la contrelatte et le chevron plus 20 mm.
- La contre-latte est considérée comme une poutre continue de portée constante $l = A + B$. Les vis en compression constituent les appuis de la poutre continue tandis que les vis en traction appliquent des charges concentrées perpendiculaires à l'axe de la contre-latte.

Les efforts se calculent suivant les formules :

$$q_{\parallel} = \max(1.35 G_k + 1,5 S_k \cos \beta ; G_k + S_{Ad} \cos \beta) \sin \beta$$

$$q_{\perp} = \max(1.35 G_k + 1,5 S_k \cos \beta ; G_k + S_{Ad} \cos \beta) \cos \beta$$

Avec S_k la charge caractéristique de la charge au le sol (N/m^2) – voir Figure 31 § 5.1

S_{Ad} la charge exceptionnelle de neige sur le sol (N/m^2) – voir Figure 31 § 5.1

G_k le poids propre de la couverture (N/m^2)

β la pente de la toiture – voir Figure 39

Les vis subissent des contraintes principalement de traction ou de compression. Les valeurs caractéristiques des efforts normaux dans les vis sont déterminées à partir des efforts appliqués parallèlement et perpendiculairement à la surface du toit :

- Vis sollicitées en compression :

$$N_{c,k} = (A + B) * \left(- \frac{q_{\parallel,k} * \sin \alpha + q_{\perp,k} * \cos \alpha}{\sin 2\alpha} \right)$$

- Vis sollicitées en traction :

$$N_{t,k} = (A + B) * \left(\frac{q_{\parallel,k} * \sin \alpha - q_{\perp,k} * \cos \alpha}{\sin 2\alpha} \right)$$

Avec A et B les entraxes des têtes des vis conformément à la Figure 32 [m]

$q_{\parallel,k}$ la valeur caractéristique des efforts parallèles au plan de toiture

$q_{\perp,k}$ la valeur caractéristique des efforts perpendiculaires au plan de toiture

α l'angles entre l'axe de vis et le fil du bois, ici égal à 60°

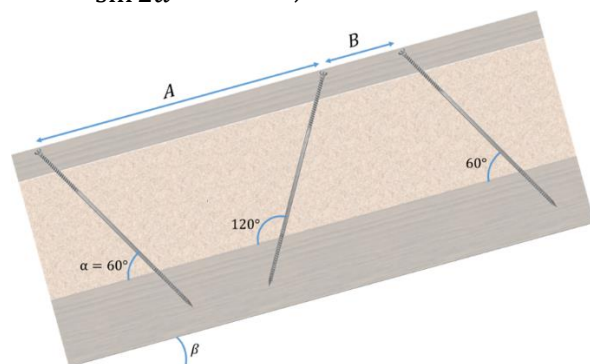


Figure 39 : Fixation de l'isolant sur les chevrons

Résistance des vis

La valeur de calcul de résistance des vis devra être calculé selon les équations suivantes :

$$\begin{aligned}
 \text{- Vis en compression : } & F_{ax,\alpha,Rd,c} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{ax,d} d_b l_{ef,b} \left(\frac{\rho_{b,k}}{350} \right)^{0,8} \\ f_{ax,d} d_r l_{ef,r} \left(\frac{\rho_{r,k}}{350} \right)^{0,8} \\ \frac{K_{C \cdot N_{pl,k}}}{\gamma_{M1}} \end{array} \right. \begin{array}{l} \text{(résistance dans} \\ \text{la contre latte)} \\ \text{(résistance dans} \\ \text{le chevron)} \\ \text{(résistance en} \\ \text{flambement de la vis)} \end{array} \\
 \text{- Vis en traction : } & F_{ax,\alpha,Rd,t} = \min \left\{ \begin{array}{l} f_{ax,d} d_b l_{ef,b} \left(\frac{\rho_{b,k}}{350} \right)^{0,8} \\ f_{ax,d} d_r l_{ef,r} \left(\frac{\rho_{r,k}}{350} \right)^{0,8} \\ \frac{f_{tens,k}}{\gamma_{M2}} \end{array} \right. \begin{array}{l} \text{(résistance dans} \\ \text{la contre latte)} \\ \text{(résistance dans} \\ \text{le chevron)} \\ \text{(résistance en} \\ \text{traction de la vis)} \end{array}
 \end{aligned}$$

Avec $f_{ax,d}$ valeur de calcul de la résistance à l'arrachement perpendiculairement au fil

$$f_{ax,d} = k_{mod} \times f_{ax,k} / \gamma_m$$

$f_{ax,k}$ valeur caractéristique de la résistance à l'arrachement perpendiculairement au fil

k_{mod} facteur de modification de résistance pour les classes de service et classe de durée de chargement suivant l'EN 1995-1-1 et ses annexes nationales

$\gamma_m, \gamma_{m1}, \gamma_{m2}$ coefficients partiels suivant l'EN 1995-1-1 et ses annexes nationales

d_b et d_r les diamètres extérieurs du filetage de la vis au niveau de la contre latte et du chevron

$l_{ef,b}$ et $l_{ef,r}$ les longueurs de pénétration de la partie fileté de la vis dans la contre latte et le chevron

$\rho_{b,k}$ et $\rho_{r,k}$ les densités caractéristiques de la contre latte et du chevron [kg/m^3]

$f_{tens,k}$ résistance caractéristique en traction de la vis

$K_{c \cdot N_{pl,k}}$ résistance au flambement de la vis

Diamètre extérieur du filetage de la vis au niveau de la contre latte d_b	10	mm
Diamètre extérieur du filetage de la vis au niveau du chevron d_r	8	mm
Résistance caractéristique en traction $f_{tens,k}$	11	kN
Résistance caractéristique à l'arrachement perpendiculairement au fil $f_{ax,k}$	11,5	N/mm ²

Figure 40 : Résistances caractéristiques en traction et arrachement de la vis Assy® 4 Isotop, selon l'ETA-11/0190.

Valeurs caractéristiques de la résistance au flambement relative à la section du diamètre de fond de filet des vis $K_{c \cdot N_{pl,k}}$ [kN]

Longueur libre des vis entre la contre-latte et le chevron [mm]	≤100	120	140	160	180	200	220	240	260	280
Gamme Würth Assy® 4 Isotop	10,1	8,30	6,84	5,70	4,79	4,08	3,51	3,04	2,67	2,35

Longueur libre des vis entre la contre-latte et le chevron [mm]	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480
Gamme Würth Assy® 4 Isotop	2,10	1,88	1,69	1,53	1,45	1,26	1,16	1,06	0,99	0,91

Figure 41 : Résistance caractéristique au flambement relative à la section du fond de filet des vis, en fonction de la longueur libre des vis entre la contre-latte et le chevron,, pour la vis Assy® 4 Isotop suivant l'ETA-11/0190.

L'entraxe maximal entre vis se déduit alors par la formule :

$$d_{max} = \frac{A + B}{2} = \min \left(\frac{F_{ax,\alpha,Rd,c}}{2e \left(-\frac{q_{||,k} * \sin \alpha + q_{\perp,k} * \cos \alpha}{\sin 2\alpha} \right)}; \frac{F_{ax,\alpha,Rd,t}}{2e \left(\frac{q_{||,k} * \sin \alpha - q_{\perp,k} * \cos \alpha}{\sin 2\alpha} \right)}; \frac{1,75}{2} \right)$$

Avec e l'entraxe des chevrons

A et B les distances entre têtes de vis comme dessiné en Figure 39.

1,75 m est l'entraxe maximal autorisé entre 2 vis de même inclinaison.

On peut alors prendre :

- soit $A = B \leq d_{max}$,
- soit $A \leq d_{max} + \frac{L}{2}$ et $B \leq d_{max} - \frac{L}{2}$
- soit $B = 250$ mm et $A = 2 d_{max} - 250$ mm

en respectant $A \geq L + 50$ mm et $B \geq 50$ mm, avec L la longueur de la vis.

5.4.2. Abaque simplifié de densité de fixation des vis

Données valables uniquement avec les vis Assy® 4 et pour la configuration suivante :

- couverture en petits éléments (hors bac acier) de poids ≤ 60 kg / m²
- entraxe entre chevrons ≤ 600 mm
- pose des fixations alternée à 60° et 120° (0° étant dans le sens de la pente du toit)
- profondeur d'ancrage de la fixation ≥ 60 mm
- charges de neiges suivant Eurocode 1, partie 13 "actions sur les structures - action de la neige" et son annexe nationale, sans prise en compte de la réduction de la charge de neige en fonction de la pente (avec système de retenue), et sans de phénomène d'accumulation de neige
- Contre-lattes de classe de bois \geq C24 et de section $\geq 40 \times 60$ mm
- Pose des vis en une seule fois sans pré-perçage.
- Zone de vent 1 ou 2

Pour un entraxe optimisé ou un cas non présent dans ce tableau, vous pouvez utiliser le logiciel de dimensionnement du fabricant ou contacter son service technique (coordonnées en Figure 20).

Epaisseur Contre latte + Isolant + Platelage (mm)		160	200	260	300	340		
Longueur vis (mm)		250	300	400	440	480		
Zone de neige	Altitude (m)	Pente (°)	Pente (%)	Entraxe max entre vis $d_{max} = \frac{A+B}{2}$ (mm)				
A1 A2 B1 B2	0 - 499m	15°	27%	625	625	625	625	625
		30°	58%	650	650	650	600	475
		60°	173%	700	700	700	525	425
	500 - 900 m	15°	27%	625	625	625	625	550
		30°	58%	650	650	650	550	450
		60°	173%	700	700	700	525	425
C1 C2 D	0 - 499m	15°	27%	625	625	625	625	600
		30°	58%	650	650	650	600	475
		60°	173%	700	700	700	525	425
	500 - 900 m	15°	27%	625	625	625	600	475
		30°	58%	625	625	625	475	-
		60°	173%	700	700	700	525	425
E	0 - 499m	15°	27%	625	625	625	575	475
		30°	58%	625	625	625	475	-
		60°	173%	700	700	700	525	425
	500 - 900 m	15°	27%	525	525	525	-	-
		30°	58%	500	500	450	-	-
		60°	173%	700	700	700	525	425

Figure 42 : Abaque de densité de fixation des vis Assy® 4 Isotop.

Würth conseille de prendre tout le temps B = 250 mm sur la Figure 39 et de varier A en fonction du calcul de dimensionnement, ce qui donne la Figure 43.

Epaisseur Contre latte + Isolant + Platelage (mm)		160	200	260	300	340		
Longueur vis (mm)		250	300	400	440	480		
Zone de neige	Altitude (m)	Pente (°)	Pente (%)	Entraxe A entre vis si B = 250 mm (mm)				
A1 A2 B1 B2	0 - 499m	15°	27%	1000	1000	1000	1000	1000
		30°	58%	1050	1050	1050	950	700
		60°	173%	1150	1150	1150	800	600
	500 - 900 m	15°	27%	1000	1000	1000	1000	850
		30°	58%	1050	1050	1050	850	650
		60°	173%	1150	1150	1150	800	600
C1 C2 D	0 - 499m	15°	27%	1000	1000	1000	1000	950
		30°	58%	1050	1050	1050	950	700
		60°	173%	1150	1150	1150	800	600
	500 - 900 m	15°	27%	1000	1000	1000	950	700
		30°	58%	1000	1000	1000	700	-
		60°	173%	1150	1150	1150	800	600
E	0 - 499m	15°	27%	1000	1000	1000	900	700
		30°	58%	1000	1000	1000	700	-
		60°	173%	1150	1150	1150	800	600
	500 - 900 m	15°	27%	800	800	800	-	-
		30°	58%	750	750	650	-	-
		60°	173%	1150	1150	1150	800	600

Figure 43 : Abaque des entraxes A en prenant B = 250 mm, pour les vis Assy® 4 Isotop.

6. Fabrication, contrôles et assurance qualité

6.1. Panneaux isolants thermiques en fibre de bois

Les produits ISONAT Flex 40, Flex 55 Plus H, Multisol 110, Multisol 140 et Duoprotect sont des panneaux isolants constitués de fibres de bois. Ils sont fabriqués à partir de bois défilé. Les fibres de bois sont mélangées puis nappées en matelas isolant. La cohésion entre les fibres de bois est assurée à l'aide d'un liant thermofusible pour les isolants flexibles et d'un liant liquide pour les isolants rigides). Les produits sont résistants au développement fongique dans les conditions d'utilisation du présent document.

Ces produits relèvent de la norme européenne harmonisée NF EN 13171 et disposent d'un marquage CE. Ils font de plus l'objet de la certification ACERMI, avec en particulier 2 visites d'audit / an. Le suivi de leur qualité est détaillé en Figure 44, leur propriétés en Figure 50 et leurs résistances thermiques en Figure 3. Ils disposent enfin de FDES validées par une tierce partie et disponibles sur la base INIES.

	FLEX 40, FLEX 55 plus H	Multisol 110, Multisol 140, Duoprotect
Granulométrie et humidité de la fibre	1 / poste	
Contrôle de la masse volumique et des dimensions : épaisseur, longueur, largeur et équerrage.	A chaque changement de référence puis 1 / h	
Contrôle des rainures & languettes : centrage, profondeur, solidité	-	A chaque changement de référence puis 1 / h
Dureté des languettes	-	1 / référence / jour
Déviatiion sous poids propre (semi rigidité)	A chaque changement de référence puis 1 / h	-
Résistance mécanique : traction perpendiculaire aux faces, compression, flexion, dureté à cœur	-	1 / référence / jour
Conductivité thermique	1 / référence / jour	
Réaction au Feu	1 mesure directe / 2 ans	1 mesure directe / 2 ans et 1 indirecte / semaine
Absorption eau WS	-	1 / semaine
Transmission de vapeur d'eau	1 / 5 ans	
Résistivité à l'écoulement de l'air	1 / 5 ans	-
Stabilité dimensionnelle à 70°C		1 / 5 ans
Contrôle visuel de l'emballage : étiquette, housse et film (+ cornière pour les rigides)	1 / palette	

Figure 44 : Contrôle qualité des isolants fibres de bois Isonat.

6.2. Vis de fixation des contre-lattes

6.2.1. Vis Assy® 4 Isotop de Würth France

Les vis bois Assy® commercialisées par l'entreprise Würth France disposent d'une certification CE conformément à la norme NF EN 14592 et d'une Evaluation Technique Européenne sous le numéro ETA 11/0190. Dans cette gamme, la vis Assy® 4 Isotop a été développée pour une utilisation exclusive d'isolation de toiture par l'extérieur.

Elle est en acier au carbone et est revêtue d'une couche de zinc d'une épaisseur moyenne de 5 µm ou d'un alliage zinc/nickel d'une épaisseur moyenne de 4 µm.

C'est une vis à double filetage : le filetage du côté de la pointe mesure 59 mm pour un diamètre de 8 mm, le filetage du côté de la tête mesure 70 mm pour un diamètre de 10 mm. La partie lisse centrale de la vis est de longueur variable, en fonction de la longueur totale de la vis. La tête de vis est de forme cylindrique, de diamètre 11 mm pour une hauteur de 9 mm.

Ses performances mécaniques et sa méthode de dimensionnement sont détaillées en annexe au §5.4.

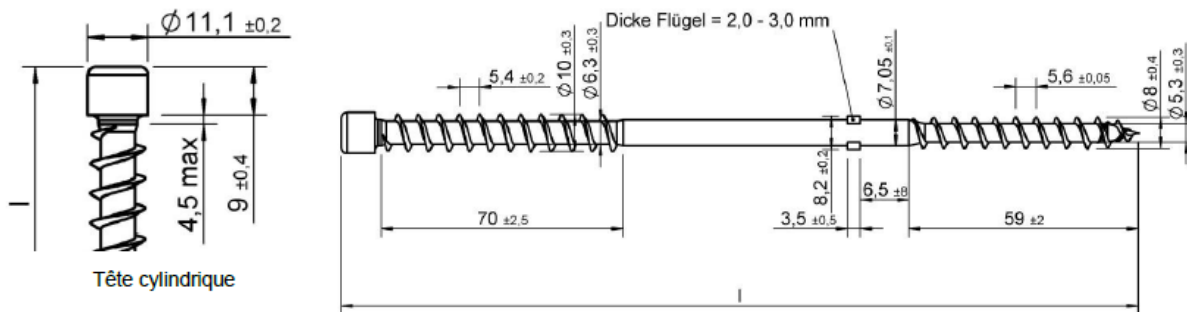


Figure 45 : Plan de la vis Assy® 54 Isotop

6.2.2. Vis Starking de LR ETANCO

Les vis STARKING TX40/2C- Ø7 x L sont des vis dédiées au Sarking pour effectuer la liaison de la contre-latte au chevron sans écrasement de l'isolant rigide ou semi-rigide. Elles disposent du marquage CE selon la norme NF EN 14592 (DoP consultable sur le site etanco.fr : DoP_STARKING_01A_FR).

Ce sont des vis auto perceuses en acier cimenté protégé : acier cimenté, électrozingué + revêtement anticorrosion Supracoat 2C. Résistance à la corrosion : 15 cycles Kesternich (NF EN 3232 2I) et >500 Heures au BS (NF ISO 9227). Conforme Classe 2 EN1995-1-1.

Leurs corps sont de diamètre 7 mm avec un double filetage, avec une pointe foreuse avec fraisure et une tête cylindrique de diamètre 10,5 mm fraisée-conique, empreinte d'entraînement Torx n°40.

Leurs performances mécaniques et leur méthode de dimensionnement sont détaillées en annexe au § 5.2 et consultables sur Rapport d'essais du FCBA n°403/12/799/898 « caractérisation des résistances des fixations de Sarking sur support bois » et sur Fiche Technique LR ETANCO n°4233 FT4233A - STARKING TX 2C Ø7 - SARKING (consultable sur le site etanco.fr)

Ø de vis (mm) – d	Ø 7
Ø de la tête (mm) – d _h	10,5
Ø des filets sous tête (mm)	7,65
Longueur filetée sous tête (mm)	70
Longueur filetée en pointe (mm)	80
Ø fond de filet (mm) – d _i	4,9
Ø corps de vis (mm) – d _s	5,3
Épaisseur de la tête – h _t	5,9
Empreinte Torx - TX	40
Ø préperçage – d _v	5

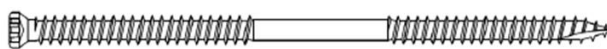


Figure 46 : Plan de la vis Starking.

6.2.3. Vis Twin UD de SFS

Les vis Twin UD sont fabriquées par la société SFS et marquées CE suivant la norme NF EN 14592. Elles disposent d'une Evaluation Technique Européenne ETA-12-0038 prévoyant une utilisation pour la fixation de l'isolation sur chevrons.

Elles sont en acier au carbone avec un traitement de surface pour la protection à la corrosion d'une épaisseur minimum de 5 µm et une résistance au test de Brouillard Salin selon la norme NF EN 9227 de 700 heures.

Elles ont deux parties filetées distinctes, un filetage au niveau de la pointe de vis d'une longueur comprise entre 45 et 100 mm et un filetage sous la tête de vis d'une longueur de 45 ou 60 mm y compris la tête de vis ; diamètre nominal 7.5 mm. La tête de vis est de forme fraisée avec un entrainement en étoile.

Leurs performances mécaniques et leur méthode de dimensionnement sont détaillées en annexe au §5.3.

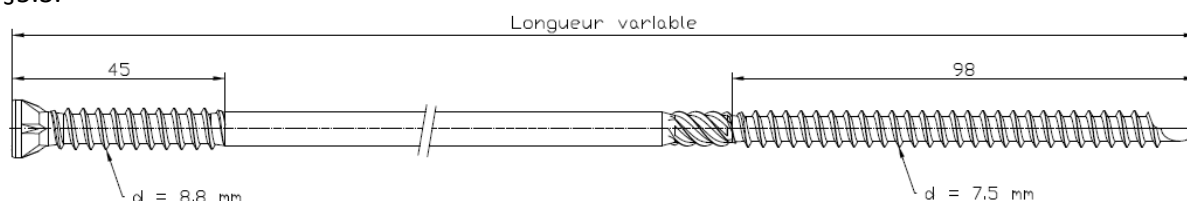


Figure 47 : Plan de la vis Twin UD.

7. Performances thermiques, résultats expérimentaux et références

7.1. Performances thermiques

La performance thermique de la paroi peut se calculer selon les règles Th-U de la RT2012 :

- Dans le cas d'une isolation uniquement au-dessus des chevrons :

$$U_P = U_C + \frac{\chi_{vis}}{e_{chevrons} * e_{vis}}$$

- Dans le cas d'une isolation au-dessus et entre les chevrons :

$$U_P = \frac{1}{R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}} + \frac{\chi_{vis}}{e_{chevrons} * e_{vis}} + \frac{\psi_{chevrons}}{e_{chevrons}}$$

Avec :

$$U_C = \frac{1}{R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}}$$

U_P le coefficient de transmission surfacique global de la paroi (W/(m².K)).

R_i les résistances des isolants installés sur, et éventuellement entre, les chevrons (m².K/W), dont les valeurs sont à prendre dans les certificats Acermi (et rappelées aux §2.1 et 2.2).

$R_{si} = 0,10$ m².K/W et $R_{se} = 0,04$ m².K/W les résistances surfaciques intérieure et extérieure.

$e_{chevrons}$ l'entraxe entre chevrons (m).

e_{vis} l'entraxe entre vis de fixation des contre-lattes dans les chevrons (m).

χ_{vis} le coefficient de transmission ponctuel dû aux vis de fixation des contre-lattes (W/K).

$\psi_{chevrons}$ le coefficient de transmission linéique dû aux chevrons (W/(m.K)).

Le coefficient transmission ponctuel dû aux vis référencé dans le présent dossier technique et le coefficient de transmission linéique dû aux chevrons est tabulé dans la Figure 48.

Epaisseur d'isolation au-dessus des chevrons (mm)	40	100	150	200	250
Coefficient transmission ponctuel dû aux vis χ_{vis} (W/K)	0,009	0,007	0,007	0,006	0,005
Epaisseur d'isolation au-dessus des chevrons (mm)	0	140	280		
Coefficient transmission linéique dû aux chevrons $\chi_{chevrons}$ (W/(m.K))	0,060	0,010	0,005		

Figure 48 : Coefficients de transmission ponctuels et linéiques tabulés dans les règles Th-U

Exemple :

Dans le cas d'une isolation faite de 35 mm de Duoprotect et 240 mm de Multisol 140 vissés tous les 800 mm et 100 mm de Flex 55 entre chevrons d'entraxe 600 mm :

$$\begin{aligned}
 U_P &= \frac{1}{R_{si} + \sum_i R_i + R_{se}} + \frac{\chi_{vis}}{e_{chevrons} * e_{vis}} + \frac{\psi_{chevrons}}{e_{chevrons}} \\
 &= \frac{1}{0,04 + 2,75 + 5,70 + 0,70 + 0,1} + \frac{0,005}{0,8 * 0,6} + \frac{0,005}{0,6} = 0,13 \text{ W/(m}^2 \cdot \text{K)}
 \end{aligned}$$

7.2. Résultats expérimentaux

Les essais suivants valident la mise en œuvre de ce procédé :

- Essais de conformité des panneaux Duoprotect à la norme NF EN 14964 « Écrans rigides de sous-toiture pour pose en discontinu - Définitions et caractéristiques » (rapport FCBA.IBC.342.371-LLG/SMa-N°2021.161.1148)
- Essais de ruissellement sur panneaux Duoprotect, conformément au cahier 3651 P1 V2 (rapport FCBA N° 403/21/0696/A-v1 du 20/10/2021, 12 pages)
- Résistance fongique des panneaux en fibre de bois selon le protocole HR 85 et conformément au cahier 3713 V2 (rapport Conidia 0321-014_1 V2, daté du 08/07/2021, 12 pages)
- Etude du comportement hygrothermique du système (rapport CSTB DBV_21_02204, et AFF 21-045 et 22-025)
- Essais de résistances à la marche sur panneaux de Multisol, en suivant l'essai de poinçonnement des entrevous PSE, décrit dans le document technique 547-01 (rapport CDI Placo® Isover CT/0222006)
- Caractérisation des vis LR Etanco Starking (rapport FCBA IBC.342.373-JB/PDe-N°2012.290.0352 du 17 décembre 2012, 27 pages)
- Évaluation Technique Européenne des vis SFS Twin UD (rapport ETA 12_0038)
- Évaluation Technique Européenne des vis Würth Assy® 4 Isotop (rapport ETA 11-0190)
- Essais de pelage des adhésifs Vario® Multitape et Fast Tape sur panneaux Duoprotect (rapport FCBA 403/21/0997/A-17 à A-22)
- Essais en cisaillement et pelage des jonctions de membrane Vario® Supraplex (rapport FCBA 403/21/0997/A-1, 403/21/0997/A-3, et 403/21/0997/A-8 à A-16)
- Essais en cisaillement et pelage des jonctions de membranes Vario® Xtra et Stopvap (avis technique 20/14-335_V1)

7.3. Références

Les produits Multisol 110, Multisol 140 et Duoprotect sont utilisés en Sarking en France depuis 2012.

Le procédé SARKING MULTISOL ISONAT dans sa version telle que définie dans le présent document est en cours de lancement.

8. Annexes

8.1. Fiches d'auto contrôle du procédé SARKING MULTISOL ISONAT

Adresse du chantier	
Type de bâtiment	<input type="checkbox"/> Maison individuelle <input type="checkbox"/> Etablissement recevant du public <input type="checkbox"/> Logement collectif <input type="checkbox"/> Etablissement recevant des travailleurs
Nom et adresse de l'entreprise	
Nom, date et signature de la personne en charge de cet autocontrôle	

Isolants et membranes de gestion de vapeur d'eau et d'étanchéité à l'air

Isolant entre chevron (facultatif)	<input type="checkbox"/> Flex 40 <input type="checkbox"/> Flex 55 plus H <input type="checkbox"/> Isoconfort 32 <input type="checkbox"/> Isoconfort 35 <input type="checkbox"/> Aucun <i>Préciser l'épaisseur :</i>
Membrane de gestion de la vapeur d'eau (obligatoire)	<input type="checkbox"/> Supraplex sur platelage / chevrons <input type="checkbox"/> Stopvap sous chevrons <input type="checkbox"/> Stopvap sur platelage / chevrons <input type="checkbox"/> Vario® Xtra sous chevrons
Isolant sur platelage ou chevrons (obligatoire)	<input type="checkbox"/> Multisol 110 <input type="checkbox"/> Multisol 140 <i>Préciser l'épaisseur :</i>
Une des membranes pare-vapeur visées doit être en place, soit du côté intérieur de l'isolation, soit entre 2 couches d'isolant dans le respect de la règle des 2/3-1/3 : la résistance thermique côté intérieur du pare-vapeur doit être inférieure ou égale au 1/3 (1/4 en zone très froide) de la résistance thermique totale.	
	<input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> Non conforme

Platelage

Présence d'un platelage (facultatif)	<input type="checkbox"/> Oui	<i>Si oui, préciser lequel :</i>	
	<input type="checkbox"/> Non	<i>Si non, vérifier tous les points suivants :</i> <ul style="list-style-type: none"> • Un écran thermique protège l'isolant d'un incendie venant de l'intérieur. • L'isolant sur chevron a une épaisseur suffisante (Multisol 140 > 160 mm). • Une étiquette de prévention a été posée au faîtage. • Chaque panneau repose sur 3 chevrons (2 en rive). • Les joints verticaux de 2 rangées contigües ne sont pas dans le même espace entre chevrons. 	<input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> Non conforme

Ecran de sous-toiture

Ecran de sous-toiture (obligatoire)	<input type="checkbox"/> Ecran souple HPV	Ecran type E ₁ S _{d1} T _{R2} et QB n° 25, mis en œuvre conformément au DTU 40.29.	<input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> Non conforme
	<input type="checkbox"/> Ecran rigide Duoprotect	Tous les joints le nécessitant (bord rainure languette si pente entre 10 et 17° + tous les bords droits) ont été protégés par adhésif ou mastic.	<input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> Non conforme
Un déflecteur a été mis en œuvre en amont des traversées de conduit et des fenêtres de toit, et les jonctions de l'écran avec ses traversées ont été traitées.			<input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> Non conforme

Vis

Type de vis	<input type="checkbox"/> Assy Isotop (Würth) <input type="checkbox"/> Starking (LR ETANCO) <input type="checkbox"/> Twin UD (SFS)	
Le dimensionnement a été respecté.		<input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> Non conforme

Traversée de conduit de cheminée

Une distance de sécurité a été conservée entre le conduit d'un côté et le platelage, les isolants et les membranes de l'autre, ou un kit isolé sous avis technique a été utilisé.	<input type="checkbox"/> Conforme <input type="checkbox"/> Non conforme
---	--

8.2. Détails de mise en œuvre complémentaire

8.2.1. Coupes latérales des configurations visées

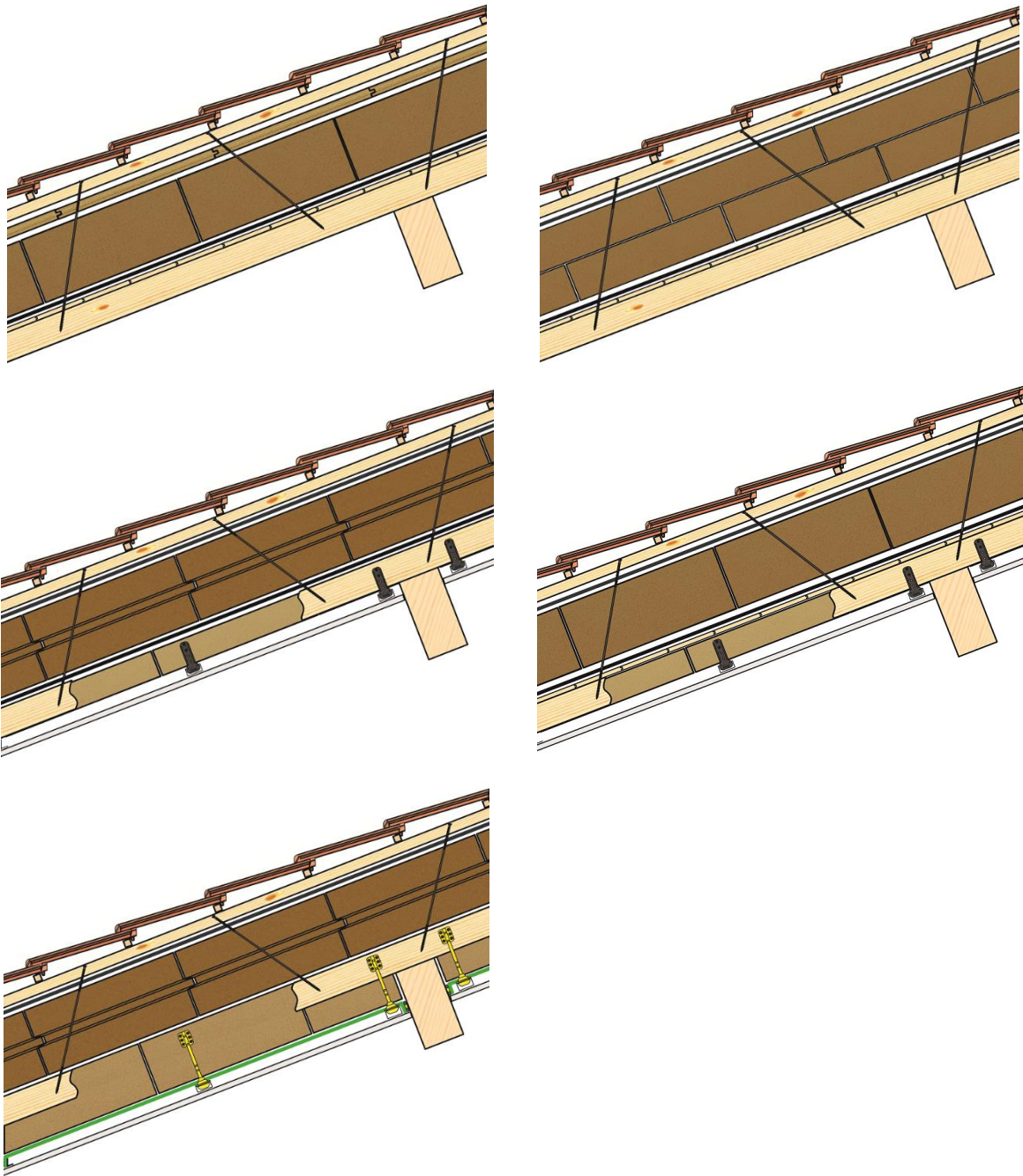


Figure 49 : Coupes latérales des 5 configurations visées et dessinées en Figure 1.

8.3. Caractéristiques et performances des matériaux visés

8.3.1. Isolants thermiques en fibre de bois

	Duoprotect	Multisol 140	Multisol 110
Certificat ACERMI	14/217/906	14/217/904	14/217/908
Conductivité thermique déclarée *	0.047 W/(m.K) si ép. ≤ 35 mm 0.046 W/(m.K) si ép. ≥ 40 mm	0.042 W/(m.K)	0.041 W/(m.K)
Épaisseur	De 22 à 120 mm	De 40 à 240 mm	De 100 à 240 mm
Masse volumique	180 kg/m ³	140 kg/m ³	110 kg/m ³
Equerrage	≤ 3 mm	≤ 3 mm	-
Rectitude	≤ 1 mm	≤ 1 mm	≤ 1 mm
Réaction au feu Euroclasse *	E	E	E
Tolérance d'épaisseur (selon EN 13171) *	T5	T5	T4
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau (EN 12086:1997) *	MU5 si ≤ 35 mm MU3 si ≥ 40 mm	MU5	MU3
Résistivité au passage de l'air AFr (norme EN 29053) *	AFr100	AFr100	AFr58
Résistance à la traction perpendiculairement aux faces (selon NF EN 1607) *	TR 20	TR 10	TR 7,5
Résistance à la compression CS(10/Y) *	≥ 100 kPa	≥ 70 kPa	≥ 50 kPa
Absorption d'eau à court terme selon EN 1609 par immersion partielle	WS ≤ 1,0 kg/m ²	WS ≤ 1,0 kg/m ²	WS ≤ 1,0 kg/m ²
Stabilité dimensionnelle *	DS(70,90)3 DS(70 ;-)2	DS(70,90)3 DS(70 ;-)2	DS(70,90)3 DS(70 ;-)2
Résistance aux moisissures (HR 85%, 28 jours d'incubation selon Cahier 3713_V2)	Résistant au développement fongique	Résistant au développement fongique	Résistant au développement fongique
Chaleur spécifique – Capacité thermique	1909 (J.kg ⁻¹ .K ⁻¹)	1909 (J.kg ⁻¹ .K ⁻¹)	1909 (J.kg ⁻¹ .K ⁻¹)

	ISONAT FLEX 40	FLEX 55 plus H
Certificat ACERMI	11/217/718	15/217/984
Conductivité thermique déclarée *	0.038 W/(m.K)	0.036 W/(m.K)
Épaisseur	De 40 à 200 mm	De 40 à 200 mm
Réaction au feu Euroclasse *	F	F
Tolérance d'épaisseur (selon EN 13162) *	T2	T2
Résistance à la diffusion de vapeur d'eau (norme EN 12086:1997) *	MU3	MU3
Résistivité au passage de l'air AFr (norme EN 29053) *	AFr5	AFr7
Semi-rigidité selon règlement ACERMI	Semi-rigide	Semi-rigide
Absorption d'eau à court terme selon EN 1609 par immersion partielle	> 1 kg/m ²	> 1 kg/m ²
Résistance aux moisissures (HR 85%, 28 jours d'incubation selon Cahier 3713_V2)	Résistant au développement fongique	Résistant au développement fongique
Evaluation des émissions de COV selon protocole AFFSET 2009	Rapport n° D-050216-01099-002	Rapport n° D-211116-09396-001
Arrêtés du 30 avril 2009 et du 28 mai 2009 relatifs aux émissions de composés CMR de catégorie 1 et 2 (concentrations d'exposition à 28 jours < 1 µg.m ⁻³)	Classe d'émission A+	Classe d'émission A+
Chaleur spécifique – Capacité thermique	1909 (J.kg ⁻¹ .K ⁻¹)	1909 (J.kg ⁻¹ .K ⁻¹)

* se référer au certificat ACERMI correspondant

Figure 50 : Propriétés des isolants en fibre de bois

8.3.2. Isolants thermiques en laine de verre

	Isoconfort 32	Isoconfort 32 revêtu kraft	Isoconfort 35	Isoconfort 35 revêtu kraft
Conductivité thermique (W/(m.K))	0.032		0.035	
Tolérance d'épaisseur	T3		T2	
Réaction au feu (Euroclasse)	A2-s1, d0	F	A2-s1, d0	F
Absorption d'eau à court terme	WS ; < 1 kg/m ² en 24h			
Transmission de vapeur d'eau	MU 1	Z ≥ 0,1	MU 1	Z ≥ 0,1
Certificat Acermi	05/018/384/13	13/018/808/8	03/018/340/21	05/018/408/25
Épaisseurs (mm)	60 à 140	200	60 à 140	160 à 300

Figure 51 : Caractéristiques techniques des isolants Isoconfort.

8.3.3. Vis de fixation des contre-lattes

	SFS Twin UD	Würth Assy® 4 Isotop	LR ETANCO Starking
Moment plastique caractéristique $M_{y,k}$ [Nm]	13	11	15
Résistance caractéristique en traction $f_{tens,k}$ [kN]	12	11	12
Couple de rupture caractéristique en torsion $f_{tor,k}$ [Nm]	Côté tête	23	12
	Côté pointe	13	
Résistance caractéristique à l'arrachement perpendiculairement au fil $f_{ax,k}$ [N/mm ²]	12,5	11,5	20
Texte de référence	ETA-12/0038	ETA-11/0190	RE FCBA 403/12/799/898

Figure 52 : Synthèse des résistances caractéristiques des vis

8.3.4. Membranes de gestion de vapeur d'eau et d'étanchéité à l'air

	Norme	Unité	Vario® Supraplex	Stopvap	Vario® Xtra
Masse surfacique	EN 1849-2	g/m ²	165	121	79
Résistance en traction	EN 12311-2	N/50mm	> 170	> 130	> 117
Allongement à rupture		%	> 30	> 40	> 50
Résistance à la déchirure au clou	EN 12310-1	N	> 150	> 130	> 65
Facteur de résistance à la vapeur d'eau - Sd	EN 1931	m	2	25 -7/+11	12 -3/+8
			0,2 à 4		0,4 à 25
Propriétés de transmission de la vapeur d'eau après vieillissement	70°C - 12 semaines	-	NPD	Passé	Passé
Etanchéité à l'eau	EN 1928	-	W1 (EN 13859-1)	Passé (EN 13984)	NPD
Réaction au feu	EN 13501-1	euroclass	E	F	E
Résistance au cisaillement des jonctions avec Vario® Multitape ou Fast Tape	EN 12317-2	N/50mm	> 85	> 85	> 85
Résistance au pelage des jonctions avec Vario® Multitape ou Fast Tape	EN 12316-2	N/50mm	> 30	> 25	> 25
Résistance au pelage sur béton avec mastic Vario® Double Fit ou Double Fit+	EN 12316-2	N/50mm	> 70	> 65	> 50

Figure 53 : Propriétés des membranes de gestion de la vapeur d'eau et d'étanchéité à l'air, et de leur jonctions en utilisant les adhésifs Vario® Multitape ou Fast Tape et le mastic Vario® Double Fit ou Double Fit+.

8.3.5. Adhésion sur Duoprotect

		Vario® Multitape	Vario® Fast Tape
Primaire d'adhésion	Colle spray haute résistance plus de Würth	51 +/- 3,0	47 +/- 3,7
	Tescon sPrimer de Proclima	36 +/- 3,5	36 +/- 3,1
	Tescon Primer RP de Proclima	60 +/- 5,3	48 +/- 3,5

Figure 54 : Résistance au pelage (NF EN 12316-2) des adhésifs Vario® Multitape et Vario® Fast Tape en 60 mm de large sur panneaux Duoprotect, avec les 3 primaires visés.