

Sur le procédé

KNAUF THERM TTI fixé mécaniquement

Famille de produit/Procédé : Panneau en polystyrène expansé (EPS) non porteur support d'étanchéité

Titulaire(s) : **Société KNAUF SAS**

AVANT-PROPOS

Les avis techniques et les documents techniques d'application, désignés ci-après indifféremment par Avis Techniques, sont destinés à mettre à disposition des acteurs de la construction **des éléments d'appréciation sur l'aptitude à l'emploi des produits ou procédés** dont la constitution ou l'emploi ne relève pas des savoir-faire et pratiques traditionnels.

Le présent document qui en résulte doit être pris comme tel et n'est donc **pas un document de conformité ou à la réglementation ou à un référentiel d'une « marque de qualité »**. Sa validité est décidée indépendamment de celle des pièces justificatives du dossier technique (en particulier les éventuelles attestations réglementaires).

L'Avis Technique est une démarche volontaire du demandeur, qui ne change en rien la répartition des responsabilités des acteurs de la construction. Indépendamment de l'existence ou non de cet Avis Technique, pour chaque ouvrage, les acteurs doivent fournir ou demander, en fonction de leurs rôles, les justificatifs requis.

L'Avis Technique s'adressant à des acteurs réputés connaître les règles de l'art, il n'a pas vocation à contenir d'autres informations que celles relevant du caractère non traditionnel de la technique. Ainsi, pour les aspects du procédé conformes à des règles de l'art reconnues de mise en œuvre ou de dimensionnement, un renvoi à ces règles suffit.

Groupe Spécialisé n° 5.2 - Produits et procédés d'étanchéité de toitures-terrasses, de parois enterrées et cuvelage

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
V4	<p>Cette version annule et remplace le DTA n°5.2/18-2607_V3. Elle intègre les modifications suivantes :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Changement du nom du procédé. 2. Suppression du panneau KNAUF Therm TTI Se AA. 3. Ajout des toitures-terrasses inaccessibles avec étanchéité avec modules souples photovoltaïques bénéficiant d'un Document Technique d'Application du Groupe Spécialisé 21. 4. Ajout d'une couche d'indépendance facultative en voile de verre VV100, dans le cas de pose sous revêtements d'étanchéité bitumineux fixés mécaniquement. 5. Limitation de la production au site de Courmon. 	MINON Anouk	DRIAT Philippe
V3	Prorogation	MINON Anouk	DRIAT Philippe

Descripteur :

Le procédé « KNAUF Therm TTI fixé mécaniquement » est constitué des panneaux isolants thermiques non porteurs, fixés mécaniquement en un lit ou posés libres en lit inférieur ou intermédiaire de polystyrène expansé :

- Panneaux Knauf Therm TTI Se
 - de dimensions longueur × largeur 1 200 × 1 000 mm, ou 1 770 × 1 200 mm lorsqu'il est associé aux procédés Parasteel 42 et Parasteel 42 TFH,
 - en un ou deux lits d'épaisseur totale maximum de 400 mm,
 - comme couche inférieure en 1 ou 2 lits d'une isolation composée avec panneau supérieur de perlite expansée (fibrée) ou de laine de roche d'épaisseur maximale 50 mm et pour une épaisseur totale maximale de 450 mm.

L'étanchéité est mise en œuvre en autoadhésivité ou fixée mécaniquement et toujours en apparent.

Le domaine d'emploi revendiqué par le procédé est indiqué au paragraphe 1.1.

Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé.....	5
1.1.	Domaine d'emploi accepté	5
1.1.1.	Zone géographique	5
1.1.2.	Ouvrages visés.....	5
1.2.	Appréciation.....	6
1.2.1.	Aptitude à l'emploi du procédé	6
1.2.2.	Durabilité	7
1.2.3.	Impacts environnementaux	7
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé	7
2.	Dossier Technique.....	8
2.1.	Mode de commercialisation	8
2.1.1.	Coordonnées.....	8
2.1.2.	Mise sur le marché.....	8
2.1.3.	Identification.....	8
2.1.4.	Conditionnement	8
2.1.5.	Stockage.....	8
2.2.	Description.....	9
2.2.1.	Principe.....	9
2.2.2.	Caractéristiques des composants.....	9
2.2.3.	Couche de séparation	10
2.3.	Dispositions de conception	10
2.3.1.	Supports en bois massif ou en panneaux à base de bois	10
2.3.2.	Attelages de fixations mécaniques des panneaux isolants et/ou du revêtement.....	10
2.3.3.	Limitations d'emploi pour la mise en œuvre.....	10
2.3.4.	Cas de la réfection	10
2.3.5.	Détermination de la résistance thermique de la toiture étanchée.....	11
2.4.	Dispositions de mise en œuvre	11
2.4.1.	Généralités.....	11
2.4.2.	Mise en œuvre du pare-vapeur.....	11
2.4.3.	Mise en œuvre des panneaux isolants.....	12
2.4.4.	Protection des tranches des panneaux au droit des relevés et émergences.....	13
2.4.5.	Mise en œuvre de l'écran thermique de la couche de séparation chimique et/ou de la couche de séparation sous le revêtement	13
2.4.6.	Cas d'un lit supérieur en panneau de perlite expansée (fibrée) ou de laine de roche	13
2.4.7.	Mise en œuvre des panneaux isolants en climat de montagne.....	13
2.4.8.	Mise en œuvre des panneaux isolants sur acrotère en béton.....	13
2.4.9.	TAN de grande portée.....	13
2.5.	Entretien	13
2.6.	Assistance technique.....	13
2.7.	Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication.....	13
2.7.1.	Centre de fabrication.....	13
2.7.2.	Principe de fabrication	14
2.7.3.	Contrôles réalisés dans toutes les usines.....	14
2.7.4.	Contrôles complémentaires.....	14
2.8.	Mention des justificatifs.....	14
2.8.1.	Résultats expérimentaux.....	14
2.8.2.	Références chantiers	15
2.9.	Tableaux du Dossier Technique.....	16

2.10. Figures du Dossier Technique 21

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le procédé décrit au chapitre 2 « Dossier Technique » ci-après a été examiné, le 17 mars 2025, par le Groupe Spécialisé qui a conclu favorablement à son aptitude à l'emploi dans les conditions définies ci-après :

1.1. Domaine d'emploi accepté

1.1.1. Zone géographique

Le procédé KNAUF Therm TTI fixé mécaniquement est employé en France métropolitaine en climat de plaine ou de montagne.

1.1.2. Ouvrages visés

Le procédé KNAUF Therm TTI fixé mécaniquement s'emploie en travaux neufs ou de réfection comme support de revêtements d'étanchéité apparents (cf. *tableau 5*) posés en semi-indépendance par autoadhésivité ou par fixations mécaniques, ou en adhérence sur un lit supérieur de panneaux en perlite expansée (fibrée) ou de laine de roche surfacés bitume, des toitures inaccessibles ;

Sur les éléments porteurs suivants :

- Maçonnerie conforme aux normes NF DTU 20.12 et NF DTU 43.1 :
 - terrasses et toitures inaccessibles, y-compris les chemins de circulation (hors zone technique) ;
- toitures-terrasses inaccessibles avec étanchéité avec modules souples photovoltaïques bénéficiant d'un Document Technique d'Application du Groupe Spécialisé 21 visant favorablement ce procédé ;
 - sur locaux à faible, moyenne ou forte hygrométrie ;
- Dalles de béton cellulaire autoclavé armé (uniquement en réfection) :
 - terrasses et toitures inaccessibles, y-compris les chemins de circulation ;
 - sur locaux à faible ou moyenne hygrométrie ;
- Tôles d'acier nervurées :
 - conforme au NF DTU 43.3 P1 ;
- permettant de dissimuler les fixations mécaniques en sous-face, conforme à un Document Technique d'Application (Parasteel 42 et Parasteel 42-TFH) ;
- ou dont l'ouverture haute de nervure (Ohn) est supérieure à 70 mm (et ≤ 200 mm), conforme au CPT commun « Panneaux isolants non porteurs supports d'étanchéité mis en œuvre sur éléments porteurs en tôles d'acier nervurées dont l'ouverture haute de nervure est supérieure à 70 mm, dans les départements européens » (*e-Cahier du CSTB 3537_V2* de janvier 2009) pour les toitures avec des versants plans (*l'épaisseur minimum du panneau Knauf Therm TTI Se est indiquée au tableau 4*) uniquement avec revêtement fixé mécaniquement,
- terrasses et toitures inaccessibles, y-compris les chemins de circulation ;
- toitures-terrasses inaccessibles avec étanchéité avec modules souples photovoltaïques bénéficiant d'un Document Technique d'Application du Groupe Spécialisé 21 ;
 - sur locaux à faible, moyenne ou forte hygrométrie ;
- sur locaux à très forte hygrométrie, dans le cas de tôles d'acier nervurées sous Avis Technique visant favorablement cette destination d'emploi et dans le cadre du procédé Parasteel 42 et Parasteel 42-TFH de la société BMI Groupe France.
- Bois et panneaux à base de bois conformes à la norme NF DTU 43.4 ou en éléments porteurs non traditionnels bénéficiant d'un Document Technique d'Application justifiant leur utilisation en tant que support d'isolation et d'étanchéité :
 - terrasses et toitures inaccessibles, y-compris les chemins de circulation ;
- toitures-terrasses inaccessibles avec étanchéité avec modules souples photovoltaïques bénéficiant d'un Document Technique d'Application du Groupe Spécialisé 21 ;
 - sur locaux à faible ou moyenne hygrométrie ;

L'emploi des panneaux isolants sous un revêtement fixé mécaniquement ou autoadhésif est admis en tous sites et zones de vent selon le Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité.

L'emploi des panneaux isolants sous un revêtement apparent adhérent est limité aux zones de pression de vent, aux épaisseurs maximales totales admissibles et aux pentes maximales définies dans le Document Technique d'Application du lit supérieur en panneaux de perlite expansée (fibrée) ou de laine de roche.

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

Sécurité en cas d'incendie

Dans les lois et règlements en vigueur, les dispositions à considérer pour les toitures proposées ont trait à la tenue au feu venant de l'extérieur et de l'intérieur.

Vis-à-vis du feu venant de l'extérieur

Le classement de tenue au feu des revêtements apparents est indiqué dans les Documents Techniques d'Application particuliers des revêtements et au *paragraphe 2.8.1.* du Dossier Technique.

Vis-à-vis du feu intérieur

Les dispositions réglementaires à considérer sont fonction de la destination des locaux, de la nature et du classement de réaction au feu de l'isolant et de son support.

Toitures avec élément porteur TAN :

Le procédé tel que décrit ne permet pas de répondre à la réglementation incendie dans le cas de bâtiment autre que relevant du Code du travail dont le plancher le plus haut ne dépasse pas 8m.

Dans d'autres cas, des dispositions particulières devront être mises en œuvre pour satisfaire la réglementation.

La Commission Chargée de formuler les Avis Techniques (CCFAT) a demandé, lors de sa 66ème réunion du 28 novembre 2001, que soit indiqué pour information « le comportement au feu relevant de la caractérisation de la toxicité et de l'opacité des fumées » selon des « méthodes définies par un groupe d'experts ». Le document du CSTB n° TRT-02-034 du 16 janvier 2002 donne la liste des méthodes normalisées pour mesurer l'opacité des fumées et pour analyser les gaz.

Le tableau 12 donne des valeurs moyennes d'opacité de fumée mesurées par le LNE (cf. § 2.9.1. du Dossier Technique).

Le tableau 11 donne une analyse des gaz émis en cas de dégradation thermique du matériau. Ces quantités moyennes de gaz ont été déterminées à partir des valeurs mesurées par le LNE (cf. § 2.9.1. du Dossier Technique).

Prévention des accidents lors de la mise en œuvre ou de l'entretien

Le procédé dispose d'une Fiche de Données de Sécurité (FDS). L'objet de la FDS est d'informer l'utilisateur de ce procédé sur les dangers liés à son utilisation et sur les mesures préventives à adopter pour les éviter, notamment par le port d'Equipements de Protection Individuelle (EPI) ou les formations appropriées pour l'utilisation des produits. La FDS est disponible auprès de la Société Knauf SAS.

Pose en zone sismique

Selon la réglementation sismique définie par :

- le décret n° 2010-1254 relatif à la prévention du risque sismique,
- le décret n° 2010-1255 portant sur la délimitation des zones de sismicité du territoire français,
- 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 »,

le procédé peut être mis en œuvre, en respectant les prescriptions du Dossier Technique sur des bâtiments de catégorie d'importance I, II, III et IV, situés en zone de sismicité 1 (très faible), 2 (faible), 3 (modérée) et 4 (moyenne), sur des sols de classe A, B, C, D et E.

Isolation thermique

L'arrêté du 26 octobre 2010 (Réglementation Thermique 2012) ainsi que le décret n° 2021-1004 du 29 juillet 2021 et l'arrêté du 4 août 2021 (Réglementation Environnementale 2020) n'imposent pas d'exigences minimales sur la transmission thermique surfacique des parois mais imposent une performance énergétique globale du bâti. La vérification du respect de la réglementation thermique s'effectue au cas par cas en utilisant les règles de calculs réglementaires (Th-bât).

Le paragraphe 2.2.2.2.2. du Dossier Technique donne les résistances thermiques du panneau isolant certifiées par l'ACERMI pour l'année 2025. Il appartiendra cependant à l'utilisateur de vérifier que le certificat ACERMI est toujours valide ; faute de quoi, il y aurait lieu de se reporter aux Règles Th-Bât pour déterminer la résistance thermique utile de l'isolant.

De plus, sur élément porteur en tôles d'acier nervurées, l'influence des fixations mécaniques du panneau Knauf Therm TTI Se et/ou du revêtement d'étanchéité fixé mécaniquement est à prendre en compte conformément aux dispositions prévues dans les Règles Th-Bât (fascicule 4/5), avec le coefficient ponctuel du pont thermique intégré « χ_{fixation} » indiqué au Dossier Technique.

Les constructions existantes sont soumises aux dispositions de l'arrêté du 22 mars 2017, relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants, qui définit la résistance thermique totale minimum que la paroi doit respecter lorsqu'il est applicable.

Les panneaux de faibles épaisseurs ne peuvent être mis en œuvre que sur les ouvrages où la réglementation thermique n'est pas applicable.

Acoustique

Les performances acoustiques des systèmes constituent des données nécessaires à l'examen de la conformité d'un bâtiment vis-à-vis de la réglementation acoustique en vigueur :

- Arrêté du 30 juin 1999 relatif aux bâtiments d'habitation ;
- Arrêté du 25 avril 2003 relatif aux hôtels, établissements d'enseignement et de santé ;
- Arrêté du 13 avril 2017 relatif aux travaux de rénovation en zones exposées au bruit.

Les performances acoustiques n'ont pas été évaluées sur ce procédé.

Aspects sanitaires

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 produits pouvant contenir des 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.

Fabrication et contrôle

Cet Avis est formulé en prenant en compte les contrôles et modes de vérification de fabrication décrits dans ce DTA.

1.2.2. Durabilité

Dans le domaine d'emploi proposé, la durabilité du procédé isolant KNAUF Therm TTI fixé mécaniquement est satisfaisante.

Entretien

Cf. les normes NF DTU série 43.

1.2.3. Impacts environnementaux

Les panneaux Knauf Therm TTI Se font l'objet de Fiches de Déclaration Environnementale et Sanitaire (FDES). Ces FDES ont été établies en 2025 et font l'objet d'une vérification par une tierce partie indépendante selon l'arrêté du 31 août 2015 et sont déposées sur le site www.inies.fr.

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

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

2. Dossier Technique

Issu des éléments fournis par le titulaire et des prescriptions du Groupe Spécialisé acceptées par le titulaire

2.1. Mode de commercialisation

2.1.1. Coordonnées

Titulaire : Société Knauf SAS
Zone d'Activités
FR-68600 Wolfgantzen
Tél. : 0 809 404 068
E-mail : stk@knauf.com
Internet : www.knauf.com

Distributeurs : **Knauf Centre-Est**

Site Est
Ungersheim
Tél. : 03 89 26 69 00

Knauf Ile-de France-Ouest

Site Ouest
Cournon
Tél. 02 99 71 43 77

Site Ile-de France
Marolles-sur-Seine
Tél. : 01 64 70 52 00

Knauf Sud

Site Sud-Ouest
Colomiers
Tél. : 05 61 15 94 15

Site Sud-Est
Rousset
Tél. : 04 42 29 11 11

2.1.2. Mise sur le marché

Conformément au Règlement UE n° 305/2011 (RPC), les produits Knauf Therm TTI Se font l'objet d'une Déclaration des Performances (DdP) établie par le fabricant, la Société Knauf SAS, sur la base de la norme NF EN 13163.

Les produits conformes à cette DdP sont identifiés par le marquage CE.

2.1.3. Identification

Au moins un panneau par colis porte l'impression de son appellation commerciale. Chaque colis porte une étiquette précisant nom du produit, usine d'origine, dimensions, épaisseur, numéro de lot, date de découpe, résistance et conductivité thermique déclarées, numéro de certificat ACERMI, Euroclasse, marquage CE.

Les produits mis sur le marché portent le marquage CE accompagné des informations prévues par l'annexe Z de la norme NF EN 13163.

2.1.4. Conditionnement

Il se fait sous film polyéthylène en colis de 1,3 m³ environ. Les colis sont empilés sur cales.

2.1.5. Stockage

Les blocs et les panneaux en colis sont stabilisés en usine avant expédition de façon à respecter les spécifications de variation dimensionnelle du Tableau 1. La durée totale de stockage en usine des blocs et des panneaux est de 8 jours au moins.

Ces durées de stockage sont validées périodiquement par des mesures de variations dimensionnelles effectuées selon le §2.7.3. du Dossier Technique.

Un stockage sous emballage d'origine est demandé à tous les déposataires ainsi qu'aux entrepreneurs sur les chantiers.

2.2. Description

2.2.1. Principe

Le procédé KNAUF Therm TTI fixé mécaniquement est constitué des panneaux isolants thermiques non porteurs, fixés mécaniquement en un lit ou posés libres en lit inférieur ou intermédiaire, de polystyrène expansé Knauf Therm TTI Se :

- de dimensions longueur x largeur 1 200 x 1 000 mm, ou 1 770 x 1 200 mm lorsqu'il est associé aux procédés Parasteel 42 et Parasteel 42 TFH,
- en un ou deux lits d'épaisseur totale maximum de 400 mm,

ou

- comme couche inférieure en 1 ou 2 lits d'une isolation composée avec panneau supérieur de perlite expansée (fibrée) ou de laine de roche d'épaisseur maximale 50 mm et pour une épaisseur totale maximum de 450 mm.

2.2.2. Caractéristiques des composants

2.2.2.1. Définition des panneaux

Polystyrène expansé de couleur blanche obtenu en blocs par moulage selon le procédé dit voie humide discontinue.

2.2.2.2. Caractérisation du panneau

2.2.2.2.1. Spécifications

Cf. *tableau 1* en fin de Dossier Technique.

Les panneaux sont conformes à la norme NF EN 13163.

2.2.2.2.2. Résistance thermique

Le *tableau 2* en fin de Dossier Technique donne, pour chaque épaisseur, la résistance thermique utile à prendre en compte pour le calcul des coefficients de déperdition thermique. Les valeurs sont celles du Certificat ACERMI n° 03/007/182 en cours de validité en 2025. Il appartiendra à l'utilisateur de se référer au Certificat ACERMI de l'année en cours.

A défaut d'un certificat valide, les résistances thermiques utiles de l'isolant seront calculées en prenant en compte soit la valeur forfaitaire de conductivité thermique du fascicule 2/5 « Matériaux » des Règles Th-Bât en cours, soit en multipliant par 0,85 la résistance thermique déclarée.

2.2.2.3. Autres matériaux

2.2.2.3.1. Matériaux pour écrans pare-vapeur

L'écran pare-vapeur et son jointolement sont définis par les normes NF DTU série 43 de référence ou par le Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité, correspondant à l'élément porteur.

Dans le cas où l'élément porteur est constitué de dalles en béton cellulaire autoclavé armé, l'écran pare-vapeur doit être prescrit selon l'Avis Technique particulier de ces dalles.

Sur les tôles d'acier nervurées perforées ou crevées, lorsqu'une performance d'absorption acoustique de la toiture est recherchée, est mis en œuvre le pare-vapeur de référence AIRCOUSTIC conforme au NF DTU 43.3, fabriqué par la société Airisol : voile de verre 230 g/m² collé sur feuille d'aluminium d'épaisseur 40 µm. La face voile de verre est mise en œuvre sur l'élément porteur conformément au NF DTU 43.3.

2.2.2.3.2. Accessoires de fixation des panneaux Knauf Therm TTI Se

Sous un revêtement fixé mécaniquement, autoadhésif ou adhésif :

- Les attelages de fixations mécaniques, éléments de liaison et plaquettes décrits par les NF DTU série 43 et conformes au CPT commun de l'e-Cahier du CSTB 3564 de juin 2006 pour le support de dalles en béton cellulaire autoclavé armé.
 - Les attelages de fixations mécaniques prescrits par le Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité fixé mécaniquement avec une plaquette de surface correspondant à une plaquette de Ø ≥ 70 mm selon l'e-Cahier du CSTB 3564, y-compris les attelages à rupture de pont thermique.
- Les attelages de fixations mécaniques prescrits par le Document Technique d'Application des panneaux de lit supérieur de perlite expansée (fibrée) ou de laine de roche. Dans le cas des panneaux en laine de roche, les fixations mécaniques sont de type « solide au pas ».

2.2.2.3.3. Couche de séparation chimique

Se reporter à l'Avis Technique du revêtement d'étanchéité : voile de verre, non-tissé polyester.

2.2.2.3.4. Matériau en feuille pour écran thermique entre isolant et étanchéité

Pour les parties courantes :

- Feuille de bitume modifiée par élastomère SBS d'épaisseur minimum 2,5 mm, avec armature voile de verre et autoprotection minérale définie dans le Document Technique d'Application du revêtement ;

ou

- Tout autre système décrit dans le Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité.

Pour les relevés et émergences :

- Écran thermique de même nature qu'en partie courante ;

ou

- Tout autre système décrit dans le Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité.

2.2.2.3.5. Matériaux d'étanchéité

- On utilise les revêtements d'étanchéité semi-indépendants par autoadhésivité ou fixés mécaniquement, faisant l'objet d'un Document Technique d'Application visant l'application sur polystyrène expansé.
- Les revêtements d'étanchéité semi-indépendants apparents par fixations mécaniques sont également utilisables lorsque le lit supérieur est constitué de panneaux de perlite expansée (fibrée) ou de laine de roche.
- On utilise les revêtements d'étanchéité mis en œuvre en adhérence totale sur panneaux de lit supérieur de perlite expansée (fibrée) ou de laine de roche parementés bitume et film thermofusible, bénéficiant d'un Document Technique d'Application.
- On utilise les revêtements d'étanchéité avec modules photovoltaïques souples, bénéficiant d'un Document Technique d'Application du GS 21, sur toitures-terrasses inaccessibles.

2.2.3. Couche de séparation

Dans le cas des revêtements d'étanchéité bitumineux fixés mécaniquement, mise en œuvre optionnelle d'une couche d'indépendance en voile de verre VV100, conforme aux DTU de la série 43, entre l'isolant Knauf Therm TTI Se et le revêtement d'étanchéité à sous-face bitumineuse afin de favoriser la démontabilité du complexe en fin de vie.

2.3. Dispositions de conception

2.3.1. Supports en bois massif ou en panneaux à base de bois

La mise en œuvre du procédé sur un support en bois, de panneaux de contreplaqué, de panneaux de particules est possible, si le support est constitué d'un matériau conforme au NF DTU 43.4 P1-2.

Pour les autres cas, le Document Technique d'Application du support à base de bois doit indiquer les conditions de mise en œuvre du procédé d'étanchéité : mode(s) de liaisonnement du revêtement sur le support, choix des attelages de fixation mécanique des panneaux isolants, limite au vent extrême du système selon les Règles V 65 avec modificatif n° 4 de février 2009, etc. En outre, dans le cas d'un support en panneaux sandwichs, le Document Technique d'Application précisera si l'ancrage doit se faire dans le parement supérieur ou inférieur du système.

2.3.2. Attelages de fixations mécaniques des panneaux isolants et/ou du revêtement

L'emploi d'attelages de fixations mécaniques pour la liaison des panneaux isolants, et/ou celle du revêtement d'étanchéité, doit être précédé d'une vérification systématique des valeurs d'ancrage des fixations envisagées dans le cas de supports en :

- béton de granulats courants,
- béton cellulaire autoclavé armé (uniquement en travaux de réfection),
- bois et panneaux à base de bois,

conformément au CPT commun de l'e-Cahier du CSTB 3564 de juin 2006.

L'usage de fixations mécaniques est exclu au-dessus de locaux à très forte hygrométrie ($\frac{W}{n} > 7,5 \text{ g/m}^3$), sauf lorsque les panneaux Knauf Therm TTI Se sont associés au procédé Parasteel 42 et Parasteel 42-TFH de la société BMI Groupe France.

2.3.3. Limitations d'emploi pour la mise en œuvre

La mise en œuvre du revêtement d'étanchéité, ainsi que les limites de pente d'emploi et d'exposition aux effets du vent sont conformes au Document Technique d'Application du revêtement.

Fixations mécaniques des panneaux sous un revêtement autoadhésif et apparent

Le procédé KNAUF Therm TTI fixé mécaniquement est destiné aux toitures établies à une hauteur de 20 m au plus, conformément aux NF DTU 43.3 P1-1 et NF DTU 43.4 P1-1.

2.3.4. Cas de la réfection

Fixations mécaniques préalables des panneaux et définitives du revêtement d'étanchéité

Dans le cas où il existe une couche isolante existante, et à moins que la contrainte en compression à 10 % de déformation de ce support isolant ne soit connue ou lorsqu'elle est inférieure à 100 kPa (norme NF EN 826), les attelages de fixation doivent être de type « solide au pas ».

Addendum

Il est rappelé qu'il appartient au Maître d'ouvrage ou à son représentant de faire vérifier au préalable la stabilité de l'ouvrage dans les conditions de la norme NF DTU 43.5 vis à vis des risques d'accumulation d'eau.

2.3.5. Détermination de la résistance thermique de la toiture étanchée

Les modalités de calcul de « $U_{bât}$ » ou coefficient de déperdition par transmission à travers la paroi-toiture sont données dans les Règles Th-Bât. Pour le calcul il faut prendre en compte la valeur R_{UTILE} du panneau, donnée dans le Tableau 2 du Dossier Technique.

Sur élément porteur en tôles d'acier nervurées, les ponts thermiques intégrés courants du système isolant, et ceux du revêtement d'étanchéité lorsqu'il est fixé mécaniquement, doivent être pris en compte conformément au Cahier des Prescriptions Techniques communes « Ponts thermiques intégrés courants des toitures métalliques étanchées » (e-Cahier du CSTB 3688 de janvier 2011) :

$$U_p = U_c + \Delta U_{fixation}$$

avec :

- U_c : coefficient de déperdition de la toiture en partie courante, sans ponts thermiques intégrés,
- $\Delta U_{fixation}$: coefficient majorateur de déperdition de la toiture, dû aux ponts thermiques intégrés créé par les fixations :

$$\Delta U_{fixation} = \frac{\sum \chi_{fixation}}{A} = \text{densité de fixation } (/m^2) \times \chi_{fixation}$$

dans laquelle :

- $\chi_{fixation}$: coefficient ponctuel du pont thermique intégré, en W/K, fixé par le fascicule 4/5 des Règles Th -Bât en fonction du diamètre des fixations, indiqué au *tableau 3*,
- A : surface totale de la paroi, en m^2 ,
- le coefficient majorateur $\Delta U_{fixation}$ calculé, en $W/(m^2.K)$, doit être arrondi à deux chiffres après la virgule (cf. *tableau 3*) ; exemple : $0,006 \times 8 \square 0,05$; $0,008 \times 8 = 0,06$.

Exemple d'un calcul thermique

Toiture sur bâtiment fermé et chauffé	Résistances thermiques ($m^2.K/W$)
- résistances superficielles intérieures et extérieures : $R_{si} + R_{se}$	0,140
- élément porteur TAN pleine d'épaisseur 0,75 mm - panneau KnauTherm TTI Se d'épaisseur 400 mm fixé mécaniquement ($R = 11,25 m^2.K/W$) - panneau de laine de roche d'épaisseur 50 mm fixé mécaniquement ($R = 1,25 m^2.K/W$) - étanchéité bicouche bitumineuse fixée mécaniquement d'épaisseur 5 mm	12,522
	$\Sigma R = 12,662$
$\Delta U_{fixation}$ pour 6 fixations mécaniques $\varnothing 4,8$ mm au m^2 , d'où un coefficient majorateur = 0,04 $W/(m^2.K)$.	
Le coefficient de transmission surfacique global de la toiture : $U_p = 1 / \Sigma R + \Delta U_{fixation} = 0,079 + 0,04 = 0,12 W/(m^2.K)$	

2.4. Dispositions de mise en œuvre

2.4.1. Généralités

La mise en œuvre est réalisée par des entreprises d'étanchéité qualifiées.

Principe : les panneaux isolants sont fixés mécaniquement ou posés libres en lit inférieur ou intermédiaire.

Le revêtement d'étanchéité est mis en œuvre en semi-indépendance par fixation mécanique ou auto-adhésivité conformément à son Document Technique d'Application.

Avec un lit supérieur de perlite expansée (fibrée) ou de laine de roche, le revêtement d'étanchéité est posé en semi-indépendance ou en pleine adhérence conformément au Document Technique d'Application des panneaux de perlite expansée (fibrée) ou de laine de roche.

2.4.2. Mise en œuvre du pare-vapeur

- Soit conformément aux normes NF DTU série 43 P1-1 ;
- Soit selon les dispositions décrites dans le Document Technique d'Application du revêtement ;

- Cas particuliers du support de dalles de béton cellulaire autoclavé armé (uniquement en travaux de réfection) : l'écran pare-vapeur et le traitement des joints sur appuis des dalles si une isolation thermique est prévue, doit être prescrit par l'ancien Avis Technique des dalles de béton cellulaire autoclavé ;
- Cas particulier de la réhabilitation thermique sur toiture existante : après révision de l'ancienne étanchéité selon les prescriptions de la norme NF DTU 43.5, l'ancienne étanchéité asphalte ou bitumineuse peut constituer, le cas échéant, le pare-vapeur.

2.4.3. Mise en œuvre des panneaux isolants

2.4.3.1. Généralités

Une organisation spécifique du chantier doit permettre de prévenir à tout moment, et en particulier en fin de journée, l'humidification de l'isolant. Ces dispositions sont décrites dans le Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité. La pose du pare-vapeur, de la couche isolante et du revêtement d'étanchéité est coordonnée pour assurer la mise hors d'eau dans une même opération :

- Les panneaux de chaque lit d'isolant sont posés en quinconce et jointifs, et en relation avec le revêtement d'étanchéité dans les conditions des tableaux 5 à 9 :
- soit par des attelages de fixations mécaniques.

Dans le cas de la pose en plusieurs lits d'isolants, les joints entre chaque lit d'isolant sont décalés.

En lit inférieur posé directement sur tôles d'acier nervurées d'ouverture haute de nervure (Ohn) inférieure ou égale à 70 mm, conforme au NF DTU 43.3 P1 ou à un Avis Technique, l'épaisseur minimale des panneaux Knauf Therm TTI Se est de 50 mm.

Sur les éléments porteurs courbes, les panneaux Knauf Therm TTI Se sont découpés selon le rayon de courbure du support, avec un rayon minimum de 1 m, et posés en un lit unique.

Les panneaux Knauf Therm TTI Se sont découpés sur chantier à l'aide d'une scie pour des panneaux d'épaisseur maximale 200 mm ou d'un découpeur à fil chaud compatible avec les panneaux de polystyrène expansé.

Le décaissé au droit des entrées d'eaux pluviales est réalisé à l'aide de panneaux d'épaisseur inférieure à celle des panneaux de partie courante.

2.4.3.2. Mise en œuvre des panneaux isolants en association avec les revêtements d'étanchéité (Tableaux 5 à 9)

2.4.3.2.1. Cas particulier du revêtement fixé mécaniquement, apparent (voir tableau 6)

Les panneaux isolants sont posés à l'aide de fixations mécaniques préalables (voir § 2.2.2.3.2.) à raison :

- d'une fixation au moins par panneau de dimensions 1 200 x 1 000 mm
- de deux fixations au moins dans chaque caisson de bac Parasteel 42 ou 42-TFH par panneau de dimensions 1 770 x 1 200 mm (voir § 2.4.3.2.5.).

2.4.3.2.2. Cas particulier du revêtement auto-adhésif, apparent (voir tableaux 7)

Les panneaux isolants sont posés à l'aide de fixations mécaniques (voir § 2.2.2.3.2.) de densité conforme aux DTU de la série 43 et aux Avis techniques des éléments porteurs,

Dans le cas de la pose en deux lits, le premier lit est posé libre si le deuxième lit est fixé mécaniquement.

2.4.3.2.3. Cas particulier du revêtement adhérent, apparent (voir tableau 8)

Les panneaux isolants du lit supérieur en perlite expansé (fibrée) ou de laine de roche, parementés bitume et film thermofusible, sont fixés mécaniquement selon leur Document Technique d'Application.

Les panneaux isolants du premier lit ou du lit intermédiaire sont posés libres ou à l'aide de fixations mécaniques préalables (voir § 2.3.2. et § 2.4.3.2.1.).

2.4.3.2.4. Cas particulier des travaux de réfection sur isolant et revêtement d'étanchéité conservé

Les panneaux Knauf Therm TTI Se sont posés jointifs à joints décalés et en relation avec le revêtement d'étanchéité, selon les prescriptions de la norme NF DTU 43.5 et du tableau 9.

Dans le cas où la résistance en compression de l'isolant conservé est inférieure à 100 kPa à 10 % de déformation (norme NF EN 826), la mise en œuvre du panneau Knauf Therm TTI Se est réalisée à l'aide d'attelages de fixations mécaniques solides au pas.

Le terme « solide au pas » s'applique à un attelage composé d'un élément de liaison et d'une plaquette de répartition servant à assurer la fixation mécanique d'un isolant ou d'un revêtement d'étanchéité sur un support. Cet attelage est muni d'un dispositif permettant d'éviter, en service, le désaffleurement de la tête de l'élément de liaison (par exemple vis) de la partie supérieure de la plaquette de répartition. Les attelages conformes à la norme NF P 30-317 répondent à cette caractéristique.

2.4.3.2.5. Cas particulier des bacs PARASTEEL 42

La mise en œuvre des panneaux est faite conformément au Document Technique d'Application du Parasteel 42 et Parasteel 42-TFH de la société BMI Groupe France.

Seul le panneau Knauf Therm TTI Se de format 1 770 x 1 200 mm peut être utilisé sur bacs PARASTEEL 42 et 42-TFH (cf. tableau 10). Ils sont fixés mécaniquement à raison de 2 attelages de fixation mécanique au moins par caisson dans le cas de revêtements d'étanchéité fixés mécaniquement et de 5 attelages de fixation mécanique au moins par caisson dans le cas de revêtements d'étanchéité auto-adhésifs.

2.4.4. Protection des tranches des panneaux au droit des relevés et émergences

Dans le cas de revêtements d'étanchéité sous Document Technique d'Application soudés à la flamme ouverte, les tranches de la couche isolante de polystyrène expansé sont protégées au droit des relevés et émergences :

- Soit par une équerre rapportée de développé 0,50 m : cette équerre est posée en rebordement de la tranche du panneau avec talon de 15 cm environ, puis rabattue sur le panneau d'au moins 20 cm ; le recouvrement entre bandes est d'au moins 10 cm ;
- Soit selon le Document Technique d'Application du revêtement d'étanchéité.

2.4.5. Mise en œuvre de l'écran thermique de la couche de séparation chimique et/ou de la couche de séparation sous le revêtement

Sous revêtement d'étanchéité utilisant la soudure à la flamme ouverte entre couches, mise en œuvre de l'écran thermique (§ 2.2.2.3.4.) à recouvrements de 10 cm, selon le Document Technique d'Application du revêtement. La mise en œuvre de l'écran thermique n'est pas requise si :

- la première couche du revêtement comporte un joint de recouvrement adapté tel que décrit dans le Document Technique d'Application du revêtement
- ou lorsque le lit supérieur d'isolant est constitué de panneaux en perlite expansée (fibrée) ou en laine de roche nus.

Sous revêtement d'étanchéité synthétique, mise en œuvre de la couche de séparation chimique (§ 2.2.2.3.3.) à recouvrements, selon le Document Technique d'Application du revêtement.

Sous revêtement d'étanchéité bitumineux fixé mécaniquement, mise en œuvre du voile de verre (§ 2.2.3.) à recouvrements afin d'assurer l'indépendance entre la sous-face bitumineuse du revêtement d'étanchéité et les panneaux Knauf Therm TTI Se.

2.4.6. Cas d'un lit supérieur en panneau de perlite expansée (fibrée) ou de laine de roche

Un panneau de perlite expansé (fibrée) ou de laine de roche, nu ou parementé bitume et film thermofusible, d'épaisseur maximale 50 mm et de classe de compressibilité adaptée à la destination de la toiture peut être utilisé sur un lit inférieur de panneau Knauf Therm TTI Se.

Les panneaux de perlite expansé (fibrée) et de laine de roche sont mis en œuvre conformément à leur Document Technique d'Application et aux tableaux 6 et 8.

Le revêtement d'étanchéité est mis en œuvre conformément au Documents Technique d'Application des panneaux de perlite expansé (fibrée) ou de laine de roche.

2.4.7. Mise en œuvre des panneaux isolants en climat de montagne

Les panneaux Knauf Therm TTI Se peuvent être employés en partie courante dans les conditions prévues par la norme NF DTU 43.11 (Avril 2014) sur les éléments porteurs en maçonnerie sous porte-neige ;

2.4.8. Mise en œuvre des panneaux isolants sur acrotère en béton

Lorsqu'est requise une isolation des acrotères en béton sur éléments porteurs en maçonnerie de toitures inaccessibles, techniques, les panneaux Knauf Therm TTI Se d'épaisseur maximale 80 mm sont mis en œuvre exclusivement en support de revêtement d'étanchéité synthétique selon les dispositions prévues par le Cahier CSTB n° 3741_V2 de janvier 2020 et exclusivement sur locaux à faible ou moyenne hygrométrie.

2.4.9. TAN de grande portée

Sur tôles d'acier nervurées dont l'ouverture haute de nervure (Ohn) est supérieure à 70 mm, conforme au CPT commun de le-Cahier du CSTB 3537_V2 de janvier 2009, l'épaisseur minimum du panneau Knauf Therm TTI Se est indiquée au tableau 4.

Les revêtements d'étanchéité sont mis en œuvre par fixation mécanique.

Le panneau Knauf Therm TTI Se est mis en œuvre conformément aux tableaux 6 et 8. Le sens de pose du panneau par rapport à l'orientation des nervures est indifférent. L'épaisseur du panneau est définie au tableau 1.

2.5. Entretien

Les recommandations pour l'entretien des toitures-terrasses sont définies dans les annexes dédiées des NF DTU série 43.

2.6. Assistance technique

La Société Knauf SAS fournit une assistance technique aux entreprises qui en font la demande.

2.7. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

2.7.1. Centre de fabrication

Knauf Ouest site de Cournon (56204)

Le système de management intégré QHSE des usines est certifié ISO 9001 (management de la qualité).

2.7.2. Principe de fabrication

Utilisation de matière première en polystyrène expansible certifiée par le LNE.

La fabrication des panneaux en polystyrène expansé est réalisée par moulage par voie humide comportant principalement les étapes suivantes :

- une phase d'expansion suivie d'une phase de stabilisation en trémie,
- une phase de moulage en blocs,
- une phase de stabilisation des blocs,
- une découpe des blocs en panneaux dans l'épaisseur et dimensions souhaitées,
- un emballage des panneaux (hauteur maximum des paquets de 60 cm),
- une phase de stabilisation en colis, avant expédition.

2.7.3. Contrôles réalisés dans toutes les usines

- a. Sur matières premières :

Vérification de la traçabilité de la matière première.

- a. En cours de fabrication :

Après pré-expansion : masse volumique apparente ;

Sur blocs : pesée.

- a. Sur produits finis :

- À chaque production : densité selon EN 1602, dimensions selon EN 822, épaisseur selon EN 823, équerrage selon EN 824, planéité selon EN 825 ;
- Une fois par semaine : compression à 10 % de déformation selon EN 826, allumabilité selon NF EN 11925-2, conductivité thermique selon EN EN 12667 ;
- Au moins une fois par mois : variation dimensionnelle après 48 h à 80 °C \leq 3,8 mm/m conformément au protocole de la norme EN 1604 ;

- b. Pour les TAN de grande ouverture haute de nervure (Ohn > 70 mm) (cf. tableau 4), une fois par semestre pour les épaisseurs minimales et maximales produites par chaque usine : charge statique concentrée de rupture en porte-à-faux selon le § 5 du CPT commun « Panneaux isolants non porteurs supports d'étanchéité mis en œuvre sur éléments porteurs en tôles d'acier nervurées dont l'ouverture haute de nervure est supérieure à 70 mm, dans les départements européens » (e-Cahier du CSTB 3537_V2 de janvier 2009) ;

- Une fois par semestre : traction perpendiculaire selon EN 1607.

2.7.4. Contrôles complémentaires

Au moins une fois par an au centre d'essai du Pôle Recherche et Développement Knauf : variation dimensionnelle résiduelle à 20 °C sur éprouvette après stabilisation à 80 °C selon le Cahier du CSTB 2662_V2 (juillet 2010) § 4.31

L'ensemble des spécifications et du plan de contrôle est supervisé par le Pôle Recherche et Développement Knauf.

2.8. Mention des justificatifs

2.8.1. Résultats expérimentaux

Les essais d'identification, aptitude à l'emploi et durabilité ont été rapportés dans les comptes rendus suivants :

- Rapport d'essais du LNE n° P165165 DE/1 et annexes, analyse de gaz et opacité des fumées, du 24 janvier 2017.
- Certificat Acermi n° 03/007/182.
- Rapport d'essai au caisson des vents du CSTC :
- n° 651XG788 n° 651XG788 du 22 août 2008, avec baçs PARASTEEL 42 - panneau Knauf Therm TTI Th36 SE BA 1 700 x 1 200 x 120 mm -feuilles ADÉPAR JS et PARADIÈNE 30.1 GS,
- Rapports d'essais ou PV du CSTB, en complément des précédents Avis Techniques :
 - n° RSET 08-26010870 du 12 février 2008, identification - Classe de compressibilité B à 80 °C et C 60 °C en épaisseurs 150 et 300 mm,
 - n° RSET 09-26019426/B-1 du 15 juin 2009, identification - essai de poinçonnement à 50 °C épaisseur 300 mm,
 - n° R2EM-12-26035845 du 30 janvier 2012, identification, classe de compressibilité B à 80 °C et C à 60 °C en épaisseur 2x250 mm valable pour une épaisseur de 400 mm,
 - n° AC02-171/1 et AC03-087/2 avec extension n° 08/1 des 16 décembre 2002 - 2 juillet 2003 et 22 octobre 2008, essais acoustiques,
- Rapport de classement européen de réaction au feu Euroclasse E n° RA16-0141 du 17 octobre 2018
- Rapport d'essai APPLUS n°17/15493-2669 du 05 février 2018 : identification – variation dimensionnelle résiduelle à 23 °C après stabilisation à 60 °C et à 80 °C en épaisseurs 30 et 400 mm – Incurvation sous l'effet d'un gradient thermique 23/80 °C en épaisseurs 30, 2x30, 400 et 2x200 mm - Classe de compressibilité B à 80 °C et C 60 °C en épaisseur 30 mm – Essai de charge ponctuelle à 50 °C en épaisseur 400 mm
- Rapports de classement BROOF(t3) de toitures (0 \leq pente \leq 10°)
 - n° RS05-201/A du 19 décembre 2005,

- n° RS07-027 du 28 mai 2007,
- n° RS08-149 du 20 novembre 2008,
- n° 16372A du 27 mars 2014,
- n° 17330C du 26 octobre 2015,
- n° 17331C du 26 octobre 2015,
- n° 17427C du 19 novembre 2015,
- n° 17308F du 28 août 2015.
- Rapport interne :
 - n° 1694 du 3 mars 2008 de Knauf CRD, comportement à la flexion en porte-à-faux,
- n° GRD/SCU-PBN/08-143 du 14 novembre 2008 d'Icopal, essai de choc thermique sur Knauf Therm TTI Th36 SE BA avec complexe PARASTEEL 42 (ADÉPAR JS + PARADIÈNE 30.1).
 - essai de compression à 10% sur un panneau de 400 mm en un lit et 2 x 200 mm en deux lits.

2.8.2. Références chantiers

L'usine Knauf de Cournon produit régulièrement depuis 2007.

Les autres usines Knauf d'Ungersheim, Marolles sur Seine, Colomiers, Saint André le Gaz, Rousset ont produit depuis 1983 ; celle de St-Philbert-du-Peuple depuis 2015 et jusqu'à 2023 inclus.

À ce jour les panneaux Knauf Therm TTI Se ont été appliqués sur 10 millions de m² environ de toitures, dont 300 000 m² environ sous revêtements apparents fixés mécaniquement depuis 2022.

2.9. Tableaux du Dossier Technique

Catégorie	Caractéristiques	Valeurs spécifiées		Unités	Référence
		KnaufTherm TTI Se	Knauf Therm TTI Se pour bacs PARASTEEL 42 (1)		
Pondérales	Masse volumique sèche	19 à 22		kg/m ³	NF EN 1602
Dimensions	Longueur L	1 200 ± 2 (2)	1 770 ± 2	mm	NF EN 822
	Largeur l	1 000 ± 2 (2)	1 200 ± 2	mm	NF EN 822
	Épaisseur (pas de 5 mm)	30 (3) à 400 ± 2	50 à 400 ± 2	mm	NF EN 823
	Équerrage	± 2	± 2	mm/m	NF EN 824
	Planéité	± 3	± 3	mm	NF EN 825
	Bords	droits	droits	/	/
Mécaniques	Contrainte de compression à 10 % de déformation	CS(10)100 ≥ 100		kPa	(6) NF EN 826
	Classe de compressibilité	B (20 kPa à 80 °C) C (40 kPa à 60 °C)-(7)			Cahier du CSTB 2662_V2 (juillet 2010) § 4.51
	Contrainte de rupture en traction perpendiculaire	TR180 ≥ 180		kPa	(6) NF EN 1607
Stabilité dimensionnelle	Variation dimensionnelle résiduelle à 20 °C sur éprouvette après stabilisation à 80 °C	≤ 3,8		mm/m	Cahier du CSTB 2662_V2 (juillet 2010) § 4.31
	Variation dimensionnelle résiduelle à 20 °C sur panneau entier après stabilisation à 80 °C : (4)	/	≤ 5	mm	NF EN 1108 (4)
	Variation dimensionnelle sur éprouvette après 48 h à 80 °C	≤ 3,8		mm/m	NF EN 1604
	Incurvation sous un gradient de température 80 / 20 °C sur panneau entier 1200x1000, en 1 ou 2 lits	≤ 3		mm	Cahier du CSTB 2662_V2 (juillet 2010) § 4.32
Hygrothermique	Transmission de vapeur d'eau	MU 30 à 70		/	(6)
Thermiques	Conductivité thermique utile	0,036		W/(m.K)	EN 12667 (6)
	Résistance thermique utile	Cf. <i>tableau 2</i>		(m ² .K)/W	(6)
Réaction au feu		Euroclasse E		/	NF EN 13501- 1 (5) (6)

(1) Cf. le DTA PARASTEEL 42 et PARASTEEL 42-TFH
(2) Possibilité de dimensions inférieures sur demande.
(3) Sur élément porteur en tôle d'acier nervurée d'ouverture haute de nervure (*Ohn* ≤ 70 mm : épaisseur minimale 50 mm ; pour les TAN de grande vallée (*Ohn* > 70 mm) : se reporter au *tableau 4*.
(4) Essai dans les conditions de mise en œuvre du procédé, selon le rapport d'essai n° GRD/SCU-PBN/08-143 de ICOPAL : panneau fixé mécaniquement, support du complexe d'étanchéité A depar JS + Paradiene 30.1
(5) Euroclasse E selon le Rapport n° RA 16-041 du CSTB
(6) Certificat ACERMI n° 03/007/182
(7) Pour une utilisation sous modules souples photovoltaïques, bénéficiant d'un avis technique

Tableau 1 – Caractéristiques spécifiées

Épaisseur (mm)	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80
R (m ² .K/W)	0,80	0,95	1,10	1,25	1,40	1,55	1,65	1,80	1,95	2,10	2,25
Épaisseur (mm)	85	90	95	100	105	110	115	120	125	130	135
R (m ² .K/W)	2,40	2,50	2,65	2,80	2,95	3,10	3,20	3,35	3,50	3,65	3,80
Épaisseur (mm)	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190
R (m ² .K/W)	3,95	4,05	4,20	4,35	4,50	4,65	4,80	4,90	5,05	5,20	5,35
Épaisseur (mm)	195	200	205	210	215	220	225	230	235	240	245
R (m ² .K/W)	5,50	5,60	5,75	5,90	6,05	6,20	6,35	6,45	6,60	6,75	6,90
Épaisseur (mm)	250	255	260	265	270	275	280	285	290	295	300
R (m ² .K/W)	7,05	7,20	7,30	7,45	7,60	7,75	7,90	8,05	8,15	8,30	8,45
Épaisseur (mm)	305	310	315	320	325	330	335	340	345	350	355
R (m ² .K/W)	8,60	8,75	8,85	9,00	9,15	9,30	9,45	9,60	9,70	9,85	10,00
Épaisseur (mm)	360	365	370	375	380	385	390	395	400		
R (m ² .K/W)	10,15	10,30	10,45	10,55	10,70	10,85	11,00	11,15	11,25		

(1) Selon le Certificat ACERMI n° 03/007/182.

Tableau 2- Résistance thermique des panneaux Knauf Therm TTI Se (1)

Diamètre	% fixation (W/K)	Nombre de fixations au m ²											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Vis (mm)													
4,8	0,006	0,01	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,06	0,07	0,07
6,3	0,008	0,01	0,02	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,06	0,07	0,08	0,09	0,10

Tableau 3 – Valeurs du coefficient majorateur $\Delta U_{\text{fixation}}$ des panneaux Knauf Therm TTI Se sur TAN

Épaisseur minimum de Knauf Therm TTI Se (mm)	55	60	65	70	75	80	85	90	100
Ouverture haute de nervure maximum (Ohn) (mm)	75	90	100	120	130	140	155	170	200

(1) Pour une charge statique concentrée de rupture en porte-à-faux minimum de 1 400 N (VLF).

Tableau 4 – Ouverture haute de nervure des panneaux Knauf Therm TTI Se sur TAN de grande vallée (1)

Pose des panneaux isolants selon les tableaux 6 à 8	Pose du revêtement d'étanchéité apparent		
	Semi-indépendant par auto-adhésivité	Semi-indépendant par fixation mécanique	Soudé en adhérence (1)
Fixé mécaniquement (§ 2.4.3.2.1.) (3)	Pente maximum selon DTA du revêtement Zones et sites de vent selon DTA du revêtement (2) (tableau 7)	Pente maximum selon DTA du revêtement sans dépasser 100 % Zones et sites de vent selon DTA du revêtement (tableau 6)	Pente maximum selon DTA du revêtement Zones et sites de vent selon DTA du revêtement (tableau 8)
<p>(1) Sur panneaux de perlite expansée (fibrée) ou de laine de roche parementés bitume et film thermofusible, titulaires d'un Document Technique d'Application ; le revêtement d'étanchéité est mis en œuvre conformément au Document Technique d'Application du panneau de perlite expansée (fibrée) ou de laine de roche.</p> <p>(2) Le nombre de fixations mécaniques est conforme aux normes DTU série 43 P 1 et à l'Avis Technique des dalles de béton cellulaire autoclavé armé (uniquement en travaux de réfection). La hauteur des toitures est limitée à 20 m sur l'élément porteur tôles d'acier nervurées, bois - panneaux dérivés du bois, selon les NF DTU 43.3 P 1-1 - NF DTU 43.4 P 1-1.</p> <p>(3) En plusieurs lits, la pose libre du panneau inférieur ou intermédiaire est possible selon sa position et le mode de mise en œuvre des autres lits (cf. tableau 6, 7 et 8)</p> <p>(4)</p>			

Tableau 5 – Mise en œuvre des panneaux isolants en association avec le revêtement d'étanchéité

Pose en un lit	Lit unique	KnaufTherm TTI Se	Fixation mécanique préalable (1)
Pose en deux lits	1 ^{er} lit (inférieur)	KnaufTherm TTI Se	Libre ou fixation mécanique préalable (1)
	2 ^{ème} lit (supérieur)	KnaufTherm TTI Se	Fixation mécanique préalable (1)
		ou panneaux de perlite expansée (fibrée) ou de laine de roche	Fixation mécanique préalable (2)
Pose en trois lits	1 ^{er} lit (inférieur)	KnaufTherm TTI Se	Libre ou fixation mécanique préalable (1)
	2 ^{ème} lit (intermédiaire)	KnaufTherm TTI Se	Libre ou fixation mécanique préalable (1)
	3 ^{ème} lit (supérieur)	Panneaux de perlite expansée (fibrée) ou de laine de roche	Fixation mécanique préalable (2)
<p>(1) voir § 2.2.2.3.2.</p> <p>(2) selon le Document Technique d'Application des panneaux de perlite expansée (fibrée) ou de laine de roche</p>			

Tableau 6 – Mise en œuvre des panneaux isolants support de revêtement d'étanchéité fixé mécaniquement (voir § 2.4.3.2.1.)

Lit unique		KnaufTherm TTI Se	Fixation mécanique (1)
Deux lits	1 ^{er} lit (inférieur)	KnaufTherm TTI Se	Libre
	2 ^{ème} lit (supérieur)	KnaufTherm TTI Se	Fixation mécanique (1)
(1) voir § 2.2.2.3.2.			

Tableau 7 – Mise en œuvre des panneaux isolants fixés mécaniquement en support de revêtement d'étanchéité auto-adhésif (voir § 2.4.3.2.2.)

Pose en deux lits	1 ^{er} lit (inférieur)	KnaufTherm TTI Se	Libre ou fixation mécanique préalable (1)
	2 ^{ème} lit (supérieur)	Panneaux de perlite expansée (fibrée) ou de laine de roche parementés bitume et d'un film thermofusible	Fixation mécanique (2)
Pose en trois lits	1 ^{er} lit (inférieur)	KnaufTherm TTI Se	Libre ou fixation mécanique préalable (1)
	2 ^{ème} lit (intermédiaire)	KnaufTherm TTI Se	Libre ou fixation mécanique préalable (1)
	3 ^{ème} lit (supérieur)	Panneaux de perlite expansée (fibrée) ou de laine de roche parementés bitume et film thermofusible	Fixation mécanique (2)

(1) voir § 2.2.2.3.2.
(2) selon le Document Technique d'Application des panneaux de perlite expansée (fibrée) ou de laine de roche parementés bitume et film thermofusible

Tableau 8 – Mise en œuvre des panneaux isolants support de revêtement d'étanchéité soudé en adhérence (voir § 2.4.3.2.3.)

Anciens revêtements (2)	Remarques concernant la mise en œuvre des panneaux isolants par fixations mécaniques
Asphalte	Admis
Bitumineux indépendants	Admis
Bitumineux semi-indépendants	Admis saufs sur ancien revêtement avec fixations mécaniques en ligne espacées de plus de 0,50 m, en système apparent
Bitumineux adhérents	Admis
Enduit pâteux, ciment volcanique	Admis ; nouveau pare-vapeur obligatoire
Membrane synthétique	Admis ; nouveau pare-vapeur obligatoire saufs sur TAN pleines sur locaux à faible et moyenne hygrométrie, ou cloué sur bois et panneaux à base de bois. Interposition d'un écran de séparation chimique, selon le Document Technique d'Application de l'ancien revêtement.

(1) Sur élément porteur en tôle d'acier nervurée, le panneau Knauf Therm TTI Se n'est mis en œuvre que sur des bâtiments relevant du Code du Travail dont la hauteur du plancher le plus haut ne dépasse pas 8 m.
(2) Anciens revêtements conservés selon la NF DTU 43.5 (§ 2.4.3.2.).

Tableau 9 – Mise en œuvre du procédé Knauf Therm TTI en travaux de réfection (1)

Élément porteur	Panneaux posés libres (5)	Panneaux fixés mécaniquement (5)
Maçonnerie conforme au DTU ou à un DTA	oui	oui
Dalles de béton cellulaire autoclavé armé (uniquement en réfection)	oui	oui
Tôles d'acier nervurées : - TAN conforme au NF DTU 43.3 P1, avec une $Ohn \leq 70$ mm (2) - TAN conforme au cahier du CSTB 3537_V2, $70 \text{ mm} < Ohn \leq 200$ mm (3) - Bac PARASTEEL 42 conforme à son DTA (4)	non	oui
Bois et panneaux à base de bois conforme au NF DTU 43.4 P1 ou au Document technique d'Application	oui	oui

(1) Pour le choix du revêtement d'étanchéité, se reporter au *tableau 5* et à son Document Technique d'Application.
(2) Épaisseur minimum des panneaux 50 mm en pose directe sur élément porteur en tôles d'acier nervurées.
(3) Toitures planes (cf. § 2.4.9. du Dossier Technique) ; épaisseur minimum des panneaux : cf. *tableau 4*. Le revêtement d'étanchéité est obligatoirement fixé mécaniquement.
(4) Procédés Parasteel 42 et Parasteel 42 TFH de la société BMI Groupe France.
(5) En plusieurs lits, la pose libre du panneau inférieur ou intermédiaire est possible selon sa position et le mode de mise en œuvre des autres lits (se reporter aux *tableaux 6* à *8*).

Tableau 10 – Mise en œuvre des panneaux Knauf Therm TTI Se en fonction de l'élément porteur (1)

Monoxyde de carbone CO	Dioxyde de carbone CO ₂	Acide chlorhydrique HCl	Acide bromhydrique HBr	Dioxyde de soufre SO ₂	Acide cyanhydrique HCN	Acide fluorhydrique HF
102 mg/g	1184 mg/g	<LoQ	<LoQ	<LoQ	<LoD	<LoD
(1) Essai à 600 °C selon la norme NF X 70-100 (Dossier LNE réf. P 165165-DE/1, cf. § 2.8.1) moyenne de 3 mesures LoQ limite de quantification – LoD limite de détection						

Tableau 11 – Analyse de gaz émis lors de la dégradation thermique du panneau Knauf Therm TTI Se (1)

VOF4	Dmax	T(Dmax)min	Classement
20	52	20	F0
(1) Essai avec flammes pilotes selon la norme NF X 10-702 Parties 1, 2 à 5 (Dossier LNE réf. P 165165-DE/1, cf. § 2.8.1) moyenne de 3 mesures.			

Tableau 12 – Opacité des fumées du panneau Knauf Therm TTI Se (1)

