

APPRECIATION TECHNIQUE D'EXPERIMENTATION

Numéro de référence : 2464_V1

(annule et remplace la version 2464)

ATEx de cas A

Validité du 30/04/2020 au 30/04/2021



Copyright : Société CSTB

L'Appréciation Technique d'expérimentation (ATEx) est une simple opinion technique à dire d'experts, formulée en l'état des connaissances, sur la base d'un dossier technique produit par le demandeur. *(extrait de l'art. 24)*

A LA DEMANDE DE :

Société ROCKWOOL France SAS
111, rue du Château des Rentiers
75013 PARIS
FRANCE

Appréciation Technique d'Expérimentation n° 2464_V1

Note Liminaire : Cette Appréciation porte essentiellement sur le procédé d'isolation **JETROCK 2** en France européenne.

Selon l'avis du Comité d'Experts du 19 avril 2017, le demandeur ayant été entendu, la demande d'ATEX ci-dessous définie :

- demandeur : Société ROCKWOOL France SAS
- technique objet de l'expérimentation : Isolation thermique en laine de roche nue, sous forme de flocons nodulés, de planchers de combles non aménageables ou perdus par soufflage avec la mise en place d'un grillage en lieu et place du déflecteur réalisé in-situ. Cette technique définie dans le dossier enregistré au CSTB sous le numéro d'ATEX 2464_V1 et résumée dans la fiche sommaire ci-annexée,

donne lieu à une :

APPRECIATION TECHNIQUE FAVORABLE A L'EXPERIMENTATION

Remarque importante : Le caractère favorable de cette appréciation, délivrée pour une durée de validité jusqu'au 30 avril 2021, est subordonné à la mise en application de l'ensemble des recommandations formulées au §4.

Cette Appréciation, QUI N'A PAS VALEUR D'AVIS TECHNIQUE au sens de l'Arrêté du 21 mars 2012, découle des considérations suivantes :

1°) Sécurité

1.1 - Stabilité et sécurité des usagers

Dans les conditions d'application du procédé décrites dans le Dossier Technique, et sous réserve de respecter les prescriptions de mise en œuvre du support, les dispositions proposées ne présentent pas de risques spécifiques vis-à-vis de la sécurité des usagers. En œuvre, le produit ne doit être soumis à aucune charge, ni sollicitation.

Le procédé ne participe, en aucun cas, à la stabilité de l'ouvrage isolé.

1.2 - Sécurité en cas d'incendie

• Dispositions générales

Ce procédé n'est pas destiné à rester apparent et il permet de satisfaire les exigences en vigueur.

Il y a lieu pour l'entreprise de pose de :

- S'assurer auprès du Maître d'Ouvrage de la conformité des installations électriques avant la pose de l'isolant,
- Respecter les prescriptions prévues dans le Dossier Technique et dans le Cahier du CSTB 3693_V2 sur :
 - La protection des spots encastrés dans le plafond ;
 - La distance minimale vis-à-vis des conduits de fumée.

• Dispositions relatives aux bâtiments d'habitation et aux bâtiments relevant du Code du Travail

Dans tous les cas, les parements intérieurs doivent répondre notamment aux critères du § 5.2 du Cahier du CSTB n°3231 de juin 2000 « Guide de l'isolation par l'intérieur des bâtiments d'habitation du point de vue des risques en cas d'incendie » et être posés conformément aux DTU et Avis Techniques en vigueur.

Dans le cas des bâtiments dont le plancher bas du dernier niveau est situé à plus de 8 mètres du sol, se référer au Cahier CSTB n°3231 de juin 2000 « Guide de l'isolation par l'intérieur des bâtiments d'habitation du point de vue des risques en cas d'incendie ».

• Dispositions relatives aux Etablissements Recevant du Public

Il y aura lieu de se référer au guide d'emploi des isolants combustibles dans les ERP (annexe à l'arrêté publié au J.O. du 28 juillet 2007) qui fixent les exigences en fonction de la destination des locaux, de l'isolant ainsi que de la nature et du classement de réaction au feu de l'isolant.

1.3 - Sécurité des intervenants

Lors de la mise en œuvre et des opérations d'entretien, il y a lieu de respecter les dispositions réglementaires relatives à la protection des applicateurs définies au § 11 du Dossier Technique. Ainsi, la sécurité des intervenants peut être normalement assurée.

Le procédé dispose d'une Fiche Volontaire de Données de Sécurité (FVDS).

2°) Faisabilité

2.1 – Production

La fabrication des panneaux isolants du procédé « JETROCK 2 » est supervisée par un organisme extérieur au fabricant (CSTB/LNE) qui contrôle deux fois par an l'usine de ST-ELOY-LES-MINES (France) dans le cadre de la certification « ACERMI ». Les caractéristiques certifiées et mentionnées dans le certificat ACERMI n° 17/D/15/1195 sont les suivantes :

- La conductivité thermique,
- Les niveaux de résistance thermique déclarée,
- La réaction au feu,
- L'absorption d'eau à court terme par immersion partielle,
- La transmission de vapeur d'eau,
- La classe de tassement.

Les autocontrôles de production réalisés sur les panneaux isolants du procédé « JETROCK 2 » sont réalisés conformément à l'annexe B de la norme EN 14064-1 : 2010.

2.2 – Mise en œuvre

La mise en œuvre de ce système doit être assurée par des entreprises d'application qualifiées disposant des équipements nécessaires et respecter les dispositions prévues dans les § 6 et 7 du Dossier Technique.

Les dispositions particulières de mise en œuvre du grillage métallique galvanisé, décrites dans l'annexe 2 du Dossier Technique, doivent être respectées selon la configuration et caractéristiques du comble non aménageable ou perdu, à savoir :

- Charpente traditionnelle (pannes et chevrons en bois) et ;
- Charpente industrielle (fermettes en bois ou en métal).

La société ROCKWOOL France SAS met son assistance technique à la disposition des entreprises qui en font la demande, afin de préciser les dispositions spécifiques de mise en œuvre de son procédé isolant.

Le stockage du produit sur chantier doit respecter les recommandations prévues dans le § 5.4 du Dossier Technique.

3°) Risques de désordres

Le risque principal de désordre peut être dû à la détérioration ou déplacement du produit si les conditions de stockage et de mise en œuvre ne sont pas respectées.

Il convient de respecter les préconisations d'utilisation des suspentes grandes hauteurs dans le § 7.4 du Dossier Technique.

4°) Recommandations

Il est recommandé que :

- L'organisation du chantier prenne en compte les conditions de stockage du produit ROCKin L afin que celui-ci reste sec lors de la mise en œuvre ;
- La mise en œuvre soit réalisée conformément au Dossier Technique objet de la présente ATEX.

5°) Rappel

Le demandeur devra communiquer au CSTB une fiche d'identité de chaque chantier réalisé, précisant l'adresse du chantier, le nom des intervenants concernés, les contrôles spécifiques à réaliser et les caractéristiques principales à la réalisation.

En conclusion et sous réserve de la mise en application des recommandations ci-dessus, le Comité d'Experts considère que :

- la sécurité est assurée,
- la faisabilité est réelle,
- les risques de désordres sont limités.

Champs sur Marne,
Le Président du Comité d'Experts,
Salem FARKH

ANNEXE 1

FICHE SOMMAIRE D'IDENTIFICATION (1)

Demandeur

et fabricant :

Société ROCKWOOL France SAS
111, rue du Château des Rentiers
75013 PARIS
FRANCE

Désignation :

JETROCK 2

Définition de la technique objet de l'expérimentation :

Il s'agit d'un produit en laine de roche nue, sous forme de flocons nodulés, destinée à l'isolation thermique de planchers de combles non aménageables ou perdus par soufflage avec la mise en place d'un grillage en lieu et place du déflecteur réalisé in-situ.

Mise en œuvre :

Ce procédé vise une application par soufflage en un lit d'isolant d'épaisseur comprise entre 90 et 670 mm ;

Destination :

Le domaine d'application revendiqué est celui défini conformément au § 2 du Cahier du CSTB n°3693_V2 de juin 2015 « *Isolation thermique des combles : procédés d'isolation par soufflage d'isolant vrac faisant l'objet d'un AT ou DTA* » pour les locaux à faible ou moyenne hygrométrie en climat de plaine et de montagne (altitude supérieure à 900 m), en neuf et en rénovation.

Constitution du système :

- Pare-vapeur, si nécessaire, selon les prescriptions du Cahier du CSTB n°3647 de novembre 2008 « *Mise en œuvre des procédés d'isolation thermique rapportée en plancher de greniers et combles faisant l'objet d'un AT* ».
- Grillage métallique galvanisé ou galvanisé et plastifié (en cas de milieu marin agressif, distance inférieure à 3 km du front de mer), avec une ouverture de mailles maximale de 12 mm et de diamètre de fil 0,8 mm.
- Accessoires de fixations :
Agrafes, colliers ou crampillons, selon la configuration du comble et le matériau constituant sa structure (se référer à l'Annexe 2 §1 et 2 en fin du Dossier Technique).

- Equipements de projection :

Il existe deux types de machines pneumatiques permettant l'application du produit :

- Machine à turbine et ;
- Machine à cartes.

(1) La description complète de la technique est donnée dans le dossier déposé au CSTB par le demandeur et enregistré sous le numéro ATEx 2464_V1.

ANNEXE 2

CAHIER DES CHARGES DE CONCEPTION ET DE MISE EN OEUVRE

Ce document comporte 21 pages.

JETROCK 2

« Dossier technique établi par le demandeur »

Version tenant compte des remarques formulées par le comité d'Experts

Datée du 30/10/2017

A été enregistré au CSTB sous le n° d'ATEX 2464_V1.

Fin du rapport

Appréciation Technique d'Expérimentation (ATEX)

*Isolation thermique de
planchers de combles perdus*
*Thermal insulation of loft
floors*

JETROCK 2

Application en soufflage

Relevant de la norme NF EN 14 064-1

Titulaire ROCKWOOL France SAS
111, rue du Château des Rentiers
FR-75013 Paris
et
Distributeur : Tél. : 01 40 77 82 82
Fax : 01 45 86 80 75

Usine : FR-63700 Saint-Eloy les Mines

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Principe – Définition de la technique

Procédé d'isolation thermique de planchers de combles perdus non aménagés à partir de laine de roche JETROCK 2 sous forme de flocons soufflés à l'aide d'une machine pneumatique sur la surface des planchers avec la mise en place d'un grillage en lieu et place du déflecteur.

Le procédé vise la France métropolitaine.

Ce procédé ne vise pas l'application par insufflation dans les cavités.

2. Domaine d'application

Combles perdus non aménagés ou difficilement accessibles des bâtiments à usage d'habitation ou non résidentiel à faible ou moyenne hygrométrie pour un climat de plaine et de montagne (altitude supérieure à 900 m), en neuf et en rénovation.

Le plancher support destiné à recevoir l'isolation doit être étanche à l'air. L'épandage manuel n'est pas visé par ce Dossier Technique.

3. Description du produit JETROCK 2

3.1 Spécification du produit

Le produit JETROCK 2 est une laine de roche de couleur gris-vert nodulée en vrac produite par nodulation en ligne d'un feutre primitif spécifique. Le produit est fibré avec liant sous forme de feutre, avant d'être broyé et ensaché.

La fabrication du produit est issue d'une ligne de production spécifique, il ne s'agit pas d'un produit issu du recyclage de panneaux.

Le produit JETROCK 2 est traité au moyen d'un hydrofugeant et antistatique.

3.2 Caractéristiques techniques :

Le produit fait l'objet d'une Déclaration de Performances (DdP) et du certificat ACERMI n°17/D/15/1195.

Le fabricant dispose également d'une Déclaration Volontaire de Données Sécurité (DVDS) annexée à la DdP conformément à l'article 6.5 du Règlement Produit de Construction (RPC).

Ces informations sont disponibles sur le site internet www.rockwool.fr.

Tableau 1 - Caractéristiques déclarées *

Conductivité thermique	$\lambda_d = 0,044 \text{ W/(m.K)}$
Résistance thermique	Cf. Annexe 1- Tableau 3
Epaisseurs e (mm)	90 à 670
Réaction au feu (Euroclasse)	A1
Transmission de vapeur d'eau	MU1
Tassement	S1

* Il est rappelé qu'il appartiendra à l'utilisateur de vérifier que le certificat ACERMI est toujours valide et que les valeurs indiquées dans ce tableau sont conformes à celles du certificat ACERMI n° 17/D/15/1195.

Tableau 2 - Autres caractéristiques

Masse volumique (kg/m ³)	19 à 24
Masse des sacs (kg)	20 (0 ; +4)

3.3 Emballage, stockage, conditionnement:

- Emballage : sac polyéthylène.
- Conditionnement : par palettes filmées de 35 sacs (1200 × 1350 × 1485 mm).
- Stockage : à l'abri des intempéries.

4. Autres matériaux

4.1 Pare-vapeur

La mise en place d'un pare-vapeur, indépendant et continu, peut s'avérer nécessaire. Son utilité et ses caractéristiques sont alors déterminées selon les prescriptions du *Cahier du CSTB n°3647* de novembre 2008 : « Mise en œuvre des procédés d'isolation thermique rapportée en planchers de greniers et combles perdus faisant l'objet d'Avis Technique ».

4.2 Grillage

Le grillage métallique est galvanisé ou galvanisé et plastifié (en cas de milieu marin agressif, distance inférieure à 3 km du front de mer), avec une ouverture de mailles maximale de 12 mm et de diamètre de fil 0,8 mm.

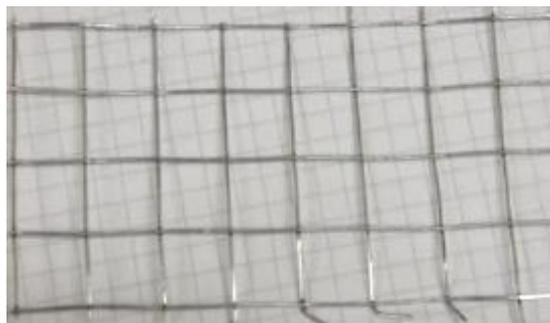


Image 3 - Détail du grillage

4.3 Accessoires de fixations

Le grillage peut être fixé à l'aide d'agrafes, colliers ou crampillons, selon la configuration du comble et le matériau constituant sa structure (se référer à l'Annexe 2 § 1 et 2 en fin du Dossier Technique).



Image 2 - Les 3 types de fixations

5. Fabrication, contrôles et marquage de la laine minérale

5.1 Fabrication

Le produit JETROCK 2 est fabriqué dans l'usine ROCKWOOL de saint-Eloy Les Mines (France). Il relève de la norme NF EN 14 064-1: 2010.

La fabrication comporte les étapes suivantes :

- Fusion de la roche volcanique dans un cubilot à une température de l'ordre de 1 600°C,
- Fibrage,
- Enduction de liant et d'huile,
- Formation du matelas de laine de roche,
- Nodulation par broyage,
- Ensachage,
- Palettisation.

5.2 Contrôles

5.2.1 Contrôles des matières premières

Il porte sur les points suivants :

- Le certificat des fournisseurs garantissant la composition des matières livrées,
- Le contrôle de réception des livraisons.

5.2.2 Contrôles en cours de fabrication

Différents contrôles automatiques et permanents sont réalisés tout au long du processus de fabrication ; des corrections sont effectuées si nécessaire :

- Contrôle automatique et continu de la masse volumique.
- Contrôle des adjuvants

5.2.3 Contrôles sur le produit fini

Les contrôles effectués sur le produit fini sont conformes aux spécifications du référentiel de certification ACERMI. Les résultats sont conservés dans un registre de contrôle.

La liste des contrôles ainsi que les fréquences sont définies au tableau 4 en Annexe.

5.2.4 Contrôles externes

Le contrôle de la production en usine et le produit font l'objet d'un suivi dans le cadre de la certification ACERMI à raison de deux visites par an.

5.3 Marquage

Le produit conditionné présente un marquage portant :

- Désignation commerciale du produit,
- Nom et référence du fabricant,
- Date de fabrication et numéro de lot,
- Masse du sac,
- Marquage CE et Déclaration de Performance (DdP),
- Numéro du certificat ACERMI,
- Etiquetage sanitaire conforme à l'arrêté du 19 avril 2011.

5.4 Stockage

5.4.1 Stockage en usine

Le stockage du produit est effectué en usine dans des locaux fermés, à l'abri de l'eau et des intempéries.

5.4.2 Stockage chez les dépositaires et sur chantier

Un stockage à l'abri des intempéries (pluie et vent) est demandé à tous les dépositaires ainsi qu'aux entrepreneurs sur les chantiers.

6. Mise en œuvre

Les préconisations de mise en œuvre non modifiées dans le *Cahier du CSTB n°3693_V2* de juin 2015 s'appliquent.

La société ROCKWOOL SAS assure la distribution du produit. Elle peut apporter une assistance technique sur demande de l'entreprise de soufflage.

6.1 Description de la technique utilisée

Le principe consiste, à l'aide d'une machine, à souffler la laine minérale dans les combles à isoler à travers un réseau de tuyaux.

Il existe deux types de machines : à cardé et à turbine.

Dans les deux cas, les sacs de laine de roche sont vidés dans la machine puis selon le type de machine la laine de roche est aérée ou cardée avant d'être propulsée dans le réseau de tuyaux. Le réglage de la machine est effectué par l'applicateur pour obtenir les caractéristiques désirées comme la résistance thermique et le pouvoir couvrant qui sont les caractéristiques certifiées marquées sur les sacs de laine de roche.

L'installateur règle la machine pour obtenir le résultat correspondant aux exigences requises (épaisseur et pouvoir couvrant).

6.2 Opération préalable à l'application de l'isolant – Reconnaissance du comble et préparation du plancher

6.2.1 Dispositions générales

La reconnaissance du comble et la préparation du plancher se font conformément aux préconisations décrites dans le paragraphe 5.1 du *Cahier du CSTB n° 3693_V2* (Juin 2015) et portent sur les points suivant :

- Traitement des éléments dégageant de la chaleur (cf. figures 2, 3,4) ;
- Traitement des trappes d'accès ;
- Traitement des parties non-isolées ;
- Traitement des dispositifs électriques ;
- Traitement des systèmes de ventilation ;
- Traitement des conduits de fumée (cf. figure 1) ;
- Repérage de la hauteur à laquelle l'isolant doit être soufflé.

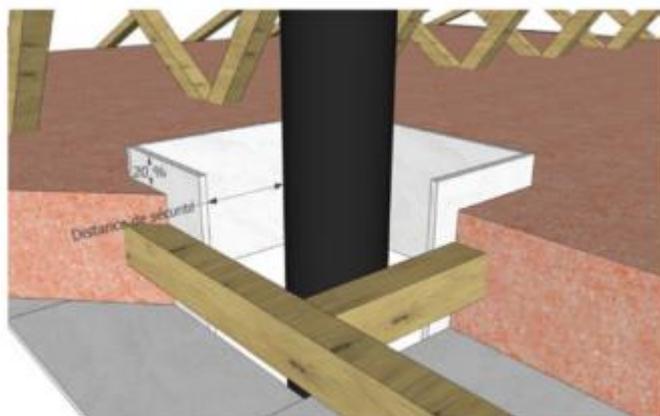


Figure 1 – Distance de sécurité autour d'un conduit de fumée



Figure 2 – Spot non protégé au contact de l'isolant interdit

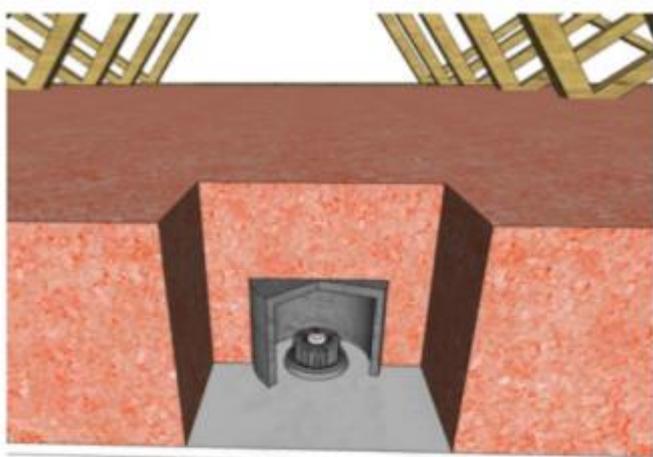


Figure 3 – Spot protégé par un capot prévu pour cet usage

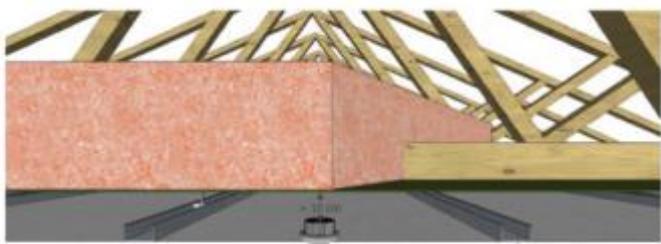


Figure 4 – Spot encastré dans un plénum

6.22 Dispositions particulières liées au procédé

- Pour une mise en œuvre du procédé sur plaques de plâtre BA13 avec entraxe des fourrures de 0,60 m et suspentes distantes de 1,20m, il est nécessaire que la charge de service de la suspente assure la stabilité du plafond conformément aux exigences du DTU 25.41. A ce titre, pour les épaisseurs supérieures à 315 mm et inférieures à 670 mm (pour lesquelles la masse surfacique de l'isolant est supérieure à 6 kg/m²), le procédé requiert une suspente ayant une charge de service au moins égale à celle reportée dans le *Tableau 3* du Dossier Technique. Dans tous les cas, l'entreprise doit vérifier auprès de son fournisseur la charge utile des produits utilisés par un rapport d'essai.
- Pour ne pas obtenir la ventilation du comble et en sous face de couverture, la mise en place du grillage en lieu et place du déflecteur permet de conserver la ventilation suivant les règles en vigueur, se reporter à la *Annexe 2* en fin du Dossier Technique.

- Pour permettre le confinement de la totalité de l'épaisseur de laine de roche soufflée, la hauteur du grillage galvanisé doit dépasser d'au moins 5 cm l'épaisseur de l'isolation.
- La charpente peut être de type traditionnel (pannes et chevrons en bois) ou industrielle (fermettes en métal ou en bois). Selon la configuration du comble et les matériaux constituant sa structure, il convient d'adapter le mode de fixation de la grille (agrafes, colliers ou crampillons). A titre d'exemple, l'*Annexe 2* illustre la mise en œuvre du grillage dans quelques configurations type de comble perdu.

6.23 Traitement des dispositifs d'éclairages encastrés

Il convient de se référer au Cahier des Prescriptions Techniques 3693_V2 de juin 2015.

En dehors de l'utilisation de spots protégés, la laine de roche **ne doit pas être en contact** avec les dispositifs d'éclairage encastrés dans le plafond ou toute autre source de chaleur localisée afin d'éviter les échauffements excessifs :

- Pour l'utilisation de capots en matériau non combustible conformément au *Cahier du CSTB* n° 3693_V2, définis pour la protection des spots intégrés dans l'isolation, il convient de mettre en œuvre ces capots au-dessus de chaque spot et de s'assurer auprès du fabricant de laine de roche que la protection est compatible avec la mise en œuvre de la laine de roche.
- Dans le cadre du traitement de ces dispositifs, il est possible de créer un espace entre la laine minérale et le spot lumineux ou toute autre source ponctuelle de chaleur. Cet espace peut être réalisé par un plénum dans lequel le spot pourra être encastré sans risque de contact avec la laine. La hauteur minimale de ce plénum dépend de la distance de sécurité préconisée par le fabricant du spot, et sera dans tous les cas supérieure à 10 cm.

6.24 Traitement des éléments dégageant de la chaleur

Dans tous les cas, l'isolant ne doit pas être en contact direct avec des éléments pouvant dégager de la chaleur (ex : conduits de fumée, transformateurs, bobine, etc.).

6.25 Conduits de fumée (cf. figure 1)

Un coffrage doit être réalisé avec des plaques de plâtre ou en bois d'une hauteur minimum de 20% au-dessus de la hauteur de l'isolant. La distance de sécurité entre le conduit de fumée et l'isolant doit être de 18 cm ou conforme à celle de l'Avis Technique du conduit de fumée; cette distance doit être conforme aux articles 8, 9 et 10 de la norme NF DTU 24.1 P1.

Le DTU 24.1 prévoit de ne pas isoler l'espace correspondant à cette distance de sécurité. Cependant, pour limiter l'impact de cet espace en matière de ponts thermiques et d'étanchéité à l'air et dans le cas où le conduit de fumée utilisé est connu, il est possible d'utiliser les solutions proposées par le fabricant du conduit de fumée et visées par un Avis Technique pour cet usage. Le recours à ces solutions permet d'assurer des conditions de sécurité équivalentes à celles du NF DTU 24.1, y compris en cas de feu de cheminée.

6.26 En rénovation

En rénovation, sans modification du plancher existant, les dispositions du Cahier des Prescriptions Techniques 3693_V2 de juin 2015 sont appliquées.

Les spots existants encastrés dans le plancher support de l'isolation peuvent présenter un risque pour l'ouvrage isolé :

- les spots halogènes, une fois recouverts par un isolant, peuvent générer localement une température très élevée (potentiellement supérieure à 170 °C) et engendrer un risque de départ d'incendie.
- les spots à LED, une fois recouverts par un isolant, peuvent voir leur température augmenter dans une moindre mesure. Cette surchauffe, si elle ne constitue pas un risque avéré de départ d'incendie, peut néanmoins conduire à une réduction très importante de la durée de vie du spot, non prévu pour fonctionner à haute température.

Quelle que soit la nature des spots encastrés, des capots de protection doivent être mis en œuvre sur chacun d'eux avant la réalisation de l'isolation. Les transformateurs associés doivent être couverts par ces mêmes capots ou sortis de la couche d'isolation. Les capots doivent être caractérisés selon le protocole décrit en *Annexe 1* du Cahier 3693_V2 de juin 2015, et tels que :

- la température intérieure du capot n'exécède pas 150°C,
- la température de la surface extérieure du capot, en contact avec l'isolant, soit inférieure à 120°C,
- le capot soit classée au moins A2 - s2, d0 ou M0,

- Le capot doit être conçu de telle façon qu'il soit étanche aux poussières,

Dans ces conditions, le capot de protection peut alors être recouvert par l'isolant.

Par ailleurs, la mise en œuvre de ces capots doit préserver l'étanchéité à l'air du plafond.

7. Principe de mise en œuvre

Elle ne présente pas de difficulté particulière. Elle nécessite du soin notamment pour le positionnement précis de l'ensemble des constituants et le traitement des points singuliers.

En cas de plafond suspendu selon le DTU 25.41 à un réseau de solives, solivettes ou entrants de fermettes, et non destiné à supporter une charge en partie courante, les règles de prudence relatives à la circulation sur ce type de plafond sont à respecter aussi bien lors de l'application, qu'ultérieurement.

7.1 Accès au chantier

L'accès au chantier peut s'effectuer :

- par la trappe d'accès aux combles ;
- par le toit ;
- par le garage.

7.2 Equipements

Il existe deux types de machine à souffler :

- Machine à turbine

La laine est alimentée manuellement par un opérateur qui l'introduit dans l'orifice d'entrée de la machine. Elle est ensuite aspirée par la turbine ce qui a pour effet d'aérer la laine et dans le même temps de la pulser dans le tuyau de sortie. Cette machine fonctionne avec un moteur thermique ou électrique. Elle possède un tuyau d'aspiration ou un bac d'introduction pour aspirer la laine. Les tuyaux sont d'un diamètre de 80, 100 ou 120 mm selon les spécifications du fabricant de la machine.

- Machine à cardes

Ce type de machine fonctionne généralement avec un moteur thermique. La laine est introduite manuellement ou automatiquement selon le modèle de machine. La laine est ensuite acheminée vers la boîte à cardes afin de faciliter son soufflage, puis jusqu'à l'écluse qui est un compartiment étanche et enfin mise en contact avec l'air qui va la propulser dans le tuyau de sortie de diamètre 80, 100 ou 120 mm. Les puissances de machine sont variables.

7.3 Description de la mise en œuvre

7.3.1 Espace minimal sous fermette

En neuf, une hauteur minimale de 60 mm doit être respectée entre la sous face de la fermette et le support (plafond/plancher) pour assurer une continuité de l'isolant sur toute la surface du support et assurer la performance thermique sans défaut.

7.3.2 Procédure de soufflage

La machine est placée aussi près que possible de l'accès au comble afin de limiter au maximum la longueur de tuyau de soufflage.

Un opérateur alimente en continu la machine avec la laine.

L'applicateur situé dans le comble effectue le soufflage en répartissant régulièrement le produit.

Pour ce faire, il tient le tuyau en position horizontale à 1 m de hauteur environ afin que le jet de laine soit de 2 m environ.

Au fur et à mesure du soufflage, l'applicateur vérifie l'épaisseur de l'isolant mise en place par rapport aux repères sur la charpente et il pratique

5 points de mesures à l'aide de la pige décrite dans le paragraphe 5.3.2 – « Mesure de l'épaisseur » du Cahier des Prescriptions Techniques 3693_V2 de juin 2015 pour 100 m² de combles.

7.4 Précautions

Pour les épaisseurs d'isolant soufflé supérieures ou égales à 300 mm, il est recommandé d'utiliser des suspentes grandes hauteurs.

7.5 Contrôles chantier

7.5.1 Mesure de l'épaisseur

La vérification de l'épaisseur d'isolant est effectuée conformément aux préconisations décrites dans le paragraphe 5.3.2 – « Mesure de l'épaisseur » du Cahier des Prescriptions Techniques 3693_V2 de juin 2015.

7.5.2 Masse volumique et pouvoir couvrant mis en œuvre

Le calcul de la masse volumique réelle mise en œuvre est effectué à partir :

- De l'épaisseur de laine mesurée,
- Du volume réel occupé par l'isolant,
- De la masse d'isolant mise en œuvre.

Le calcul du volume réel occupé par l'isolant ainsi que de la masse d'isolant mise en œuvre est effectué conformément aux préconisations décrites dans les paragraphes 5.3.1 et 5.3.3 du Cahier des Prescriptions Techniques 3693_V2 de juin 2015.

Le pouvoir couvrant réel est déterminé à partir de la masse volumique réelle et de l'épaisseur réelle mise en œuvre conformément aux préconisations décrites dans les paragraphes 5.3.4 du Cahier des Prescriptions Techniques 3693_V2 de juin 2015. On en déduit la résistance thermique installée.

8. Fiche relative au chantier réalisé

L'applicateur conserve la totalité des étiquettes de l'ensemble des sacs qui sont utilisés pour réaliser l'isolation du comble. Il agrafe ces étiquettes dans le comble.

La fiche chantier doit contenir à minima les informations listées dans le paragraphe 5.4 – « Fiche chantier » du Cahier des Prescriptions Techniques 3693_V2 de juin 2015. Elle précise également la masse volumique en œuvre, le numéro de certificat ACERMI. Cette fiche de déclaration est réalisée en trois exemplaires :

- Un exemplaire accompagné des étiquettes des sacs est agrafé dans le comble à un endroit facile d'accès pour lecture.
- Un exemplaire est conservé par l'entreprise réalisatrice de l'isolation.
- Un exemplaire est adressé au client avec la facture ainsi que les étiquettes des sacs.

Le client est tenu de conserver ces pièces justificatives qui feront foi en cas d'expertise.

9. Information intervenants ultérieurs

Une étiquette signalétique doit être appliquée sur les tableaux électriques, à destination des futurs corps de métiers intervenant dans le bâtiment où a été appliqué l'isolant.

Cette étiquette doit expliquer les risques d'incendies et les bons gestes concernant la pose d'éléments électriques ou dégageant de la chaleur.

10. Consignes relatives à la protection des applicateurs

Chaque sac de laine minérale à souffler comporte les consignes relatives à la protection des applicateurs lors de la mise en œuvre. Ces consignes sont rédigées sous forme de pictogrammes.

La documentation des fabricants de laine minérale comporte les consignes écrites.

L'applicateur est tenu de respecter les dispositions de protection individuelle et collective figurant sur la fiche INRS ED 93 :

www.inrs.fr/accueil/produits/bdd/recherche-fichetox-criteres.html

L'applicateur doit respecter l'ensemble des dispositions légales et réglementaires destinées à protéger l'hygiène et la sécurité au travail :

- Objet et organisation de l'information et de la formation à la sécurité :
 - Art. R4141-1 à R4141-10 du Code du travail.
- Aération et assainissement des locaux :
 - R.4222-1 à R.4222-26 du Code du travail ;
 - Circulaire du ministre du travail du 9 mai 1985 ;
 - Arrêtés des 8 et 9 octobre 1987 (JO du 22 oct. 1987) et du 24 déc. 1993 (JO du 29 déc. 1993) relatifs aux contrôles des installations.

11. Assistance technique

La société ROCKWOOL France SAS peut apporter une assistance technique sur demande de l'entreprise de soufflage.

B. Résultats expérimentaux

Le produit JETROCK 2 a fait l'objet des évaluations suivantes :

- Analyse du comportement sous l'effet du vent de la laine de roche soufflée JETROCK 2 avec la mise en place d'un grillage en lieu et place du déflecteur – Rapport d'essai du CSTB n° EN-CAPE 16.170 C V0 – octobre 2016.
- Rapport d'essai du CSTB N° EEM 12 26039980 - Essais de chargement réparti sur plafond en plaque de plâtre – décembre 2012.
- Rapport d'essai du CERIB N° 2014 CERIB 3945 - Essais de chargement réparti sur plafond en plaque de plâtre - décembre 2014.
- Rapport d'essai du CERIB N° 2014 CERIB 3870 - Détermination de la masse volumique et de la masse surfacique - décembre 2014.
- Rapport du LNE N° P146136-30 - Classement de réaction au feu : A1.

C. Annexe 1

Tableau 3 : Charge de service du couple suspente/fourrure en fonction de l'épaisseur d'isolant JETROCK 2 du certificat ACERMI*.

Résistance thermique (m ² ·K/W)	Epaisseur installée (mm)	Charges de service couple suspente/fourrure (daN)	Charge admissible + charge d'exploitation 2 daN
7,0	315	26	25,4
7,5	335	26	25,76
8,0	360	27	26,12
8,5	380	27	26,48
9,0	400	27	26,84
9,5	425	28	27,29
10,0	445	28	27,65
10,5	470	29	28,01
11,0	490	29	28,37
11,5	515	29	28,82
12,0	535	30	29,18
12,5	560	30	29,54
13,0	580	30	29,9
13,5	600	31	30,26
14,0	625	31	30,71
14,5	645	32	31,07
15,0	670	32	31,43

* Il est rappelé qu'il appartiendra à l'utilisateur de vérifier que le certificat ACERMI est toujours valide et que les valeurs indiquées dans ce tableau sont conformes à celles du certificat ACERMI n° 17/D/15/1195.

Tableau 4 : Contrôle de production

Propriété contrôlée	Méthode d'essai	Fréquence minimum
Poids des sacs	Tapis peseur direct ligne	chaque unité
Masse volumique	Procédure interne	1/ poste ou toutes les 8h
Conductivité thermique	EN 14064-1	1/3 mois/groupe + méthode indirecte/jour
Ws	EN 1609	1/mois + méthode indirect/jour
Perte de masse	EN 13820	1/poste ou toutes les 8h

Exemples d'application : Nécessité ou non de la pose d'un pare-vapeur

Rappel : Des exemples détaillés sont donnés dans le cahier CSTB 3647 de novembre 2009.

EXEMPLE 1 : Pose avec le produit JETROCK 2, soufflé sur dalle en béton avec enduit plâtre en sous-face :

- Local en en sous-face à moyenne hygrométrie (habitation) ;
- Isolant JETROCK 2 d'épaisseur 400 mm ;
- Plafond dalle béton (épaisseur 16 cm) de perméabilité δ égale à $300 \cdot 10^{-5}$ g/(m.h.mmHg).avec enduit plâtre (épaisseur 15 mm) en sous-face, de perméabilité δ égale à 0,70 g/(m.h.mmHg).

La résistance à la diffusion de la vapeur d'eau du plancher avant isolation Z_{DP} vaut :

$$Z_{\text{dalle béton}} = \frac{\text{épaisseur}}{\delta} = \frac{0,16}{300 \cdot 10^{-5}} = 53,33 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg/g} \text{ (ou } 7,1 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa/mg)}.$$

$$Z_{\text{enduit plâtre}} = \frac{\text{épaisseur}}{\delta} = \frac{0,015}{0,70} = 0,02 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg/g} \text{ (ou } 2,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa/mg)}.$$

$$Z_{DP} = Z_{\text{dalle béton}} + Z_{\text{enduit plâtre}} = 53,35 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg/g} \text{ (ou } 7,1 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa/mg)}.$$

La résistance à la diffusion de la vapeur d'eau de l'isolation Z_{DI} vaut :

$$Z_{DI} = \frac{\text{épaisseur}}{\delta} = \frac{0,40}{0,05} = 8 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg/g} \text{ (ou } 1,07 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa/mg)}$$

On obtient :

$$Z_{DP} + Z_{DI} = 61,4 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg/g}$$

La perméance de la paroi isolée résulte alors :

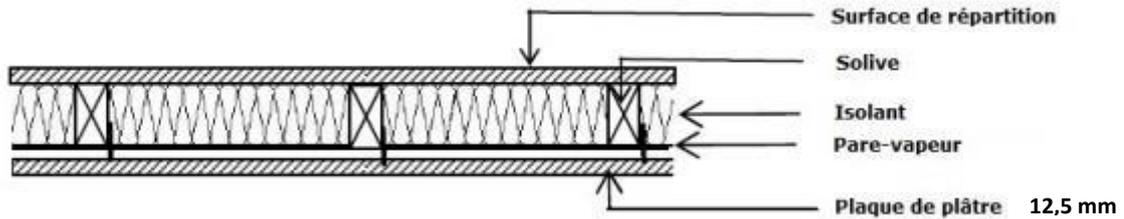
$$W = \frac{1}{Z_{DP} + Z_{DI}} = \frac{1}{61,4} = 0,016 \text{ mg}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg})$$

L'exigence pour les locaux à moyenne hygrométrie $Z_{DP} + Z_{DI} > 3$ (hors zone très froide) et **perméance** $< 0,02$ mg/(m².h.mmHg) (pour le ratio de ventilation le plus bas) (cf. §4.3.1.1, *Cahier du CSTB 3647* de novembre 2008) est satisfaite pour tout type de couverture.

La pose d'un pare-vapeur n'est donc pas nécessaire.

EXEMPLE 2 : Pose avec le produit JETROCK 2, soufflé sur plafond :

- Avec surface de répartition en panneau de particules de 20 mm, de perméance W égale à $0,1 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg})$;
- Local en en sous-face à moyenne hygrométrie (habitation) ;
- Isolant JETROCK 2 d'épaisseur 400 mm ;
- Plafond à base de plaque de plâtre cartonnée 12,5 mm vissée sur fourrures métalliques, de perméabilité δ égale à $1000 \cdot 10^{-5} \text{ g}/(\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg})$.



La résistance à la diffusion de la vapeur d'eau du plancher avant isolation Z_{DP} vaut :

$$Z_{DP} = \frac{\text{épaisseur}}{\delta} = \frac{0,0125}{1000 \cdot 10^{-5}} = 1,25 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}/\text{g} \text{ (ou } 0,167 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}/\text{mg}).$$

La résistance à la diffusion de la vapeur d'eau de l'isolation Z_{DI} vaut :

$$Z_{DI} = \frac{\text{épaisseur}}{\delta} = \frac{0,40}{0,05} = 8 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}/\text{g} \text{ (ou } 1,07 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}/\text{mg}), \text{ avec } \delta = \frac{\delta_{air}}{\mu}.$$

On obtient :

$$Z_{DP} + Z_{DI} = 9,25 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}/\text{g}$$

La résistance à la diffusion de la surface de répartition Z_{DS} vaut :

$$Z_{DS} = \frac{1}{W} = \frac{1}{0,1} = 10 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}/\text{g} \text{ (ou } 1,33 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}/\text{mg}).$$

L'exigence pour les locaux à moyenne hygrométrie $Z_{DP} + Z_{DI} > 3 Z_{DS}$ (cf. §4.3.1.2, Cahier du CSTB 3647 de novembre 2008) n'est pas satisfaite.

La pose d'un pare-vapeur est donc nécessaire avec une résistance à la diffusion de la vapeur d'eau :

$$Z_{\text{pare-vapeur}} \geq 3 \cdot Z_{DS} - (Z_{DP} + Z_{DI})$$

$$Z_{\text{pare-vapeur}} \geq 20,75 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}/\text{g} \text{ (ou } 2,77 \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}/\text{mg})$$

Soit une perméance $\leq 0,0482 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg})$

Soit $Sd_{\text{pare-vapeur}} \geq 1,87 \text{ m}$



Fiche de contrôle chantier

Le feuillet blanc accompagné des étiquettes des sacs doit impérativement être agrafé par l'opérateur sur la ferme la plus proche de la trappe d'accès. Il permet d'assurer la traçabilité et, ainsi permettre d'établir un diagnostic de performance énergétique. Le feuillet bleu est à conserver par l'applicateur. Le feuillet rose est à adresser au client avec la facture.

Cachet de l'entreprise de soufflage

Date d'exécution des travaux d'isolation : _____

Applicateur et machine

Equipe d'exécution : _____

Machine : _____ Réglage : _____

Nom et signature du responsable :

Produit

Produit : **JETROCK 2**

Poids du sac : 20 kg

ACERMI n° 17/D/15/1195

Marque : **ROCKWOOL**

Code fabrication : _____

ATEX n°2464

Description du chantier

Maison individuelle Collectif Neuf Rénovation

Adresse du chantier : _____

Coordonnées du constructeur : _____

Surface du chantier : _____ m² R prévue : _____ m².K/W R installée : _____ m².K/W

	Prévision minimum	Mise en œuvre effective	Numéro de fabrication des sacs utilisés
Epaisseur (en mm)			
Nombre de sacs			

Volume occupé par les fermettes (cas courant : 5% du volume apparent soufflé) : _____ %

Observations

	Oui	Non		Oui	Non
VMC installée : _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Entourage de trappe existant : _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Antenne télé installée : _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Entourage de trappe posé par notre équipe : _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Electricité terminée : _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Arrêt de garage existant : _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Trappe de visite existante : _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Arrêt de garage posé par notre équipe : _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Repères d'épaisseur posés : _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tuiles cassées (nombre) : _____		
Repères de boîtiers électriques posés : _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Tuiles changées (nombre) : _____		
Nombre de spots présents : _____			Remplacement des spots : _____	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Type de spots (LED, ...) : _____			Référence des capots mis en œuvre : _____		

Justificatifs

L'applicateur conserve la totalité des étiquettes découpées sur les sacs de JETROCK 2 utilisés. Il les agrafe sur cette fiche qui reste sur une ferme du comble.

Cette étiquette est à découper et à agraffer dans le comble avec la fiche de contrôle du chantier



Exemple d'étiquette signalétique de comble du tableau électrique :

ISOLATION EN COMBLES PERDUS

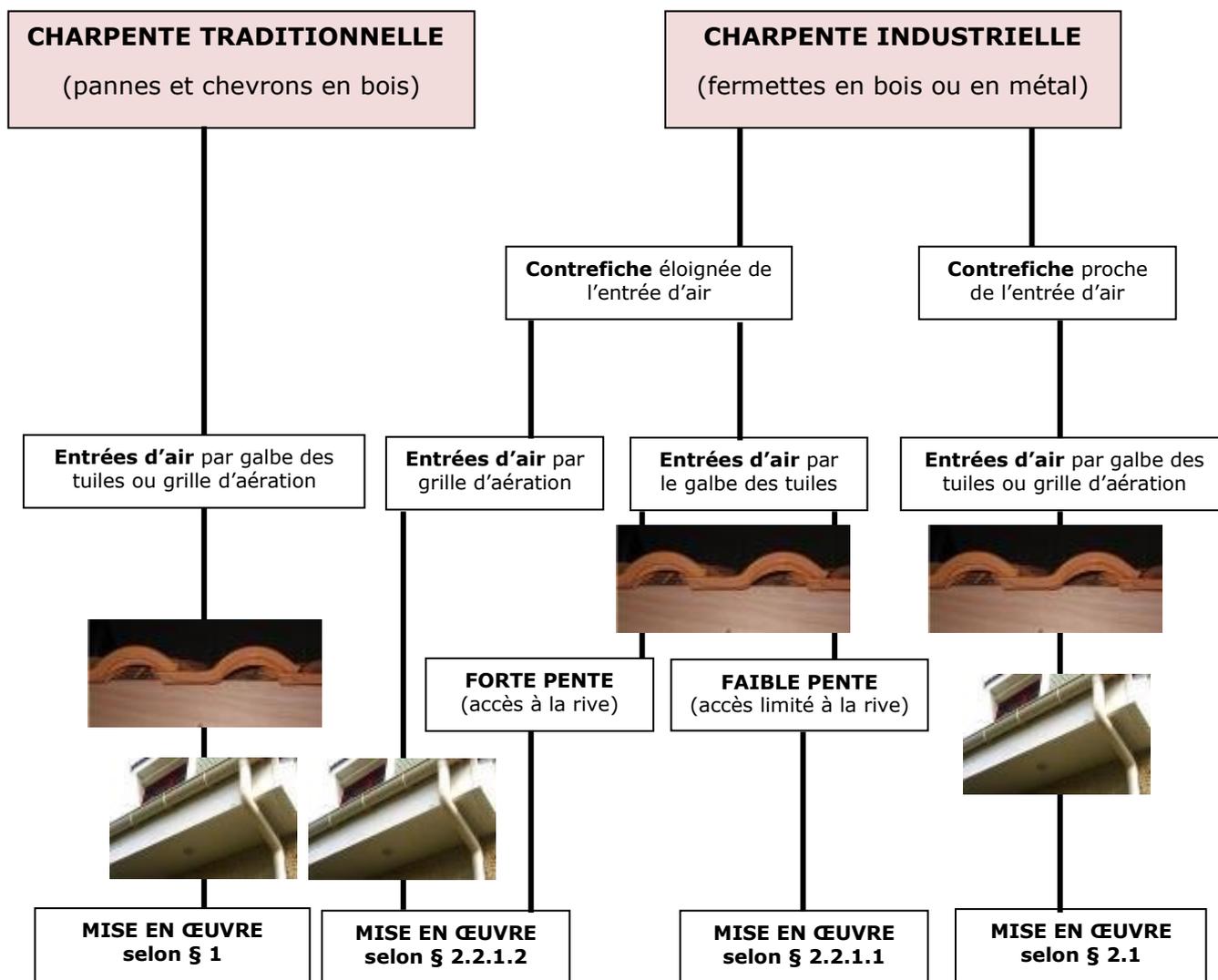
Type d'isolant mis en œuvre : Laine de roche à souffler **Jetrock 2**

Euroclasse de l'isolant utilisé : **A1**

C. Annexe 2

La présente annexe illustre quelques configurations type de comble perdu, sur la base d'une première distinction entre charpente traditionnelle (chevrons en bois) et charpente industrielle (fermettes en bois ou en métal).

Le schéma suivant renvoie aux paragraphes de la mise en œuvre du grillage selon la configuration du comble.



1. Charpente traditionnelle (pannes et chevrons en bois)

Les chevrons reposent sur la panne sablière → la couche inférieure de la laine est partiellement confinée par celle-ci.
Les entrées d'air se font par une grille d'aération et/ou par le galbe des tuiles.

MISE EN ŒUVRE : le grillage est déroulé perpendiculairement aux chevrons et agrafé à ceux-ci.

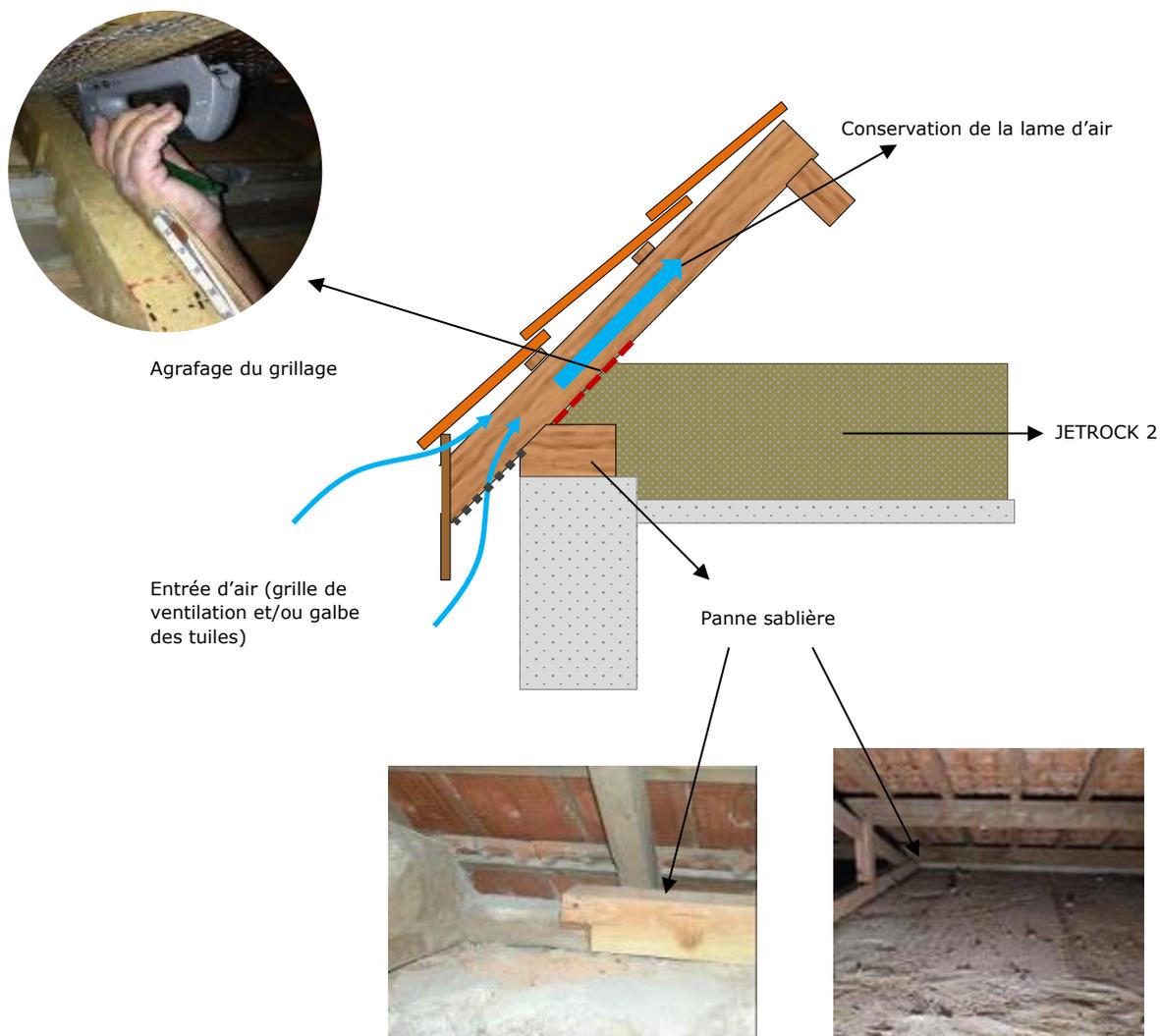


Figure 1 : Schéma de principe de la mise en œuvre du grillage de confinement sur une charpente traditionnelle

2. Charpente industrielle (fermettes en bois ou en métal)

Installation du grillage en fonction du type de fermette

a) Cas où la contrefiche est proche de l'entrée d'air

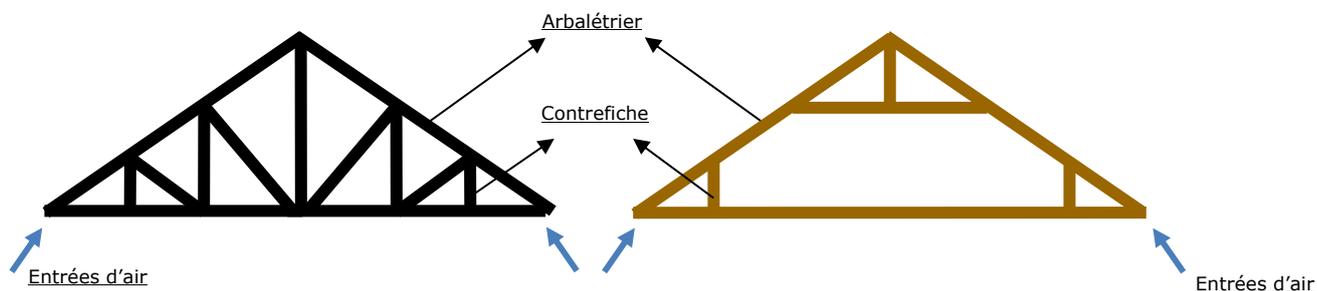


Figure 2 : Schéma de fermette de type « en N » en métal (gauche) et de type « à entrain retroussé » en bois (droite)

b) Cas où la contrefiche est éloignée de l'entrée d'air

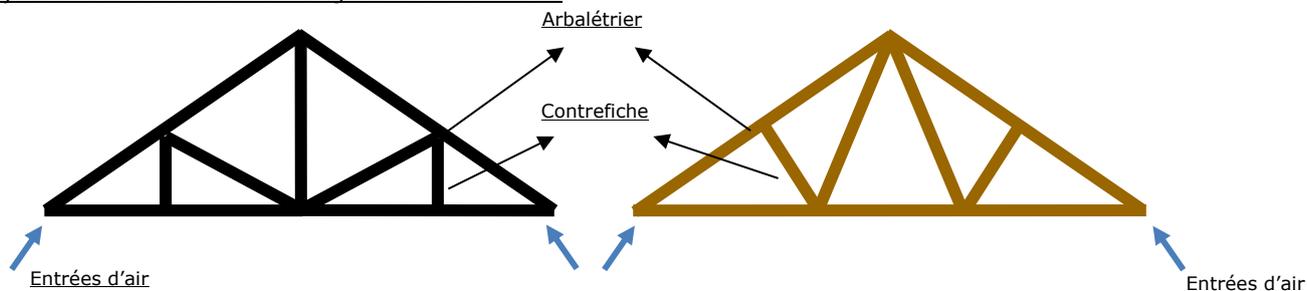


Figure 3 : Schéma de fermette de type « en M » en métal (gauche) et de type « en W » en bois (droite)

2.1 Mise en œuvre avec contrefiche proche de l'entrée d'air

Les entrées d'air se font par une grille d'aération et/ou par le galbe des tuiles.

MISE EN ŒUVRE : le grillage ne peut pas être déroulé en partie basse de l'arbalétrier, il est alors installé à la verticale, fixé sur les contrefiches.

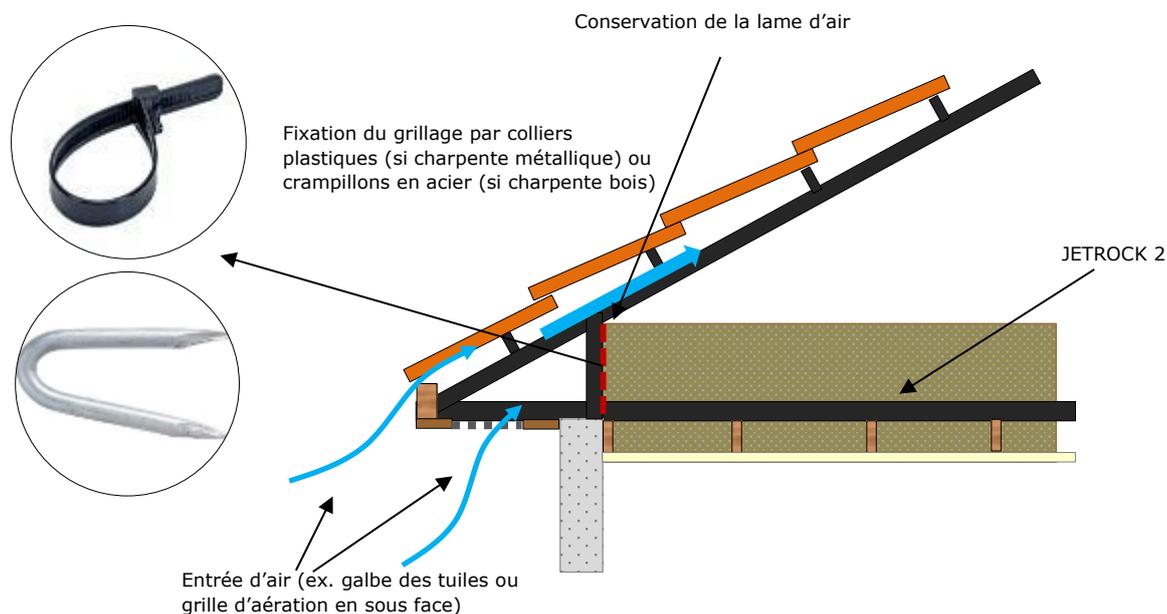


Figure 4 : Schéma de principe de la mise en œuvre du grillage de confinement sur une charpente industrielle métallique « petit entrait »

ETAPES MISE EN ŒUVRE → POSE A LA VERTICALE, GRILLAGE FIXE A LA CONTREFICHE

- ① Le grillage est découpé en portions équivalentes à la distance entre contrefiches.



Figure 5 : Découpe du grillage (gauche) selon la distance entre contrefiches (droite)

- ② Le grillage est fixé à la verticale, sur les contrefiches, à l'aide de colliers plastiques (charpente métallique) ou à l'aide de crampillons en acier (charpente en bois).



Figure 6 : Mise en œuvre du grillage sur les contrefiches (gauche) à l'aide de colliers plastiques (détail à droite)



Figure 7 : Vue du grillage installé, avant (gauche) et après (droite) soufflage de la laine de roche

2.2 Mise en œuvre avec contrefiche éloignée de l'entrée d'air

Si la contrefiche est suffisamment éloignée de l'entrée d'air en rive de comble, l'installateur peut dérouler le grillage de façon continue en partie basse des arbalétriers et l'agrafer (charpente bois) ou le fixer à l'aide de colliers plastiques (charpente métallique).

Les entrées d'air peuvent se faire :

a) par le galbe des tuiles : la rive du comble est généralement constitué par la panne sablière/une planche de rive/une entretoise/le mur périphérique. L'isolant en vrac est donc confiné en partie basse par ces éléments. L'installateur peut façonner le grillage selon l'accessibilité à la rive du comble, qui dépend de la pente de la toiture.

Deux possibilités de mise en œuvre du grillage sont décrites, selon :

- toiture à faible pente ($\leq 20^\circ$) ;
- toiture à forte pente ($> 20^\circ$).

b) par ventilation basse, (ex. débord de toit muni en sous face d'une grille d'aération). S'il existe continuité entre le sol du comble et le débord du toit, l'installateur doit façonner le grillage pour confiner toute l'épaisseur du matelas d'isolation et éviter ainsi que des flocons obstruent les grilles d'aération.

2.2.1 Entrée d'air par le galbe des tuiles

L'accessibilité à la rive du comble dépend de la pente de la toiture. Deux possibilités de mise en œuvre du grillage sont décrites, selon :

- toiture à faible pente ($\leq 20^\circ$) ;
- toiture à forte pente ($> 20^\circ$).

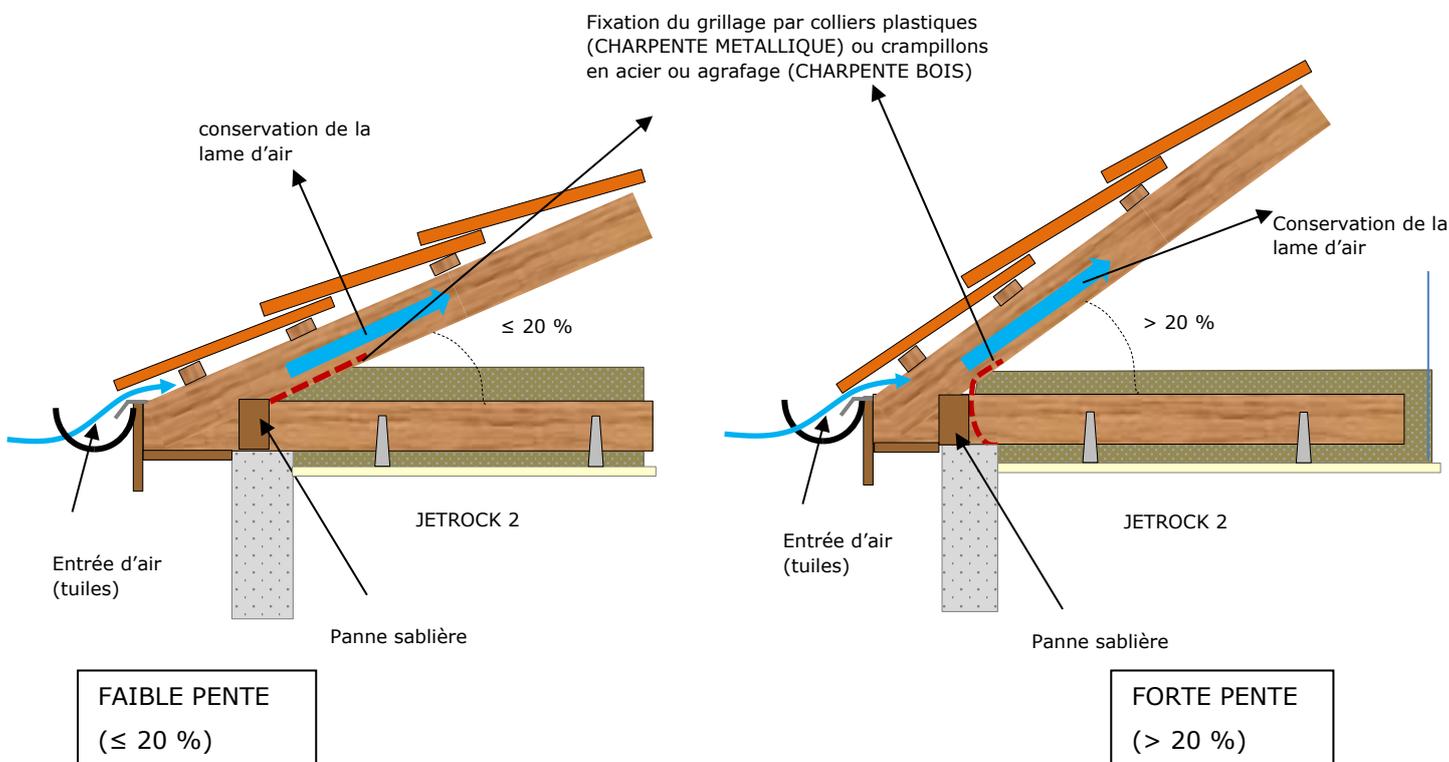
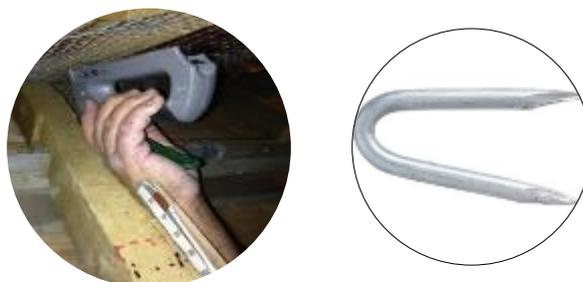


Figure 8 : Schéma de principe de la mise en œuvre du grillage de confinement sur une charpente industrielle en bois à faible pente (gauche) et à forte pente (droite) avec entrée d'air par le galbe des tuiles

2.2.1.1 Mise en œuvre en faible pente de la toiture ($\leq 20^\circ$)

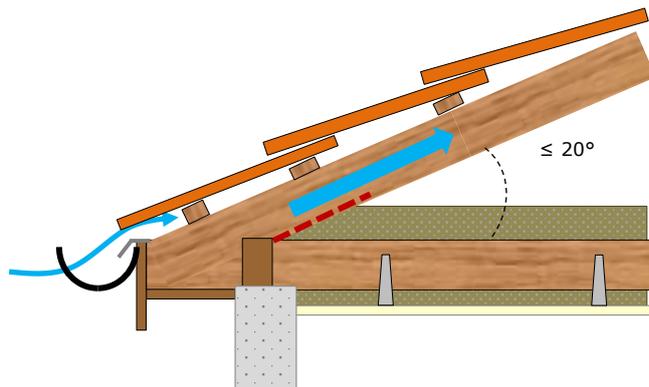


Figure 9 : Schéma de principe de la mise en œuvre du grillage sur une charpente industrielle en bois à faible pente avec entrée d'air par le galbe des tuiles

ETAPES MISE EN ŒUVRE → ACCESSIBILITE LIMITEE A LA RIVE DU COMBLE

① Le grillage est glissé jusqu'au nœud de la fermette.

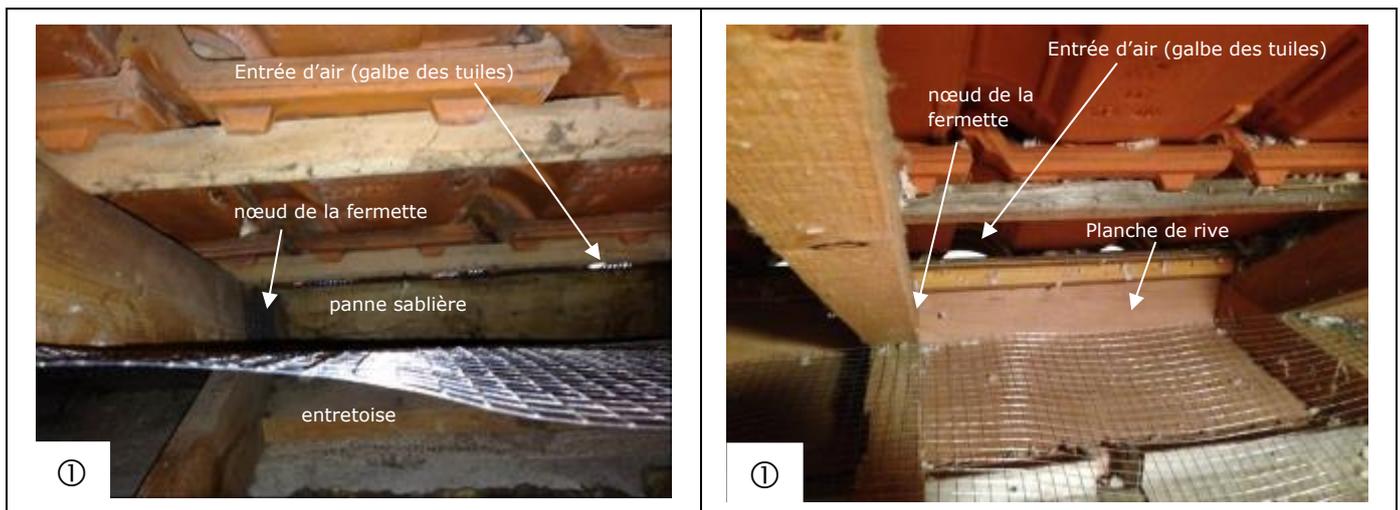


Figure 10 : Positionnement du grillage dans un comble à faible pente, avec entrée d'air par le galbe des tuiles et présence d'entretoise et de panne sablière (gauche) et planche de rive (droite) en partie basse de la rive

② Le grillage est relevé et agrafé aux arbalétriers ou fixé à l'aide de crampons.



Figure 11 : Mise en place du grillage sur les arbalétriers dans un comble à faible pente, avec entrée d'air par le galbe des tuiles et présence d'entretoise et de panne sablière (gauche) et planche de rive (droite) en partie basse de la rive



Figure 12 : Vue d'ensemble du grillage installé dans un comble à faible pente, entrée d'air par le galbe des tuiles

2.2.1.2 Mise en œuvre en forte pente de la toiture (> 20°)

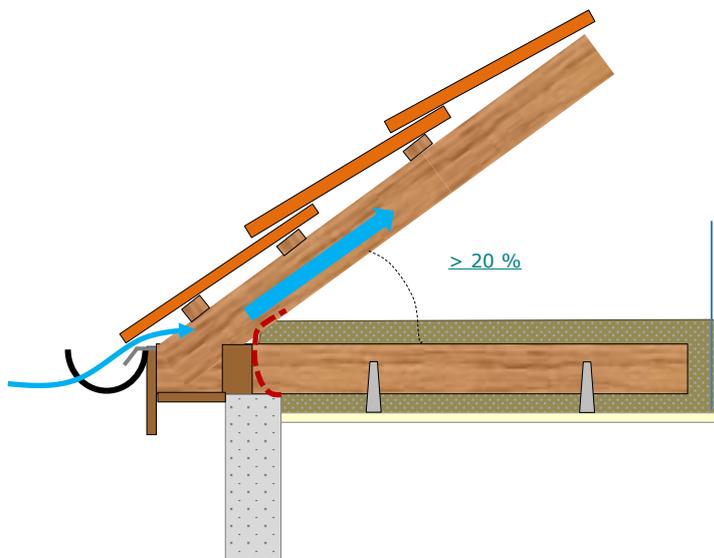


Figure 13 : Schéma de principe de la mise en œuvre du grillage de confinement sur une charpente industrielle en bois à forte pente avec entrée d'air par le galbe des tuiles

ETAPES MISE EN ŒUVRE → ACCESSIBILITE A LA RIVE DU COMBLE

Du fait de la forte pente de la toiture, l'accessibilité à la rive du comble permet à l'installateur de façonner aisément le grillage (pliage et façonnage autour des points singuliers) pour confiner le matelas d'isolation sur toute son épaisseur.

Pour étapes de mise en œuvre, se référer au § 2.2.2.

2.2.2 Entrée d'air par ventilation basse

L'entrée d'air se fait par une ventilation basse, ex. débord de toit muni en sous face d'une grille d'aération.

MISE EN ŒUVRE : le grillage est déroulé perpendiculairement aux arbalétriers et agrafé (charpente bois) ou fixé à ceux-ci à l'aide de colliers plastiques (charpente métallique). En partie basse il est recourbé afin de laisser les entrées d'air dégagées et assurer le maintien de la lame d'air.

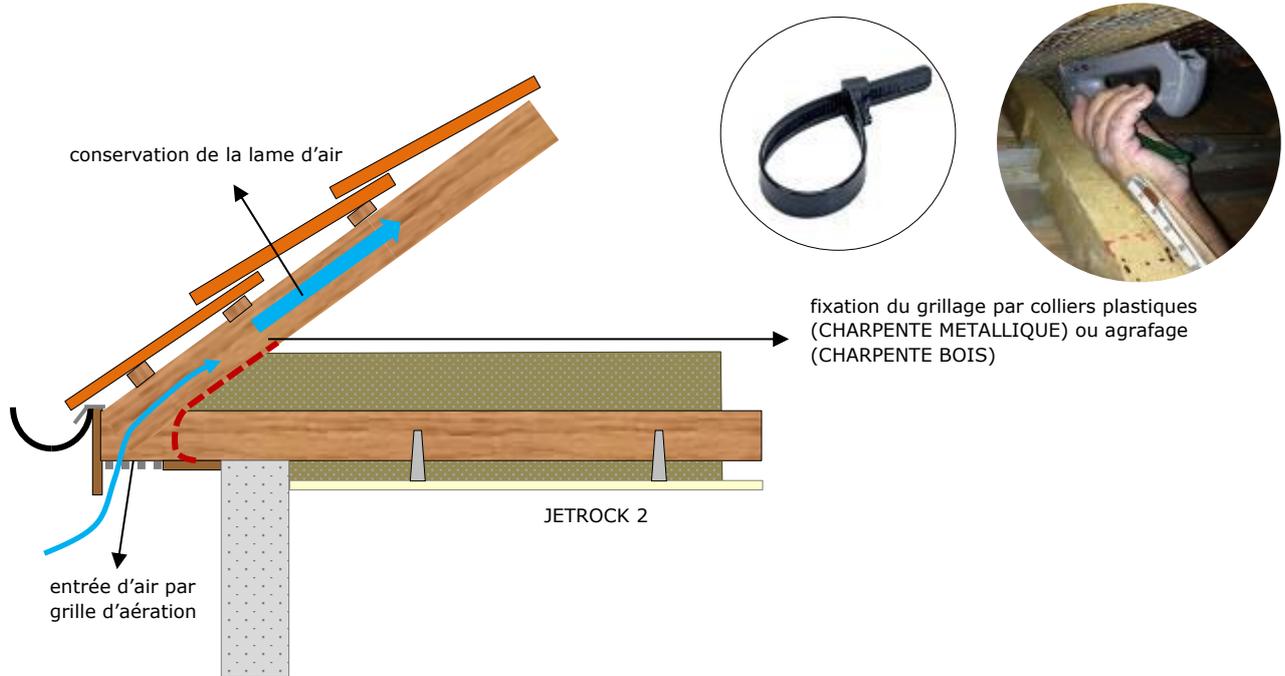


Figure 14 : Schéma de principe de la mise en œuvre du grillage de confinement sur une charpente industrielle en bois avec entrée d'air basse (type grille de ventilation en sous face du débord de toit)

ETAPES MISE EN ŒUVRE → GRILLAGE FIXE AUX ARBALETRIERS, RECOURBE EN PARTIE BASSE

① Le grillage est déroulé le long de la rive du comble et ② marqué au feutre, en correspondance des entrants, en traçant approximativement l'épaisseur de ceux-ci.

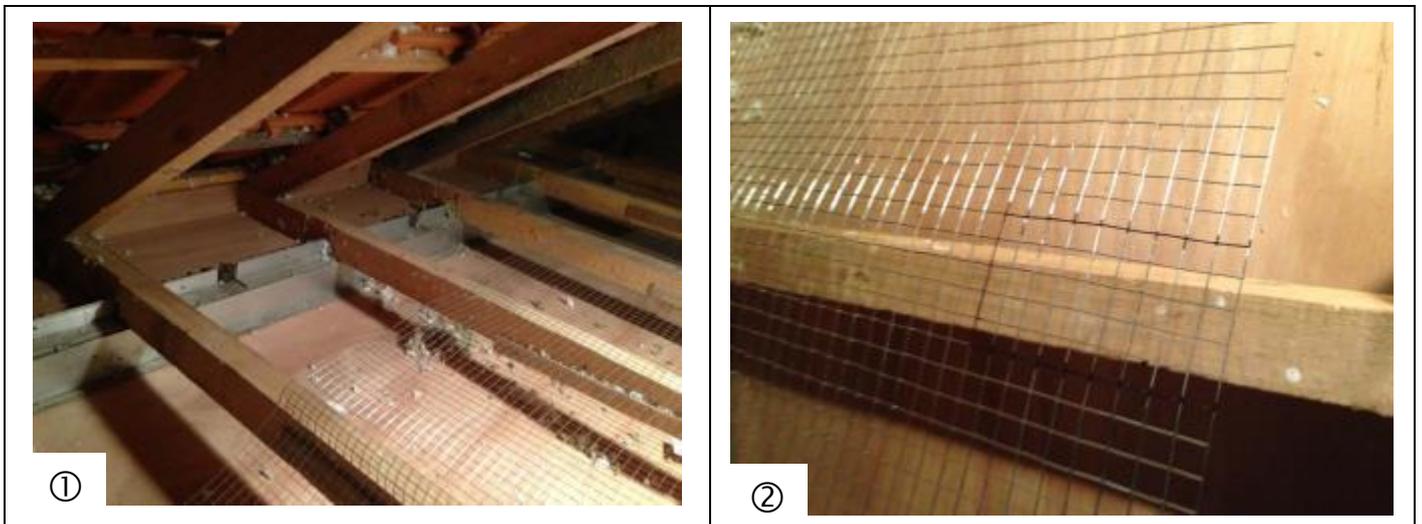


Figure 15 : Marquage au feutre du grillage selon la distance entre contrefiches

③ Le grillage est découpé en correspondance des marquages et ④ plié.

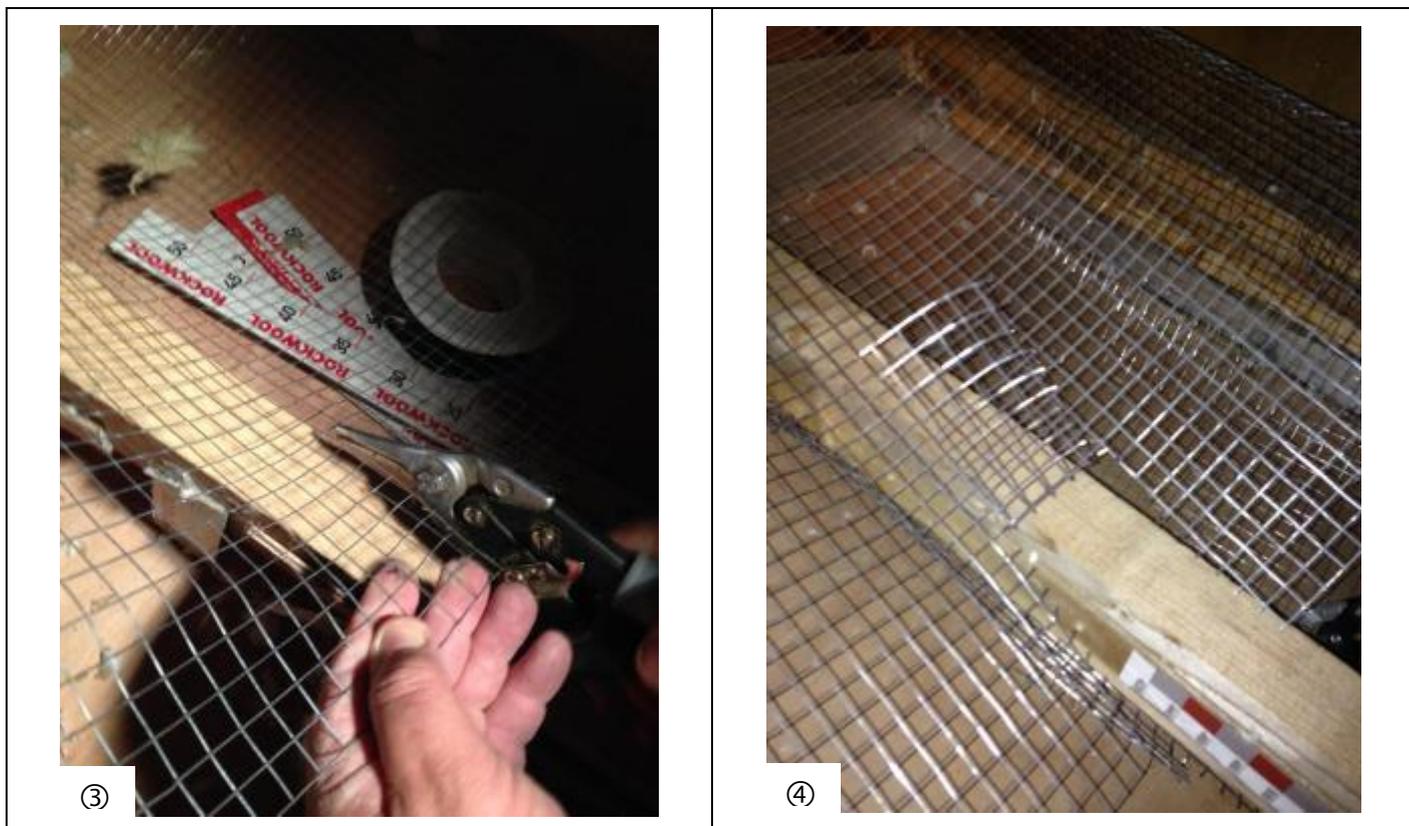


Figure 16 : Découpe du grillage (gauche) et pliage en correspondance des entrants (droite)

⑤ Le grillage est glissé jusqu'au nœud de la fermette, en veillant que les parties découpées épousent le contour de la structure.

⑥ Il est ensuite recourbé de façon à ce que l'entrée d'air reste dégagée.



Figure 17 : Le grillage épous le contour de la structure (gauche) et il est recourbé à la main en partie basse (droite)



Figure 18 : Vue de la partie basse du grillage installé, avec les bouches d'entrée d'air dégagées



Figure 19 : Vue d'ensemble du grillage installé, avant (gauche) et après (droite) soufflage de la laine de roche