

Document Technique d'Application

Référence Avis Technique **20/17-395_V1**

*Système d'étanchéité à l'air
et de résistance à la diffusion
de la vapeur d'eau*

*Airtightness system including
a resistance to diffusion of
water vapor*

Systeme RT Plus

Relevant de la norme	NF EN 13162
----------------------	--------------------

Titulaire : Knauf Insulation Sprl
rue de Maestricht 95
BE-4600 Visé (Belgique)
Tél. (32) 0800 90 52 36
Fax : (32) 0800 91 24 25
Internet : www.knaufinsulation.fr

Distributeur : Knauf Insulation Sprl

Groupe Spécialisé n° 20
Produits et procédés spéciaux d'isolation

Groupe Spécialisé n° 9
Cloisons, doublages et plafonds

Publié le 1^{er} décembre 2017



Commission chargée de formuler des Avis Techniques et Documents Techniques
d'Application

(arrêté du 21 mars 2012)

Secrétariat de la commission des Avis Techniques et des Documents Techniques d'Application
CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, Champs sur Marne, FR-77447 Marne la Vallée Cedex 2
Tél. : 01 64 68 82 82 - Internet : www.ccfat.fr

Les Groupes spécialisés n° 20 « Produits et procédés spéciaux d'isolation » et n° 09 « Cloisons, doublages et plafonds » de la Commission chargée de formuler les Avis Techniques et les Documents Techniques d'Application, ont examiné, les 25 avril et 13 juin 2017, le procédé « Système RT Plus » présenté par la Société Knauf Insulation Sprl. Ils ont formulé sur ce procédé l'Avis Technique ci-après pour une utilisation en France européenne.

1. Définition succincte

1.1 Description succincte

Le Système RT Plus est un système d'étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau, utilisé en comble perdu ou aménagé.

Le Système RT Plus est composé de :

- d'un isolant avec une membrane d'étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau intégrée. L'ensemble isolant + membrane est dénommé Isolant RT Plus ;
- d'une suspente spécifique dénommée Suspente RT Plus ;
- d'une gamme d'accessoires de mise en œuvre associée : deux adhésifs dénommés Adhésif RT Plus et Adhésif RT Plus XL, de manchons adhésifs dénommé Manchons RT Plus et un mastic dénommé Mastic RT Plus.

Le Système RT Plus peut être mis en œuvre en :

- Une couche unique d'isolant RT Plus (032 ou 035) ou,
- En deux couches d'isolant avec :
 - En rampant, en première couche, un isolant thermique semi-rigide sous formes de panneaux ou rouleaux bénéficiant d'un Avis technique ou Document Technique d'Application en tant que « Procédé d'isolation thermique pour comble perdu ou aménagé », ou d'un certificat ACERMI avec une conductivité thermique inférieure ou égale à 0,036W/(m.K), avec une épaisseur égale à l'épaisseur des chevrons moins 2cm si absence d'écran de sous-toiture HPV pour laisser une lame d'air de 2cm mini entre la sous face de l'écran et l'isolant (cf. §4.31 du Dossier Technique) ;
 - En seconde couche, l'isolant RT Plus (032 ou 035) (cf. §4.32 du Dossier Technique).

La membrane pare vapeur intégré du système RT Plus associée aux solutions de continuité adaptées (cf. §4 et 5 du Dossier Technique) assure l'étanchéité à l'air de la paroi et contribue ainsi à l'étanchéité à l'air du bâtiment.

Ce procédé ne peut être associé qu'avec la suspente et les fourrures décrites au paragraphe 2.5 du Dossier Technique établi par le demandeur (DTED) ou à d'autres fourrures sous réserve d'avoir satisfait à des essais de résistance à la traction du couple suspente/fourrure et aux performances attendues dans le NF DTU 25.41.

Dans la partie en rampant, un écran de sous toiture est posé conformément à la norme NF DTU 40.29.

1.2 Mise sur le marché

Conformément au Règlement UE n°305/2011 (RPC), les produits isolants RT Plus 032 et RT Plus 035 font l'objet de deux déclarations de performances établies par le fabricant sur la base de la norme NF EN 13162 de 2013.

1.3 Identification

Chaque emballage est pourvu d'une étiquette précisant notamment les informations suivantes :

- Désignation commerciale ;
- Nom et adresse du distributeur ;
- Date de fabrication et numéro de lot ;
- Marquage CE et Déclaration de Performance (DoP) ;
- Numéro du certificat ACERMI ;
- Numéro de Document Technique d'Application ;
- Étiquetage relatif aux émissions en polluants volatils.

2. AVIS

2.1 Domaine d'emploi accepté

Le Système RT Plus peut être associé :

- aux charpentes traditionnelles en bois ou fermettes industrialisées avec entraxe maximum de 600mm ;
- aux couvertures en petits éléments conformes aux DTU de la série 40 ou bénéficiant d'un Avis Technique (toitures froides),

- aux parements intérieurs courants à base de plaques de plâtre cartonnées (norme NF DTU 25.41) ou panneaux de particules de bois (norme NF DTU 31.2).

Les entraxes entre suspentes n'excèdent pas 1,20m dans le sens des lignes d'ossature et 0,60m dans l'autre sens (respectivement 0,50m dans le cas d'un parement constitué de plaques de plâtre d'épaisseur supérieure ou égale à 15mm).

Les locaux visés sont les locaux à faible ou moyenne hygrométrie, en neuf ou existant, résidentiel ou non résidentiel (locaux à usage courant) à savoir les bâtiments destinés aux logements, immeubles de bureaux, bâtiments scolaires et hospitaliers, hôtels et autres bâtiments soumis à des sollicitations équivalentes.

Sont concernés :

- Locaux classés EA et EB et pour lesquels le niveau de sollicitations correspond suivant la norme NF DTU 25.41,
- Locaux classés EB + privatifs sous réserve de l'utilisation de plaques hydrofugées de type H1 et du respect des dispositions prévues dans la norme NF DTU 25.41.

Le Système RT Plus s'emploie également en climat de montagne (altitude > à 900m).

Ne sont pas visés par le présent document :

- les locaux à forte ou à très forte hygrométrie ;
- les bâtiments industriels ou agricoles ;
- les locaux à ambiance régulée (cf. DTU 45.1) ;
- les toitures chaudes au sens du DTU 43.4.

Il est également utilisable dans toute zone de sismicité de France métropolitaine (zones 1 à 4) et pour toute catégorie d'ouvrage (ouvrages de catégories I à IV) au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal », sous réserve du respect des prescriptions indiquées au paragraphe 2.21.

2.2 Appréciation sur le procédé

2.21 Satisfaction aux lois et règlements en vigueur et autres qualités d'aptitude à l'emploi

Stabilité

Compte tenu du mode d'accrochage et de fixation prévu, et pour le domaine d'emploi envisagé, la stabilité propre de ce plafond apparaît assurée de façon satisfaisante pour ce qui concerne la pose sur ossature.

Sécurité incendie

Dispositions générales

Ce procédé n'est pas destiné à rester apparent.

Le procédé permet de satisfaire les exigences en vigueur. En particulier, 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 mise en œuvre du procédé, et de respecter les prescriptions prévues par le DTU 24.1 en matière de distance de sécurité vis-à-vis des conduits de fumée.

En cas d'exigence de résistance au feu, il convient de tenir compte des conditions décrites dans le rapport de classement et le procès-verbal d'essai de résistance au feu, ainsi que de l'extension mentionnés en partie B du DTED.

Dispositions relatives aux bâtiments d'habitation

Les parements intérieurs doivent répondre aux critères du « Guide de l'isolation par l'intérieur des bâtiments d'habitation du point de vue des risques en cas d'incendie » (Cahier CSTB 3231) – paragraphe 5.2 notamment, et être posés conformément aux DTU et Avis Techniques en vigueur.

Dispositions applicables aux bâtiments relevant du code de travail

Dans tous les cas, il convient de respecter les prescriptions du guide de l'isolation par l'intérieur des bâtiments d'habitation.

Dans le cas des bâtiments dont le plancher bas du dernier niveau est situé à plus de huit mètres du sol, ces dispositions permettent de répondre aux exigences de l'article 9 de l'arrêté du 5 août 1992.

Dispositions relatives aux ERP

Dans le cas particulier des ERP, il convient de se reporter au guide d'emploi des isolants combustibles dans les ERP (Annexe à l'arrêté publié au J.O. du 28 juillet 2007) et aux articles AM de l'arrêté du 25 juin 1980 modifié.

Sécurité en cas de séisme

L'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal » requiert des dispositions parasismiques pour l'ouvrage.

Cependant, il n'y a pas lieu de prendre en compte l'action sismique dans la conception et le dimensionnement du Système RT Plus dans la mesure où la configuration choisie est mise en œuvre selon les conditions de poids et de hauteur limites indiquée à l'article 2.33 du présent Avis.

Dans le cas contraire, le domaine d'emploi est restreint aux ouvrages pour lesquels l'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié ne requiert pas de disposition parasismique. Les tableaux A et B ci-après indiquent de manière synoptique les cas visés pour l'emploi du procédé et les cas non visés qui requièrent l'application des règles PS par des dispositions parasismiques :

- Cas des bâtiments neufs :

Tableau A

	Ouvrages de catégorie d'importance I	Ouvrages de catégorie d'importance II	Ouvrages de catégorie d'importance III	Ouvrages de catégorie d'importance IV
Zone 1	Visé	Visé	Visé	Visé
Zone 2	Visé	Visé	Non visé	Non Visé
Zone 3	Visé	Non visé	Non visé	Non visé
Zone 4	Visé	Non visé	Non visé	Non visé

- Cas des bâtiments anciens, lors de travaux d'ajouts ou de remplacement de ces éléments, l'utilisation du tableau B doit être obligatoirement précédée d'un examen spécifique du projet concerné, quant à la consistance des travaux au sens de l'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié :

Tableau B

	Ouvrages de catégorie d'importance I	Ouvrages de catégorie d'importance II	Ouvrages de catégorie d'importance III	Ouvrages de catégorie d'importance IV
Zone 1	Visé	Visé	Visé	Visé
Zone 2	Visé	Visé	visé	Non Visé
Zone 3	Visé	Non visé	Non visé	Non visé
Zone 4	Visé	Non visé	Non visé	Non visé

Les justifications des dispositions parasismiques qui sont obligatoires réglementairement en cas de non-respect des deux conditions de poids et de hauteur maximum, dans les cas « Non visé » des tableaux A et B, n'ont pas été apportées au DTED.

Données environnementales

Le produit Système RT Plus ne dispose d'aucune Déclaration Environnementale (DE) et ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière.

Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du procédé.

Aspects sanitaires, prévention et maîtrise des accidents lors de la mise en œuvre et de l'entretien

Le produit Système RT Plus dispose d'une Fiche de Données de Sécurité (FDS). L'objet de la FDS est d'informer l'utilisateur de ce produit sur les dangers liés à son utilisation et sur les mesures préventives à adopter pour les éviter, notamment par le port d'équipements de protection individuelle (EPI).

Le présent avis est formulé au regard de l'engagement écrit du titulaire de respecter la réglementation, et notamment l'ensemble des obligations réglementaires relatives aux substances dangereuses, pour leur fabrication, leur intégration dans les ouvrages du domaine d'emploi accepté et l'exploitation de ceux-ci.

Le contrôle des informations et déclarations délivrées en application des réglementations en vigueur n'entre pas dans le champ du présent avis. Le titulaire du présent avis conserve l'entière responsabilité de ces informations et déclarations.

Isolation thermique

Le système permet de satisfaire les exigences réglementaires en travaux neufs et en travaux de réhabilitation.

Des exemples de calcul utilisant le Système RT Plus sont donnés en Annexe du Dossier Technique.

Pour les autres systèmes, le coefficient Up de déperdition thermique de chaque paroi se calcule selon les Règles ThU (Fascicule 4/5 – Parois opaques – notamment).

La résistance et la conductivité thermique de l'isolant associé au procédé peuvent être données dans le certificat ACERMI ou le Document Technique d'Application correspondant.

Isolement acoustique

Le procédé n'a pas été testé pour évaluer les performances acoustiques.

Les performances acoustiques des systèmes, lorsqu'elles sont déclarées, constituent des données nécessaires à l'examen de la conformité d'un bâtiment vis-à-vis de la réglementation acoustique en vigueur (arrêtés du 30 juin 1999 relatif aux bâtiments d'habitation, du 25 avril 2003 relatif aux hôtels, établissements d'enseignements, et établissements de santé).

Le passage de la performance du système à la performance de l'ouvrage peut être réalisé à l'aide d'une des 3 approches suivantes :

- Le calcul (selon NF EN 12354-1 à 5 ; objet du logiciel ACOUBAT),
- le référentiel QUALITEL,
- les Exemples de Solutions Acoustiques (publié en mai 2002 par la DHUP).

Étanchéité

- À l'eau : Le procédé ne participe pas à l'étanchéité à l'eau.
- À l'air : Les mesures réalisées en laboratoire et in situ permettent de considérer que la paroi isolée à l'aide de ce procédé est étanche à l'air et de valider la faisabilité d'une étanchéité à l'air sur un bâtiment avec un coefficient Q4Pa_surf ≤ 0,6 (m³/h)/m². Sous réserve que les autres parties de l'enveloppe du bâtiment soient étanches à l'air, le procédé contribue donc à l'atteinte des exigences réglementaires en matière d'étanchéité à l'air.
- À la vapeur d'eau : Le procédé participe à l'étanchéité à la vapeur d'eau au moyen de la membrane pare vapeur intégrée du Système RT Plus et des dispositions technologiques de continuité adoptées en limitant le risque de ventilation parasite de lames d'air situées côté intérieur de l'isolation.

2.22 Durabilité

Compte tenu des conditions de conception et de mise en œuvre précisées dans le Dossier Technique, les risques de condensation dans l'isolant à proximité de la membrane ou de l'écran de sous-toiture, ainsi que dans la charpente et au niveau du parement intérieur, sont négligeables.

Sous réserve que soient respectées les conditions particulières définies dans le Dossier Technique, la durabilité de l'ouvrage est estimée équivalente à celle des solutions traditionnelles.

2.23 Fabrication et contrôle

Cet Avis ne vaut que pour les fabrications pour lesquelles les autocontrôles et les modes de vérifications, décrits dans le Dossier Technique établi par le demandeur sont effectifs, en particulier concernant le contrôle de la résistance mécanique des suspentes par essais de traction selon l'annexe D de la norme NF DTU 25.41 P1-2 (décembre 2012) réalisés au minimum sur chaque lot fabriqué.

2.24 Mise en œuvre

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

2.3 Prescriptions Techniques

2.31 Conditions de conception

Le traitement des dispositifs d'éclairages encastrés doit être réalisé conformément au *paragraphe 5.122 du Cahier du CSTB n°3693_V2* de juin 2015.

2.32 Conditions de mise en œuvre

- Les ouvrages de couverture doivent être réalisés conformément aux DTU ou Avis Techniques correspondants.
- L'isolation doit être réalisée conformément aux Avis Techniques, aux Documents Techniques d'Application et aux règles de l'art (notamment le *Cahier du CSTB n°3560_V2* de juin 2009).
- L'ouvrage en plaques de plâtres sur ossature doit être conforme au DTU 25.41 ainsi qu'aux Avis Techniques correspondants, notamment concernant la planéité de la paroi, la densité des fixations et les dispositions relatives aux pièces humides.
- Les écrans souples de sous-toiture doivent être posés selon la norme NF DTU 40.29.

2.33 Conditions spéciales sous actions sismiques

Lorsque l'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié requiert des dispositions parasismiques pour l'ouvrage, il n'y a cependant pas lieu de prendre en compte l'action sismique dans la conception et le dimensionnement du système de plafond suspendu dans la mesure où le plafond est mis en œuvre suivant les deux prescriptions suivantes :

- masse surfacique inférieure à 25kg/m² de plafond fini,
- et hauteur sous plafond inférieure à 3,50m.

La limite de masse mentionnée ci-dessus doit tenir compte du poids propre du système plafond en intégralité (enduit, plaques, ossatures, fixations, isolation rapportée, membrane d'étanchéité et pièces dédiées) et de toutes autres surcharges dans le plenum ou se fixant sur le plafond.

2.34 Maintenance, entretien et réparation

Après réception de l'ouvrage, toute intervention ultérieure entraînant une dégradation du système d'étanchéité à l'air devra être suivie d'une remise en état de l'élément endommagé afin de le rendre à nouveau étanche.

2.35 Assistance technique

La Société Knauf Insulation Sprl assure une assistance technique aux installateurs du Système RT Plus tant en ce qui concerne la conception que la réalisation du procédé sur le chantier.

Conclusions

Appréciation globale

L'utilisation du système dans le domaine d'emploi accepté (cf. §2.1) est appréciée favorablement.

Validité :

A compter de la date de publication présente en première page et jusqu'au 31 juillet 2020.

*Pour le Groupe Spécialisé n°20
Le Président*

*Pour le Groupe Spécialisé n°09
Le Président*

3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Il s'agit d'une nouvelle demande d'Avis Technique.

La mise en œuvre d'isolant en toiture nécessite le plus souvent la mise en place d'une membrane pare vapeur indépendante et continue côté intérieur selon le *Cahier du CSTB* n°3560_V2 de juin 2009. Dans la mesure où la continuité du pare vapeur intégré des isolants RT Plus est assurée en partie courante et aux points singuliers comme défini dans le Dossier Technique, l'ouvrage pare vapeur ainsi constitué peut assurer une fonction d'étanchéité à l'air.

Un soin particulier doit être apporté à la mise en œuvre au niveau des jonctions et des points singuliers.

Le système défini dans le Dossier Technique propose des solutions techniques pour les traversées de canalisations. Ces solutions ont fait l'objet de mesure d'étanchéité à l'air en laboratoire pour valider leur capacité à ne pas détériorer le plan d'étanchéité réalisé à l'échelle du bâtiment.

Enfin, il est rappelé que le vide technique entre le parement intérieur et la membrane réalisé grâce au système d'ossature spécifique décrit dans le Dossier Technique doit impérativement être respecté pour éviter tout percement ultérieur de la membrane.

*Le Rapporteur du Groupe Spécialisé
n°20*

Seules les fourrures F47 de KNAUF et F45 de SPP ont fait l'objet d'essais mécaniques avec le procédé. D'autres fourrures peuvent être utilisées sous réserve d'être conformes au DTU 25.41 et d'avoir réussi à un essai de résistance à la traction du couple suspente/fourrure.

*Le Rapporteur du Groupe Spécialisé
n°09*

Annexe

1. Rappel des exigences spécifiques de la réglementation thermique

Les exigences spécifiques concernant le procédé visé par le présent Avis Technique sont détaillées ci-après. Elles doivent cependant être vérifiées lors de la conception de l'ouvrage pour prendre en compte les éventuels changements réglementaires.

Tableau 1 - Exigences réglementaires

Valeurs minimales réglementaires	Rampants et plafonds de combles aménagés
RT ex compensation (arrêté du 13 juin 2008)	$U_p \leq 0,28$
RT ex par éléments (arrêté du 22 mars 2017)	4,8 en combles perdus 4,4 ou 4,3 ou 4 en rampants en fonction de la Zone climatique*
RT 2005 (arrêté du 24 mai 2006)	$U_p \leq 0,28$
RT 2012 (arrêtés du 26 octobre 2010 et du 28 décembre 2012)	- **

* Cas d'adaptation selon l'Arrêté du 22 mars 2017.

** Il n'y a pas d'exigence d'isolation, la RT 2012 impose une exigence sur la performance énergétique globale du bâti.

Avec :

U_p : le coefficient de transmission thermique surfacique des parois (en $W/(m^2.K)$).

R_T : la résistance thermique totale de la paroi après rénovation (en $m^2.K/W$).

b : coefficient de réduction de la température.

2. Rappel des règles de calcul applicables

La résistance thermique de la paroi (R_T) s'effectue comme suit :

$$R_T = R_U + R_c$$

Avec :

- R_U : Résistance thermique utile du produit isolant définie dans le certificat ACERMI.
- R_c : Résistance thermique de la paroi support.
- Généralement : $R_c = \frac{e_c}{\lambda_c}$ $m^2.K/W$.
- e_c : épaisseur de la paroi m,
- λ_c : conductivité thermique de paroi support en $W/(m.K)$.

Le coefficient U_p de la paroi s'obtient ci-après en tenant compte des coefficients de déperdition linéique et ponctuelle :

$$U_p = \frac{1}{R_{si} + R_U + R_c + R_{se}} + \frac{\sum \psi_i L_i + \sum \chi_j}{A}$$

Avec :

- U_p = Coefficient de transmission surfacique global de la paroi isolée, en $W/(m^2.K)$,
- R_{si} et R_{se} = résistances superficielles, $m^2.K/W$.
- R_U = Résistance thermique utile de l'isolation rapportée en partie courante, $m^2.K/W$.
- R_c = Résistance thermique des autres éléments de paroi en partie courante (mur support, etc.), en $m^2.K/W$.
- ψ_i = Coefficient de déperdition linéique correspondant aux éléments d'ossature éventuels, déterminé selon les règles Th-U, en $W/(m.K)$.
- L_i = Longueur des ossatures pour la surface considérée A, en m.
- χ_j = Coefficient de déperdition ponctuel correspondant aux éléments d'ossature éventuels, déterminé selon les règles Th-U, en W/K .
- A = Surface de la paroi considérée pour le calcul, en m^2 .

Dossier Technique

établi par le demandeur

A. Description

1. Généralités

1.1 Description du Système RT Plus

Le Système RT Plus est un procédé destiné à réaliser :

- l'isolation thermique des combles aménagés ou planchers de combles perdus au moyen d'une laine minérale ;
- l'étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau des parois isolées à l'aide d'un pare vapeur intégré à l'isolant et d'une gamme d'accessoires associée.

Le Système RT Plus est composé de :

- d'un isolant avec une membrane d'étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau intégrée. L'ensemble isolant + membrane est dénommé Isolant RT Plus ;
- d'une suspente spécifique dénommée Suspente RT Plus ;
- d'une gamme d'accessoires de mise en œuvre associée : deux adhésifs dénommés Adhésif RT Plus et Adhésif RT Plus XL, de manchons adhésifs dénommés Manchons RT Plus et un mastic dénommé Mastic RT Plus.

Le Système RT Plus peut être mis en œuvre en :

- Une couche unique d'isolant RT Plus (O32 ou O35) ou,
- En deux couches d'isolant avec :
 - En rampant, en première couche, un isolant thermique semi-rigide sous formes de panneaux ou rouleaux bénéficiant d'un Avis technique ou Document Technique d'Application en tant que « Procédé d'isolation thermique pour comble perdu ou aménagé », ou d'un certificat ACERMI avec une conductivité thermique inférieure ou égale à 0,036W/(m.K), avec une épaisseur égale à l'épaisseur des chevrons moins 2cm si absence d'écran de sous-toiture HPV pour laisser une lame d'air de 2cm mini entre la sous face de l'écran et l'isolant (cf. §4.31 du Dossier Technique) ;
 - En seconde couche, l'isolant RT Plus (O32 ou O35) (cf. §4.32 du Dossier Technique).

La membrane pare vapeur intégré du système RT Plus associée aux solutions de continuité adaptées (cf. §4 et 5 du Dossier Technique) assure l'étanchéité à l'air de la paroi et contribue ainsi à l'étanchéité à l'air du bâtiment.

Dans le cas d'un ouvrage neuf (construction neuve ou rénovation complète de toiture), le système RT Plus est associé à un écran de sous-toiture certifié QB25, Sd1 mis en œuvre du côté extérieur. Il permet la pose de l'isolant au contact de l'écran, sans lame d'air entre l'écran et l'isolant.

1.2 Domaine d'emploi

Le Système RT Plus peut être associé :

- aux charpentes traditionnelles en bois ou fermettes industrialisées avec entraxe maximum de 600mm ;
- aux couvertures en petits éléments conformes aux DTU de la série 40 ou bénéficiant d'un Avis Technique (toitures froides),
- aux parements intérieurs courants à base de plaques de plâtre cartonnées (norme NF DTU 25.41) ou panneaux de particules de bois (norme NF DTU 31.2).

Les entraxes entre suspentes n'excèdent pas 1,20m dans le sens des lignes d'ossature et 0,60m dans l'autre sens (respectivement 0,50m dans le cas d'un parement constitué de plaques de plâtre d'épaisseur supérieure ou égale à 15mm).

Les locaux visés sont les locaux à faible ou moyenne hygrométrie, en neuf ou existant, résidentiel ou non résidentiel (locaux à usage courant) à savoir les bâtiments destinés aux logements, immeubles de bureaux, bâtiments scolaires et hospitaliers, hôtels et autres bâtiments soumis à des sollicitations équivalentes.

Sont concernés :

- Locaux classés EA et EB et pour lesquels le niveau de sollicitations correspond suivant la norme NF DTU 25.41,
- Locaux classés EB + privatifs sous réserve de l'utilisation de plaques hydrofugées de type H1 et du respect des dispositions prévues dans la norme NF DTU 25.41.

Le Système RT Plus s'emploie également en climat de montagne (altitude > à 900m).

Ne sont pas visés par le présent document :

- les locaux à forte ou à très forte hygrométrie ;
- les bâtiments industriels ou agricoles ;
- les locaux à ambiance régulée (cf. DTU 45.1) ;
- les toitures chaudes au sens du DTU 43.4.

Le procédé est utilisable dans toute zone de sismicité de France métropolitaine (zones 1 à 4) et pour toute catégorie d'ouvrage (ouvrages de catégories I à IV) au sens de l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal », sous réserve du respect des prescriptions suivantes dites "Conditions spéciales sous sollicitations sismiques" :

Lorsque l'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié requiert des dispositions parasismiques pour l'ouvrage, il n'y a pas lieu de prendre en compte l'action sismique dans la conception et le dimensionnement du procédé dans la mesure où celui-ci est mis en œuvre suivant les deux prescriptions suivantes :

- Masse surfacique inférieure à 25kg/m²;
- Hauteur potentielle de chute inférieure à 3,50m.

Dans le cas contraire (non-respect d'un des critères), le domaine d'emploi est restreint aux ouvrages pour lesquels l'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié ne requiert pas de disposition parasismique.

2. Nature et définition des composants du Système RT Plus

2.1 Membrane pare vapeur intégrée (cf. Tableau 5)

2.1.1 Caractéristiques

Les caractéristiques mécaniques et hygrothermiques de la membrane pare vapeur intégré sont résumées dans le Tableau 5 en fin du Dossier Technique.

Le pare vapeur intégré est constitué d'un film de polyéthylène (PE), renforcée d'une armature en polypropylène (PP).

2.2 Isolants RT Plus

Les isolants RT Plus (RT Plus O32 et RT Plus O35) sont des rouleaux de laine de verre avec un pare vapeur intégré. Ils bénéficient :

- du marquage CE selon le Règlement des Produits de la Construction (UE n°305/2011), les performances déclarées étant définies conformément à l'annexe ZA de la norme NF EN 13162 et font l'objet de déclarations de performances DoP,
- d'une certification ACERMI.

Tableau 1 : Désignations commerciales et caractéristiques certifiées des isolants RT Plus

Nom produit	RT Plus O32	RT Plus O35
Conductivité thermique W/(m.K)	certificat ACERMI n° 15/016/1090	certificat ACERMI n° 15/016/1092
Epaisseur (mm)	40 à 200	50 à 280
Tolérance d'épaisseur	certificat ACERMI n° 15/016/1090	certificat ACERMI n° 15/016/1092
Transmission de vapeur	Z140	Z140
Absorption d'eau à court terme (kg/m ²)	WS	WS
Absorption d'eau à long terme (kg/m ²)	WL(P)	WL(P)

Tableau 2 : Autres caractéristiques spécifiques

Nom produit	RT Plus 032	RT Plus 035
Forme	Rouleau	Rouleau
Numéro certificat ACERMI	15/016/1090	15/016/1092
Stabilité dimensionnelle (70°C/90%HR)	≤1%	≤1%
Densité maxi (kg/m ³)	30	20
Euroclasse	F	F
Numéro DoP	G4220OPCPR	G4220LPCPR

Les Dop sont téléchargeables sur le site www.knaufinsulation.fr

2.3 Isolant éventuel entre chevrons

L'isolant thermique posé éventuellement entre chevrons doit être semi-rigide sous formes de panneaux ou rouleaux bénéficiant d'un Avis technique ou Document Technique d'Application en tant que « Procédé d'isolation thermique pour comble perdu ou aménagé », ou d'un certificat ACERMI avec :

- une conductivité thermique inférieure ou égale à 0,036W/(m.K);
- une épaisseur égale à l'épaisseur des chevrons moins 2cm si absence d'écran de sous-toiture HPV pour laisser une lame d'air de 2cm mini entre la sous face de l'écran et l'isolant.

2.4 Écran de sous toiture

Dans le cas d'une construction neuve ou d'une rénovation totale de toiture, le Système RT Plus est associé à un écran de sous-toiture hautement perméable à la vapeur d'eau (HPV) de résistance à la diffusion de vapeur d'eau $S_d \leq 0,1m$ (classe sd1).

Cet écran de sous-toiture doit être conforme à la norme NF EN 13859-1 ainsi qu'aux dispositions de l'annexe A du DTU NF DTU 40.29 P1-2, ou bénéficier d'un Avis Technique ou Document Technique d'Application. Il doit également être certifié QB25, Sd1. L'écran de sous-toiture HPV ne nécessite pas de lame d'air entre l'écran et l'isolant.

La mise en œuvre de ces écrans doit être conforme à la norme NF DTU 40.29 P1-1 ou aux Avis Techniques / Documents Techniques d'Application correspondants.

2.5 Accessoires dédiés à la pose des isolants RT Plus

2.51 Suspentes RT Plus

Les Suspentes RT Plus sont des suspentes en composite armé permettant de maintenir l'isolant RT Plus et de réaliser l'ossature métallique.

Elles sont composées de 2 éléments à assembler lors de la mise en œuvre :

- la tige RT Plus : pièce en matériau composite armé à platine de fixation intégrée avec insert métallique de Ø 8mm surmoulé
- la tête RT Plus : tête démontable en bi-matière réalisant l'étanchéité à l'air par verrouillage sur la tige RT Plus après pose des Manchons RT Plus (cf. §2.33).



Figure 1 : Suspente RT Plus

Chaque modèle de Suspente RT Plus (caractérisé par une longueur de corps de suspente spécifique) est associé à une plage d'épaisseur pour la deuxième couche d'isolant (isolant RT Plus).

A ce jour, il existe **4 modèles** :

- Suspente RT Plus 12 – 16 : pose d'isolants d'épaisseur 120 à 160mm sous chevrons ou fermettes

- Suspente RT Plus 16 – 20 : pose de d'isolants d'épaisseur 160 à 200mm sous chevrons ou fermettes
- Suspente RT Plus 20 – 24 : pose de d'isolants d'épaisseur 200 à 240mm sous chevrons ou fermettes
- Suspente RT Plus 24 – 28 : pose d'isolants d'épaisseur 240 à 280mm sous chevrons ou fermettes.

Remarque : les Suspentes RT Plus permettent d'une part, d'aménager un espace technique de 4,5cm entre l'isolant RT Plus et le parement intérieur pour le passage de gaines (électriques ou hydrauliques) et boîtiers (DCL, boîtes de dérivation). Et d'autre part, d'assurer une fois verrouillées la continuité d'étanchéité à l'air du système.

Les intervenants périphériques à la pose du Système RT Plus (notamment électricien) doivent être informés de la présence et des spécificités des Suspentes RT Plus afin de coordonner leur intervention en conséquence (choix de l'emplacement des boîtiers DCL, passage de gaines entre l'isolant RT Plus et le parement intérieur, etc.)

Afin de faciliter l'embrochage des isolants RT Plus et pour ne pas détériorer le pare vapeur intégré, les Suspentes RT Plus peuvent être associée à l'embout de perforation RT Plus.



Figure 2 : Embout de perforation RT Plus

L'embout de perforation RT Plus est un petit capuchon à placer sur les tiges RT Plus avant embrochage de l'isolant RT Plus (cf. § 4.4).

Il permet de ne pas détériorer le pare vapeur intégré des isolants RT Plus et facilite leur embrochage sur les Suspentes RT Plus.

L'embout de perforation doit être retiré avant la mise en œuvre des Manchons RT Plus (cf. § 4.4).

2.52 Adhésifs RT Plus et RT Plus XL

Les adhésifs RT Plus et RT Plus XL sont des adhésifs grandes largeurs destinés à traiter l'étanchéité à l'air et à la vapeur d'eau aux jonctions du pare-vapeur intégré des isolants RT PLUS.



Figure 3 : Adhésif RT Plus et Adhésif RT Plus XL

Ils permettent également le raccordement des éléments périphériques en association avec le Mastic RT PLUS (cf. § 2.34) grâce au protecteur prédecoupé.

Tableau 2 : Description des Adhésifs RT Plus et RT Plus XL

Nom produit	Adhésif RT Plus	Adhésif RT Plus XL
Nature	Ruban adhésif simple face en PET, avec une base acrylique aqueuse.	
Application	Jointoiement des lés d'isolant RT Plus en partie courante et des éléments périphériques (panne intermédiaire, pignon, sol) en association avec le Mastic RT Plus.	
Dimensions	Longueur : 40m Largeur : 90mm	Longueur : 25m Largeur : 150mm

Les caractéristiques de ces adhésifs, ainsi que leur compatibilité avec le pare vapeur intégré des isolants RT Plus sont définies dans les tableaux 6 et 7 en fin de Dossier Technique.

2.53 Manchons RT Plus

Les Manchons RT Plus sont des patches adhésifs pré-percés de format 15 x 15 cm garantissant l'étanchéité à l'air entre la Suspente RT PLUS et le pare-vapeur intégré des isolants RT PLUS.



Figure 4 : Manchon RT Plus

Chaque Manchon RT Plus présente un débord du protecteur pour faciliter son décollage lors de la mise en œuvre.

Tableau 3 : Description des Manchons RT Plus

Nom produit	Manchon RT Plus
Nature	Manchon adhésif simple face en PET, avec une base acrylique aqueuse.
Application	Réalisation de l'étanchéité à l'air sur chaque perforation des Suspentes RT Plus
Dimensions	Longueur : 15cm Largeur : 15cm

2.54 Mastic RT Plus

Le Mastic RT Plus est un mastic-colle élastique à haut pouvoir adhésif pour les raccords entre les Adhésifs RT PLUS ou RT PLUS XL et les parois du système constructif.



Figure 5 : Mastic RT Plus

Le Mastic RT Plus assure l'étanchéité des jonctions de la face pare vapeur intégrée des isolants RT Plus en périphérie des ouvrages en association avec l'adhésif RT Plus ou RT Plus XL, dans le cas où le support présente des aspérités (en béton, en brique ou en bois).

Tableau 4 : Description du Mastic RT Plus

Nom produit	Mastic RT Plus
Nature	Mastic-colle de technologie hybride polymère, à réticulation neutre, mono-composant, à bas module d'élasticité.
Application	Réalisation de l'étanchéité à l'air des éléments périphériques (panne intermédiaire, pignon, sol) en association avec l'Adhésif RT Plus ou RT Plus XL
Cartouche	310ml

Les performances du mastic en association avec les adhésifs RT Plus et RT Plus XL se trouvent dans le tableau 7 en fin du Dossier Technique.

2.55 Membrane pare vapeur pour traitement des points singuliers

Les membranes d'étanchéité à l'air indépendante doivent être compatibles avec le Système RT Plus et les isolants RT Plus et bénéficier d'un Avis Technique ou Document Technique d'Application selon les prescriptions détaillées dans ces documents.

2.6 Ossatures

Seules les fourrures F47 de KNAUF et F45 de SPP ont fait l'objet d'essais mécaniques avec le système RT Plus. D'autres fourrures peuvent être utilisées sous réserve d'être conformes au DTU 25.41 et d'avoir passé favorablement un essai de résistance à la traction du couple fourrure / suspenste.

2.7 Parements intérieurs compatibles

Le Système RT Plus peut être associé aux parements suivants :

- Plaques de plâtre conformes à la norme NF EN 520 et aux spécifications complémentaires de la norme NF DTU 25.41 P1-2 (CGM). Les plaques de plâtre ont une épaisseur de 12,5mm (BA 13), 15mm (BA 15) ou 18mm (BA18).
- Lambris bois, panneaux de particules de bois d'épaisseur inférieure ou égale à 18mm, conformes au NF DTU 36.2.

NB : Masse surfacique maximale des parements en plaque de plâtre : BA13 = 12.5kg/m², BA15 = 16.5kg/m², BA18 = 16.5kg/m² (suivant guide CSTB « Ouvrages en plaques de plâtre avec ou sans isolation »).

3. Fabrication, Contrôle et Marquage

3.1 Isolants RT Plus

3.1.1 Fabrication et distribution

Les laines de verre sont fabriquées dans les usines de VISE (Belgique) et LANNEMEZAN.

La membrane pare-vapeur intégrée, spécifique au Système RT Plus, est fabriquée par un sous-traitant sur la base d'un cahier des charges élaboré par Knauf Insulation. La caractéristique de transmission de vapeur d'eau (Z) du procédé est certifiée par l'ACERMI.

La société Knauf Insulation assure la distribution.

3.1.2 Contrôles

Les contrôles internes en usine sont conformes à la norme EN 13162 annexe B et au règlement technique ACERMI.

Sur matières premières :

- Fiches fournisseurs et contrôles par analyse chimique.

En cours de fabrication :

- Dosages matière, température, viscosité, débits, vitesse de chaîne, dimensions produits, taux de liant.

Sur produit fini :

- Mesures dimensionnelles,
- Masse volumique,
- Résistance thermique.

Ces contrôles font l'objet d'audits réguliers avec prélèvements d'échantillons dans le cadre de la certification ACERMI.

3.1.3 Marquage

Les étiquettes des panneaux et rouleaux de laines de verre comportent notamment :

- Le nom du produit,
- Les dimensions,
- La réaction au feu (Euroclasse) déclarée et certifiée,
- La résistance et la conductivité thermique déclarées et certifiées,
- Le code de désignation par référence à la norme EN 13162 selon marquage CE.

3.2 Accessoires RT Plus

3.2.1 Fabrication et distribution

Les accessoires spécifiques au Système RT Plus, à savoir :

- les Suspentes RT Plus ;
- les Adhésifs RT Plus et Adhésif RT Plus XL ;
- les Manchons RT Plus ;
- les cartouches de Mastic RT Plus ;

sont fabriqués par différents sous-traitants sur la base de cahiers des charges et distribués par Knauf Insulation.

Ces produits doivent être stockés en intérieur à l'abri des intempéries et des UV.

3.2.2 Contrôles

3.2.2.1 Adhésifs RT Plus, Adhésifs RT Plus XL et Manchons RT Plus

Les contrôles internes en usine sont les suivants :

Sur matières premières :

- Assurance qualité du fournisseur

En cours de fabrication :

- Masse surfacique

Sur produit fini :

- Défauts d'aspect ;
- Masse surfacique ;
- Longueur ;
- Largeur ;
- Grammage de colle.

3.2.2.2 Mastic RT Plus

Les contrôles internes en usine sont les suivants :

Sur matières premières :

- Assurance qualité du fournisseur.

En cours de fabrication :

- Masse volumique : contrôle permanent.

Sur produit fini :

- Masse d'une cartouche

3.223 Suspente RT Plus

Les contrôles internes en usine sont les suivants :

Sur matières premières :

- Assurance qualité du fournisseur.

En cours de fabrication :

- Matelas, injection, temps de cycle, pression de commutation : contrôle automatique et permanent des réglages.

Sur produit fini :

- Aspect (brûlures, bavure, matière), dateur : A chaque lot de fabrication ;
- Contrôle de la résistance mécanique des suspentes par essais de traction selon l'annexe D de la norme NF DTU 25.41 P1-2 (décembre 2012) réalisés au minimum sur chaque lot fabriqué.

3.23 Marquage

Les emballages comportent une étiquette avec la marque du produit ainsi que l'application à laquelle est destiné le produit.

3.3 Stockage des produits

Les isolants RT Plus et autres pièces dédiées de pose doivent être stockées dans un endroit à l'abri des intempéries, de la chaleur et du soleil.

4. Mise en œuvre du Système RT Plus en partie courante (cf. Annexe 1)

Le processus de pose décrit ci-dessous doit être respecté afin de s'en assurer.

Pour chaque configuration, il y a lieu de respecter les dispositions suivantes :

- Les ouvrages de couverture doivent être réalisés conformément aux DTU ou Avis Techniques correspondants ;
- Le dimensionnement des éléments et la pose des plaques de plâtre doit être conforme au DTU 25.41 ainsi qu'aux Avis Techniques correspondants ;
- La continuité du pare-vapeur intégré des isolants RT Plus, y compris aux points singuliers, doit être assurée.

Remarque : Les paragraphes ci-dessous décrivent les différentes étapes de mise en œuvre du Système RT Plus.

Celle-ci est identique que l'on soit :

- en rampants ou en plafonds de combles aménagés,
- en charpente traditionnelle ou fermettes industrielles.

4.1 Pose de l'écran de sous-toiture HPV

4.11 En neuf

Dans le cas d'un ouvrage neuf, la pose de l'écran de sous-toiture HPV relève du couvreur.

La mise en œuvre de cet écran doit être réalisée conformément à la norme NF DTU 40.29. Les sections de ventilation de la lame d'air au-dessus de l'écran de sous-toiture correspondent à celles des DTU de la série 40.

4.12 En rénovation

Dans le cadre des ouvrages en rénovation (sans réfection complète de la toiture) :

- en cas d'écran souple de sous-toiture, si le certificat QB correspondant mentionne un niveau Sd1, la lame d'air entre la sous-face de l'écran et la surface de l'isolant n'est pas nécessaire. Dans tous les autres cas, y compris en cas d'absence d'information sur les caractéristiques de l'écran, le maintien d'une lame d'air de 2 cm au minimum entre la sous-face de l'écran et la surface de l'isolant est indispensable.
- en cas d'écran rigide, le maintien d'une lame d'air de 2 cm au minimum entre la sous-face de l'écran et la surface de l'isolant est indispensable. Cette lame d'air est continue de l'égout au faitage. La pose de l'isolant doit être telle qu'elle respecte l'épaisseur de cette

lame d'air, en prenant en compte le foisonnement éventuel de l'isolant.

4.2 Pose des Suspentes RT Plus

Les tiges RT Plus sont vissées sur le côté des fermettes / chevrons en vérifiant leur alignement soit au cordeau ou soit à l'aide d'un niveau laser. Les vis à utiliser sont des vis à bois de longueur 35mm et de diamètre 3 à 3,5mm, à raison de deux vis par suspente au minimum de part et d'autre de l'axe de symétrie du corps de suspente (position en hauteur indifférente).



Figure 6 : Vissage des Suspentes RT Plus sur la charpente

Conformément à la norme NF DTU 25.41, les entraxes entre suspentes n'excèdent pas 1,20 m dans le sens des lignes d'ossature et 0,60 m dans l'autre sens (respectivement 0,50 m dans le cas d'un parement constitué de plaques de plâtre d'épaisseur supérieure ou égale à 15 mm).

4.3 Cas d'une isolation en deux couches (éventuelle)

4.31 Première couche d'isolant

L'isolant à mettre en œuvre doit être isolant thermique sous formes de panneaux ou rouleaux bénéficiant d'un Avis technique ou Document Technique d'Application en tant que « Procédé d'isolation thermique pour comble perdu ou aménagé » ou d'un certificat ACERMI avec une conductivité thermique inférieure ou égale à 0,036W/(m.K). Il doit être semi-rigide et son épaisseur est égale à l'épaisseur des chevrons (moins 2cm si absence d'écran de sous-toiture HPV pour laisser une lame d'air de 2cm mini entre la sous face de l'écran et l'isolant).

L'isolant est découpé à une largeur égale à la distance entre fermettes / chevrons + 1cm. Il est ensuite inséré entre les fermettes / chevrons sur toute la surface du rampant.



Figure 7 : Pose de la 1ère couche d'isolant entre chevrons / fermettes

L'isolant à utiliser entre les fermettes / chevrons doit être nu, sans surfacage.

Dans le cas où cet isolant en laine minérale est revêtu d'un surfacage kraft, il est impératif de le perforer en petites fentes à raison de 10/m² environ avant de procéder à la pose de la 2^{ème} couche.

4.32 Seconde couche d'isolant RT Plus

L'isolant à mettre en œuvre en seconde couche est l'isolant RT Plus (032 ou 035).

Cette seconde couche est mise en place sous les fermettes / chevrons. Elle est embrochée dans le sens des fermettes / chevrons ou perpendiculairement aux fermettes / chevrons sur les Suspentes RT Plus.

Pour faciliter la pose de l'isolant RT Plus (035 ou 032) et ne pas détériorer le pare vapeur intégré, il est nécessaire d'utiliser les embouts de perforation RT Plus.

Ces embouts sont mis en œuvre sur les Suspentes RT Plus avant l'embrochage des isolants.



Figure 8 : Mise en place des embouts de perforation RT Plus

L'isolant RT Plus (032 ou 035) est ensuite embroché sur les Suspentes RT Plus. Il faudra veiller à ce que l'isolant soit placé derrière la collerette de la Suspente RT Plus.



Figure 9 : Embrochage de l'isolant RT Plus (032 ou 035) sur les Suspentes RT Plus

Une fois l'isolant RT Plus installé, les embouts de perforation sont retirés des Suspentes RT Plus.

La continuité de l'isolation thermique sera vérifiée sur l'ensemble de la surface.

4.4 Mise en œuvre des Manchons RT Plus

Les Manchons RT Plus sont insérés sur chaque Suspente RT Plus dans l'orifice prévu à cet effet.

On veillera à ce que les Manchons RT Plus soient en contact avec la collerette de la Suspente RT Plus.



Figure 10 : Mise en place des Manchons RT Plus sur chaque Suspente RT Plus

Les têtes RT Plus sont ensuite clipsées et verrouillées sur les tiges RT Plus.



Figure 11 : Verrouillage des têtes RT Plus sur les tiges RT Plus

4.5 Mise en œuvre de l'Adhésif RT Plus (ou Adhésif RT Plus XL)

Chaque les jonctions de lés de l'isolant RT Plus (035 ou 032) sera réalisée avec l'Adhésif RT Plus (ou avec l'Adhésif RT Plus XL).



Figure 12 : Réalisation de la jonction des lés d'isolant RT Plus avec l'adhésif RT Plus

Dans le cas où l'Adhésif RT Plus ne serait pas assez large, il est nécessaire d'utiliser l'Adhésif RT Plus XL (exemple : jonction entre le plafond et le rampant).

4.6 Jonctions périphériques avec le Mastic RT Plus

Pour les raccords du pare vapeur intégré de l'isolant RT Plus (035 ou 032) avec les pignons, le sol ou la panne intermédiaire, on utilisera le Mastic RT Plus en association avec l'Adhésif RT Plus ou RT Plus XL.

Tout d'abord, la première moitié du protecteur pré-découpé de l'Adhésif RT Plus ou RT Plus XL est retirée.

L'Adhésif RT Plus ou RT Plus XL est ensuite collé sur sa moitié sur l'isolant RT PLUS (032 ou 035).

Un cordon de Mastic RT Plus est appliqué sur le support.



Figure 13 : Mise en œuvre du Mastic RT Plus

La seconde moitié du protecteur pré-découpé est ensuite retirée puis l'Adhésif RT Plus ou RT Plus XL est rabattu sur le cordon de mastic.



Figure 14 : L'Adhésif RT Plus ou RT Plus XL est appliqué sur le cordon de Mastic RT Plus

4.7 Pose de l'ossature métallique

Les fourrures sont clipsées sur les Suspentes RT Plus. Le réglage de planéité est effectué pour obtenir la conformité à la norme NF DTU 25.41.

Les gaines électriques sont passées dans l'espace technique entre l'ossature métallique l'isolant RT Plus par celui qui en a la charge.

4.8 Pose du parement de finition

La pose du parement intérieur est effectuée conformément à la norme NF DTU 25.41. Les plaques sont vissées pour réaliser le parement d'habillage.

5. Mise en œuvre du Système RT Plus aux points singuliers (cf. Annexe 1 et figure 1)

5.1 Réalisation de l'isolation et de l'étanchéité à l'air des pieds droits

5.1.1 Cas des planchers en maçonnerie

Dans le cas des planchers en maçonnerie ou en béton, le pare vapeur intégré des isolants Plus est arrêté en bas du pied droit. Le raccord avec le plancher est réalisé selon le paragraphe 4.6.

5.1.2 Cas des planchers bois

Dans le cas des planchers en bois, la membrane pare vapeur compatible avec le Système RT Plus et les isolants RT Plus et bénéficiant d'un Avis Technique ou Document Technique d'Application doit être mise en œuvre avant la réalisation de l'isolation des rampants.

Cette membrane est dimensionnée pour que sa largeur soit égale à la distance entre la panne sablière et la paroi verticale du pied droit + 10 cm pour la remontée.

La membrane d'étanchéité à l'air indépendante est collée à la panne sablière conformément aux prescriptions décrites dans son Avis Technique ou Document Technique d'Application.

Dès que l'isolant RT Plus (O32 ou O35) a été mis en œuvre verticalement au niveau du pied droit, la partie horizontale de la membrane d'étanchéité indépendante est remontée puis raccordée à l'isolant RT Plus avec l'Adhésif RT Plus ou RT Plus XL.

5.1.3 Passage des canalisations et gaines électriques au niveau des pieds droits

Si le pied droit est isolé avec l'isolant RT Plus (O32 ou O35), la largeur de l'espace technique sera égale à l'épaisseur de la fourrure. Dans le cas où cet espace technique serait insuffisant pour le passage des canalisations et/ou gaines électriques, il y a lieu de doubler l'ossature afin d'avoir un espace technique plus grand.

5.2 Jonction avec ouvertures de grandes dimensions (les fenêtres de toit, trappes...)

(cf. schémas 5)

Pour certains points singuliers (jonctions avec fenêtre de toit), il peut s'avérer nécessaire d'utiliser une membrane pare-vapeur indépendante.

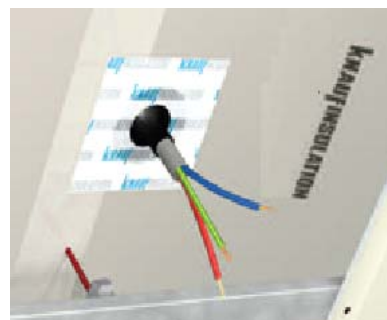
Les membranes d'étanchéité à l'air indépendante doivent être compatibles avec le Système RT Plus et les isolants RT Plus et bénéficiant d'un Avis Technique ou Document Technique d'Application selon les prescriptions détaillées dans ces documents.

5.3 Passage des gaines électriques

Pour le passage des gaines électriques en combles aménagés, il y a lieu d'utiliser l'espace technique créée par les Suspentes RT Plus.

Si les gaines électriques passent au travers de l'isolant RT Plus, il est recommandé d'utiliser les manchons adhésifs pour le passage des gaines.

À noter qu'il existe deux types de manchon (Manchon 15-22 et Manchon 28-35), à choisir en fonction du diamètre de la gaine à faire passer.



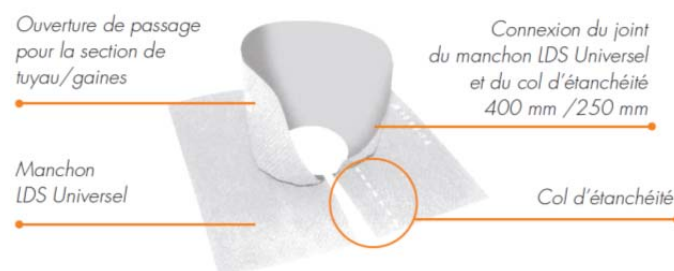
Dans le cas où le passage de la gaine ne serait pas étanche (trou plus grand que la gaine), un cordon de mastic sera ajouté.

Les boîtiers électriques (ou tout connecteur) doivent être pleins. La jonction du boîtier avec la plaque de plâtre (ou le parement) doit être réalisée avec un mastic approprié restant souple.

À défaut, les boîtiers électriques seront déportés sur les ouvrages adjacents où l'étanchéité à l'air n'est pas traitée.

5.4 Passage des canalisations et conduits

Les conduits et canalisation de grande dimension (conduits de VMC, ...) sont traités avec le Manchon Universel (voir ci-dessous).



Le papier de recouvrement du ruban auto-adhésif au dos du Manchon LDS Universel doit être enlevé. Le Manchon LDS Universel est ensuite placé autour du conduit ou la canalisation (fig.A).

L'ensemble est encollé de manière étanche à l'air avec l'adhésif RT Plus.

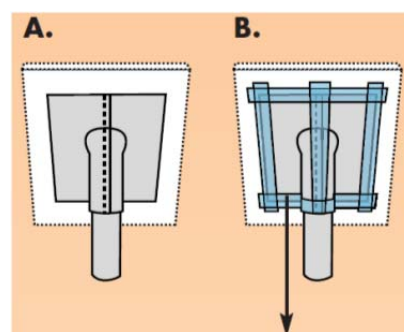


Figure 15 : Traitement des canalisations

5.5 Conduits de fumées

L'étanchéité à l'air entre l'isolant RT Plus et la charpente du toit doit être effectuée sur le bois du chevêtre avec du mastic RT Plus.

L'espace entre le chevêtre et le conduit de fumée maçonné doit être rempli avec du mortier incombustible selon les recommandations du NF DTU 24.1 P1 en respectant la distance de sécurité relative aux dispositions particulières à chaque type de conduits de fumée.

En l'absence de dispositions particulières, l'étanchéité à l'air autour du conduit sera réalisée à l'aide d'un coffrage maçonné constitué d'un matériau bénéficiant d'un classement de réaction au feu au moins A2-S2, d0 (plâtre, mortier, etc.) en respectant la distance de sécurité conformément au NF DTU 24.1.

L'ouvrage de fumisterie doit être conforme au chapitre 7 « Dispositions complémentaires concernant les conduits de fumée en situation

intérieure », au chapitre 8 « Conduits de fumée en terre cuite et briques » ainsi qu'au chapitre 9 « Conduits de fumée en béton ».

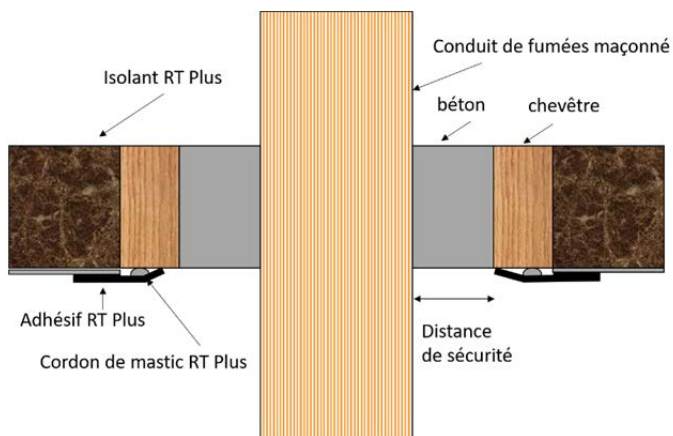


Figure 16 : Traitement des conduits de fumées

5.6 Raccord aux pannes intermédiaires apparentes

Dans le cas où les pannes intermédiaires doivent rester apparentes, le raccord du pare vapeur intégré de l'isolant RT Plus aux pannes intermédiaires se fait selon le paragraphe 4.6.

6. Mise en œuvre en climat de montagne

Dans le cas d'un climat de montagne, la mise en œuvre du Système RT Plus est identique à celle décrite dans les paragraphes précédents.

En effectuant deux couches d'isolant (entre et sous chevrons) une règle essentielle à respecter dans ce domaine concerne l'exigence d'aménager un espace de ventilation d'épaisseur minimale 6 cm entre la surface de l'isolant et la sous-face de l'écran de sous toiture.

7. Maintenance et entretien et réparation

7.1 Maintenance et entretien

Après réception de l'ouvrage, toute intervention ultérieure entraînant une dégradation du système d'étanchéité à l'air devra être suivie d'une remise en état de l'élément endommagé afin de le rendre à nouveau étanche.

L'entreprise intervenant devra prendre connaissance au préalable de la constitution de l'ouvrage et s'informer des modalités de réparation du Système RT Plus.

Les occupants devront être également informés du risque de dégradation des performances d'étanchéité à l'air en cas de percement de la membrane ou éventuels travaux d'aménagement ultérieur invasifs.

7.2 Réparation du pare vapeur intégré de l'isolant RT Plus

Dans le cas où le pare vapeur intégré de l'isolant RT Plus est entaillé ou déchiré, il faut reconstituer le pare vapeur intégré avec de l'Adhésif RT Plus ou RT Plus XL.

8. Assistance technique

La société Knauf Insulation Sprl assure une assistance technique aux installateurs du Système RT Plus tant en ce qui concerne la conception que la réalisation du procédé sur le chantier.

9. Sécurité des travailleurs

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.

B. Résultats expérimentaux

Rapports d'essais du laboratoire APPLUS :

- N° 16-12584-1371 du 30 novembre 2016 - Essais de caractérisation selon le Cahier du CSTB 3710_V2 de novembre 2015 : Caractérisation des performances intrinsèques des éléments du procédé Système RT Plus, compatibilité des éléments du procédé (transmission de la vapeur d'eau, résistance à la traction, allongement à la rupture en traction, résistance à la déchirure au clou, résistance au pelage des jonctions, résistance au cisaillement des jonctions, caractéristiques aérodynamiques).

Rapports d'essais du CSTB :

- N° DEIS/HTO – 2016-166 du 29 septembre 2016 - Calculs des coefficients de transmission thermique du système RT Plus ;
- N° DEIS/HO 17 E17-083 du 22 novembre 2017 – Stabilité dimensionnelle : humidité et température spécifiques ;
- N° EMI 16-26064364 du 26 juillet 2016 - Détermination de la perméabilité à l'air d'une paroi à ossature bois ;
- N° ES541160255 - Classement de réaction feu F sur isolants RT Plus 032 et 035 ;
- N° EFR 17-J-000896 A et B + extension 17/1 - Essais de résistance au feu du plafond avec le procédé Système RT Plus ;
- N° MRF 15 26050805 - Essais de tenue des suspentes/fourrures F45 de SPP et F47 de KNAUF ;
- N° MRF 16 26063640 - Essais de chargement réparti sur plafond (fourrures F45 de SPP entraxe 600mm, fourrures F47 de KNAUF entraxe 500mm).

C. Références

C1. Données Environnementales ¹

Les composants du Système RT Plus ne font pas l'objet d'une Déclaration Environnementale (DE). Le procédé ne peut donc revendiquer aucune performance environnementale particulière.

Les données issues des DE ont notamment pour objet de servir au calcul des impacts environnementaux des ouvrages dans lesquels les produits (ou procédés) visés sont susceptibles d'être intégrés.

C2. Références de chantiers

Plus de 50 000 m² ont été posés depuis janvier 2016.

¹ Non examiné par le Groupe Spécialisé dans le cadre de cet Avis.

Tableaux du Dossier Technique

Tableau 5 – Caractéristiques du pare vapeur intégré des isolants RT Plus

Caractéristiques	Spécifications	Unité	Normes de référence ou observations
Masse surfacique	50 ± 2	g/m ²	NF EN 1849-2
Épaisseur	0,05 ± 2%	mm	NF EN 1849-2
Rectitude	conforme	/	NF EN 1848-2
Résistance à la traction			
• État initial			
- sens longitudinal (L)	(L) > 100	N / 50 mm	NF EN 12311-2
- sens transversal (T)	(T) > 100	N / 50 mm	NF EN 12311-2
Allongement à la rupture en traction			
• État initial			
- sens longitudinal (L)	(L) > 4	%	NF EN 12311-2
- sens transversal (T)	(T) > 4	%	NF EN 12311-2
Transmission à la vapeur d'eau (Sd)			
• État initial	≥ 90	m	NF EN 1931
Réaction au feu	F (1)	Euroclasse	EN 13 501-1
(1) Rapport d'essais du CSTB N°ES541160255 (cf. § B du Dossier Technique).			

Tableau 6 – Caractéristiques de la jonction entre les d'isolants RT Plus avec l'Adhésif RT Plus / RT Plus XL

Caractéristiques	Spécifications	Unité	Normes de référence ou observations
Résistance au cisaillement			
• État initial - sens longitudinal (L)	F _{max} > 40	N/50mm	NF EN 12317-2
• État après vieillissement - sens longitudinal (L)	F _{max} > 40	N/50mm	NF EN 12317-2
Résistance au pelage			
• - État initial - sens longitudinal (L)	F _{max} > 25	N/50mm	NF EN 12316-2
Transmission à la vapeur d'eau (Sd)			
• État initial	88	m	NF EN 1931
• État après vieillissement	68	m	NF EN 1931
Conditionnement du test de durabilité - 50 °C, 70 % HR, pendant 168 heures.			

Tableau 7 – Caractéristiques de la jonction entre les supports – Mastic RT Plus avec Adhésif RT Plus / RT Plus XL

Caractéristiques	Spécifications	Unité	Normes de référence ou observations
Résistance au pelage à 90°			
Support bois			
• État initial	> 40	N/50mm	NF EN 12316-2
• État après vieillissement	> 40	N/50mm	NF EN 12316-2
Support brique			
• État initial	> 40	N/50mm	NF EN 12316-2
• État après vieillissement	> 40	N/50mm	NF EN 12316-2
Support béton			
• État initial	> 40	N/50mm	NF EN 12316-2
• État après vieillissement	> 40	N/50mm	NF EN 12316-2
Conditionnement du test de durabilité - 50 °C, 70 % HR, pendant 168 heures.			

Annexe 1 : Exemple de mise en œuvre du Système RT Plus

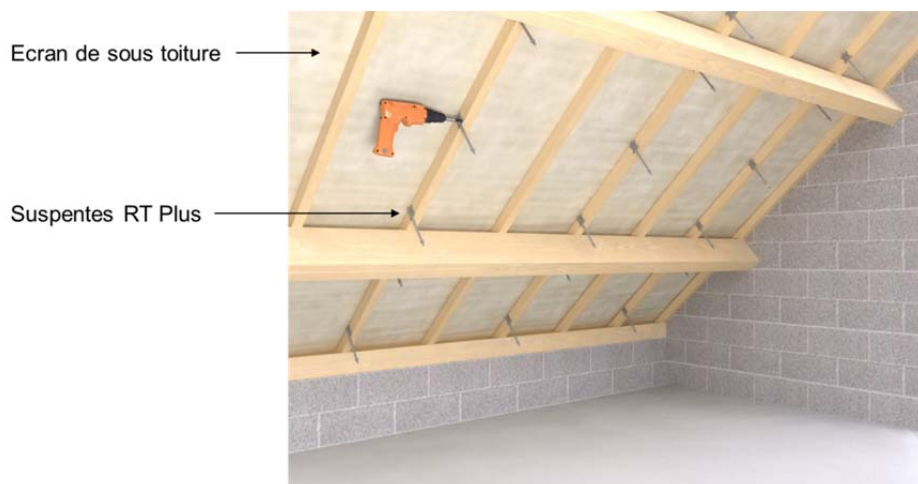


Schéma 1 : Pose des Suspentes RT Plus

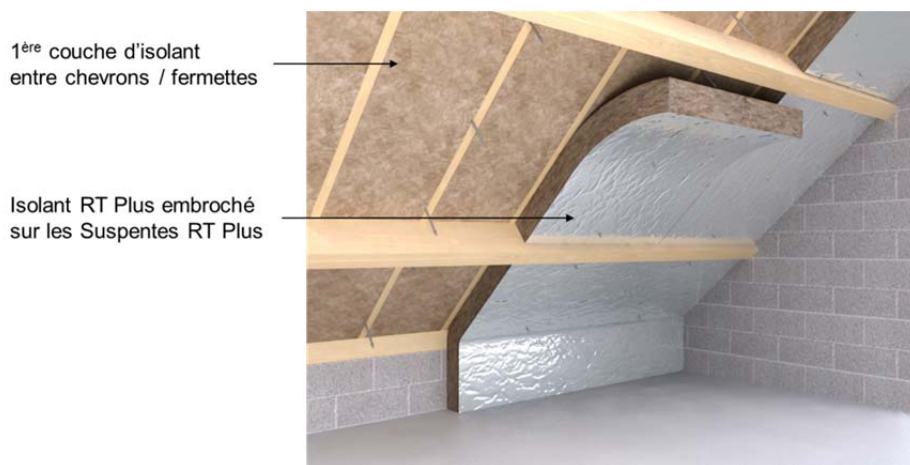


Schéma 2 : Pose de l'isolant

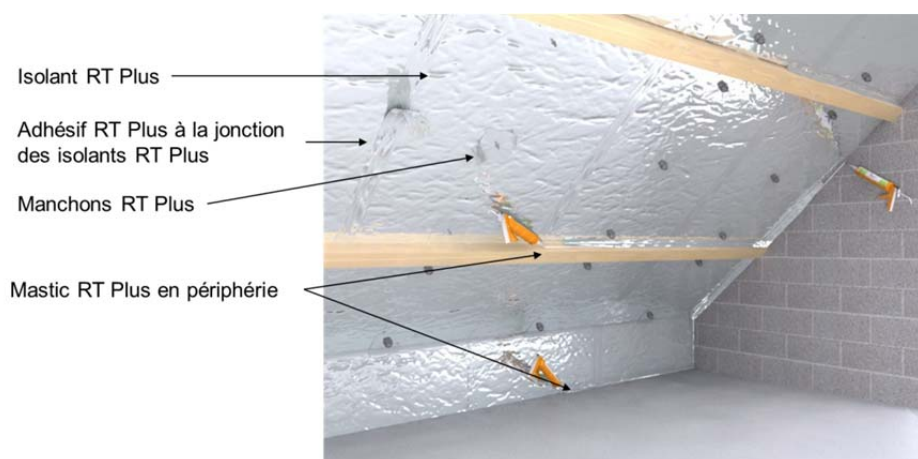


Schéma 3 : Mise en œuvre des Manchons RT Plus, de l'adhésif RT Plus et traitement des jonctions périphériques avec le Mastic RT Plus



Schéma 4 : Mise en œuvre de l'ossature métallique et du parement de finition



Pose de la membrane

Passez la membrane pare vapeur compatible avec le Système RT Plus et les isolants RT Plus et bénéficiant d'un Avis Technique ou Document Technique d'Application devant la fenêtre de toit et la raccorder à l'isolant RT Plus avec l'adhésif RT Plus.

Fendre la membrane en son milieu sur toute la hauteur de l'ouverture en forme de I.

Raccord avec fenêtre de toit

La membrane est rabattue sur joues verticales de l'ouverture puis collée au mastic en épousant le pourtour de la menuiserie.

Raccord à la partie courante

Deux bandes de membrane d'étanchéité à l'air sont découpées puis collées à l'aide de l'adhésif RT Plus de manière à assurer la continuité de l'étanchéité à l'air de la partie courante.

Schéma 5 : Exemple de jonction fenêtre de toit réalisée avec membranes pare vapeur (cf. § 2.45 du Dossier Technique)

Annexe 2 : Etudes thermiques calcul des coefficients Up intégrant les ponts thermiques intégrés du système

Coefficients ψ , χ , U_c et U_p

Les coefficients ψ , χ , U_c et U_p ont été calculés pour les configurations détaillées ci-après et représentatives des cas de figures présentés dans le dossier technique.

Caractéristiques communes pour ces configurations :

- Conductivité thermique considérée pour le bois (chevrons, pannes, fermettes) : $\lambda = 0,13\text{W}/(\text{m.K})$ valable pour du bois feuilli de masse volumique normale telle que $230 < \rho_n \leq 500\text{kg}/\text{m}^3$ ou du résineux tel que $\rho_n \leq 500\text{kg}/\text{m}^3$.
- Répartition des Suspentes RT Plus : entraxe 0,60m x 1,20m conformément à la norme NF DTU 25.41, soit une densité de 1,39 suspentes par m^2 .
- Une lame d'air non ventilée de 45mm a été considérée entre l'isolant RT Plus et la plaque de plâtre, ce qui correspond à une résistance thermique équivalente de $0,16\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$.

Configuration 1 :

Charpente industrielle - isolation entre et sous fermettes

Hypothèses :

- Fermettes : 36 x 200 mm, entraxe de 600mm,
- Fourrures de dimension standard,
- L'épaisseur de l'isolant entre fermettes est de 200mm. Il est en contact avec l'écran de sous toiture HPV et est sans surfaçage,
- La lame d'air entre l'isolant RT Plus et la plaque de plâtre est considérée comme non ventilée.
- Isolant entre fermettes : **KI Fit 035** en 200mm d'épaisseur

Section de fermettes [mm^2]	36 x 200							
Type de suspente	Suspentes RT Plus							
Isolant entre fermettes	KI Fit 035 ($\lambda 0,035 \text{ W}/(\text{m.K})$)							
Epaisseur entre fermettes [mm]	200							
Résistance thermique R1 [$\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$]	5,70							
Isolant sous fermettes	RT Plus 035 $\lambda 0,035 \text{ W}/(\text{m.K})$			RT Plus 032 $\lambda 0,032 \text{ W}/(\text{m.K})$				
Epaisseur sous fermettes [mm]	200	220	240	60	120	140	160	200
Résistance thermique R2 [$\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$]	5,70	6,25	6,85	1,85	3,75	4,40	5,00	6,30
Résistance thermique RT [$\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$]	11,40	11,95	12,55	7,55	9,45	10,10	10,70	12,00
U_c [$\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$]	0,084	0,081	0,077	0,125	0,101	0,095	0,090	0,081
X suspente [W/K]	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002
Y fermettes [$\text{W}/(\text{m.K})$]	0,003	0,003	0,003	0,007	0,005	0,004	0,004	0,003
U_p [$\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$]	0,09	0,09	0,08	0,14	0,11	0,10	0,10	0,09

Hypothèses :

- Fermettes : 36 x 200 mm, entraxe de 600mm,
- Fourrures de dimension standard,
- L'épaisseur de l'isolant entre fermettes est de 200mm. Il est en contact avec l'écran de sous toiture HPV et est sans surfaçage,
- La lame d'air entre l'isolant RT Plus et la plaque de plâtre est considérée comme non ventilée.
- Isolant entre fermettes : **KI Fit 032** en 200mm d'épaisseur

Section de fermettes [mm ²]	36 x 200							
Type de suspente	Suspentes RT Plus							
Isolant entre fermettes	KI Fit 032 (λ 0,032 W/(m.K))							
Epaisseur entre fermettes [mm]	200							
Résistance thermique R1 [m ² .K/W]	6,30							
Isolant sous fermettes	RT Plus 035 λ 0,035 W/(m.K))			RT Plus 032 λ 0,032 W/(m.K))				
Epaisseur sous fermettes [mm]	200	220	240	60	120	140	160	200
Résistance thermique R2 [m ² .K/W]	5,70	6,25	6,85	1,85	3,75	4,40	5,00	6,30
Résistance thermique RT [m².K/W]	12,00	12,55	13,15	8,15	10,05	10,70	11,30	12,60
Uc [W/(m ² .K)]	0,081	0,077	0,074	0,117	0,096	0,091	0,086	0,077
X suspente [W/K]	0,002	0,002	0,002	0,002	0,002	0,001	0,002	0,002
Y fermettes [W/(m.K)]	0,003	0,003	0,003	0,008	0,005	0,004	0,004	0,003
Up [W/(m².K)]	0,09	0,08	0,08	0,13	0,11	0,10	0,10	0,08

Configuration 2 :
Charpente traditionnelle - isolation entre et sous chevrons

Hypothèses :

- Chevrons : 60 x 80 mm, entraxe de 600mm
- Pannes : 75 x 200 mm, entraxe de 1,5m
- Fourrures de dimension standard,
- L'épaisseur de l'isolant entre chevrons est de 80mm. Il est en contact avec l'écran de sous toiture HPV et est sans surfacage,
- La lame d'air entre l'isolant RT Plus et la plaque de plâtre est considérée comme non ventilée,
- Isolant entre fermettes : **KI Fit 035** en 80mm d'épaisseur

Section de chevrons [mm ²]	60 x 80				
Section des pannes [mm ²]	75 x 200				
Type de suspente	Suspentes RT Plus				
Isolant entre chevrons	KI Fit 035 (λ 0,035 W/(m.K))				
Epaisseur entre chevrons [mm]	80				
Résistance thermique R1 [m ² .K/W]	2,25				
Isolant sous chevrons	RT Plus 035 λ 0,035 W/(m.K))	RT Plus 032 λ 0,032 W/(m.K))			
Epaisseur sous chevrons [mm]	200	120	140	160	200
Résistance thermique R2 [m ² .K/W]	5,70	3,75	4,40	5,00	6,30
Résistance thermique RT [m².K/W]	7,95	9,45	10,10	10,70	12,00
Uc [W/(m ² .K)]	0,084	0,101	0,095	0,090	0,081
X suspente [W/K]	0,004	0,004	0,003	0,004	0,004
Y chevrons [W/(m.K)]	0,003	0,005	0,004	0,004	0,003
Y panne [W/(m.K)]	0,012	0,012	0,012	0,012	0,013
X panne / chevron [W/K]	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Up [W/(m².K)]	0,10	0,12	0,11	0,11	0,10

Hypothèses :

- Chevrons : 60 x 80 mm, entraxe de 600mm,
- Pannes : 75 x 200 mm, entraxe de 1,5m,
- Fourrures de dimension standard,
- L'épaisseur de l'isolant entre chevrons est de 80mm. Il est en contact avec l'écran de sous toiture HPV et est sans surfaçage,
- La lame d'air entre l'isolant RT Plus et la plaque de plâtre est considérée comme non ventilée,
- Isolant entre fermettes : **KI Fit 032** en 80mm d'épaisseur.

Section de chevrons [mm ²]	60 x 80				
Section des pannes [mm ²]	75 x 200				
Type de suspente	Suspendes RT Plus				
Isolant entre chevrons	KI Fit 032 (λ 0,032 W/(m.K))				
Epaisseur entre chevrons [mm]	80				
Résistance thermique R1 [m ² .K/W]	2,50				
Isolant sous chevrons	RT Plus 035 λ 0,035 W/(m.K))	RT Plus 032 λ 0,032 W/(m.K))			
Epaisseur sous chevrons [mm]	200	120	140	160	200
Résistance thermique R2 [m ² .K/W]	5,70	3,75	4,40	5,00	6,30
Résistance thermique RT [m ² .K/W]	7,95	10,05	10,70	11,30	12,60
Uc [W/(m ² /K)]	0,081	0,096	0,091	0,086	0,077
X suspente [W/K]	0,004	0,004	0,003	0,004	0,004
Y chevrons [W/(m.K)]	0,003	0,006	0,005	0,004	0,003
Y panne [W/(m.K)]	0,011	0,011	0,011	0,012	0,012
X panne / chevron [W/K]	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Up [W/(m².K)]	0,10	0,12	0,11	0,11	0,10

Configuration 2 bis:
Charpente traditionnelle - isolation entre et sous chevrons

Hypothèses :

- Chevrons : 60 x 80 mm, entraxe de 600mm
- Pannes : 120 x 240 mm, entraxe de 1,5m
- Fourrures de dimension standard,
- L'épaisseur de l'isolant entre chevrons est de 80mm. Il est en contact avec l'écran de sous toiture HPV et est sans surfaçage,
- La lame d'air entre l'isolant RT Plus et la plaque de plâtre est considérée comme non ventilée,
- Isolant entre fermettes : **KI Fit 035** en 80mm d'épaisseur.

Section de chevrons [mm ²]	60 x 80						
Section des pannes [mm ²]	120 x 240						
Type de suspente	Suspentes RT Plus						
Isolant entre chevrons	KI Fit 035 (λ 0,035 W/(m.K))						
Epaisseur entre chevrons [mm]	80						
Résistance thermique R1 [m ² .K/W]	2,25						
Isolant sous chevrons	RT Plus 035 λ 0,035 W/(m.K)			RT Plus 032 λ 0,032 W/(m.K)			
Epaisseur sous chevrons [mm]	200	220	240	120	140	160	200
Résistance thermique R2 [m ² .K/W]	5,70	6,25	6,85	3,75	4,40	5,00	6,30
Résistance thermique RT [m².K/W]	11,40	11,95	12,55	9,45	10,70	10,70	12,00
Uc [W/(m ² .K)]	0,084	0,081	0,077	0,101	0,095	0,090	0,081
X suspente [W/K]	0,004	0,003	0,003	0,004	0,003	0,004	0,004
Y chevrons [W/(m.K)]	0,003	0,003	0,002	0,005	0,004	0,004	0,003
Y panne [W/(m.K)]	0,017	0,017	0,018	0,016	0,017	0,017	0,018
X panne / chevron [W/K]	0,001	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,001
Up [W/(m².K)]	0,11	0,10	0,10	0,13	0,12	0,12	0,10

Hypothèses :

- Chevrons : 60 x 80 mm, entraxe de 600mm
- Pannes : 120 x 240 mm, entraxe de 1,5m
- Fourrures de dimension standard,
- L'épaisseur de l'isolant entre chevrons est de 80mm. Il est en contact avec l'écran de sous toiture HPV et est sans surfaçage,
- La lame d'air entre l'isolant RT Plus et la plaque de plâtre est considérée comme non ventilée,
- Isolant entre fermettes : **KI Fit 032** en 80mm d'épaisseur.

Section de chevrons [mm ²]	60 x 80						
Section des pannes [mm ²]	120 x 240						
Type de suspente	Suspentes RT Plus						
Isolant entre chevrons	KI Fit 032 (λ 0,032 W/(m.K))						
Epaisseur entre chevrons [mm]	80						
Résistance thermique R1 [m ² .K/W]	2,25						
Isolant sous chevrons	RT Plus 035 λ 0,035 W/(m.K)			RT Plus 032 λ 0,032 W/(m.K)			
Epaisseur sous chevrons [mm]	200	220	240	120	140	160	200
Résistance thermique R2 [m ² .K/W]	5,70	6,25	6,85	3,75	4,40	5,00	6,30
Résistance thermique RT [m ² .K/W]	11,40	11,95	12,55	9,45	10,70	10,70	12,00
Uc [W/(m ² .K)]	0,081	0,077	0,074	0,096	0,091	0,086	0,077
X suspente [W/K]	0,004	0,003	0,003	0,004	0,003	0,004	0,004
Y chevrons [W/(m.K)]	0,003	0,003	0,003	0,006	0,005	0,004	0,003
Y panne [W/(m.K)]	0,016	0,016	0,017	0,015	0,016	0,016	0,017
X panne / chevron [W/K]	0,002	0,001	0,001	0,002	0,001	0,002	0,002
Up [W/(m ² .K)]	0,10	0,10	0,10	0,12	0,12	0,11	0,10

Configuration 3 :
Charpente traditionnelle - isolation sous chevrons

Hypothèses :

- Chevrons : 60 x 80 mm, entraxe de 600mm
- Pannes : 75 x 200 mm, entraxe de 1,5m
- Fournitures de dimension standard,
- La lame d'air entre l'isolant RT Plus et la plaque de plâtre est considérée comme non ventilée.

Section de chevrons [mm ²]	60 x 80				
Section des pannes [mm ²]	75 x 200				
Type de suspente	Suspentes RT Plus				
Isolant sous chevrons	RT Plus 035 λ 0,035 W/(m.K)	RT Plus 032 λ 0,032 W/(m.K)			
Epaisseur sous chevrons [mm]	200	120	140	160	200
Résistance thermique R2 [m ² .K/W]	5,70	3,75	4,40	5,00	6,30
Résistance thermique RT [m².K/W]	5,70	3,75	4,40	5,00	6,30
Uc [W/(m ² .K)]	0,163	0,240	0,209	0,185	0,150
X suspente [W/K]	0,006	0,007	0,006	0,006	0,005
Y panne [W/(m.K)]	0,028	0,038	0,035	0,036	0,029
Up [W/(m².K)]	0,19	0,28	0,24	0,22	0,18

Configuration 3 bis:
Charpente traditionnelle - isolation entre et sous chevrons

Hypothèses :

- Chevrons : 60 x 80 mm, entraxe de 600mm
- Pannes : 120 x 240 mm, entraxe de 1,5m
- Fournitures de dimension standard,
- La lame d'air entre l'isolant RT Plus et la plaque de plâtre est considérée comme non ventilée.

Section de chevrons [mm ²]	60 x 80						
Section des pannes [mm ²]	120 x 240						
Type de suspente	Suspentes RT Plus						
Isolant sous chevrons	RT Plus 035 λ 0,035 W/(m.K)			RT Plus 032 λ 0,032 W/(m.K)			
Épaisseur sous chevrons [mm]	200	220	240	120	140	160	200
Résistance thermique R2 [m ² .K/W]	5,70	6,25	6,85	3,75	4,40	5,00	6,30
Résistance thermique RT [m².K/W]	5,70	6,25	6,85	3,75	4,40	5,00	6,30
Uc [W/(m ² .K)]	0,163	0,149	0,138	0,240	0,209	0,185	0,150
X suspente [W/K]	0,006	0,005	0,005	0,007	0,006	0,006	0,005
Y panne [W/(m.K)]	0,041	0,040	0,038	0,055	0,051	0,048	0,043
Up [W/(m².K)]	0,20	0,18	0,17	0,29	0,25	0,23	0,19