

Commission chargée de formuler des Avis Techniques

Groupe Spécialisé n° 20

Produits et procédés
spéciaux d'isolation

Guide technique spécialisé pour la constitution d'un dossier de demande d'Avis Technique ou Document Technique d'Application : procédés d'isolation thermique des parois de bâtiment à base de produits réfléchissants

Le présent guide a été approuvé par le Groupe spécialisé n° 20 le 16 décembre 2014,
par la Commission chargée de formuler les Avis Techniques le 04 mars 2015.

Établissement public au service de l'innovation dans le bâtiment, le CSTB, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, exerce quatre activités clés : la recherche, l'expertise, l'évaluation, et la diffusion des connaissances, organisées pour répondre aux enjeux de la transition écologique et énergétique dans le monde de la construction. Son champ de compétences couvre les produits de construction, les bâtiments et leur intégration dans les quartiers et les villes.

Avec plus de 900 collaborateurs, ses filiales et ses réseaux de partenaires nationaux, européens et internationaux, le groupe CSTB est au service de l'ensemble des parties prenantes de la construction pour faire progresser la qualité et la sécurité des bâtiments.

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre Français d'Exploitation du droit de copie (3, rue Hautefeuille, 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 1er juillet 1992 - art. L 122-4 et L 122-5 et Code Pénal art. 425).

© CSTB 2015

Guide technique spécialisé pour la constitution d'un dossier de demande d'Avis Technique ou Document Technique d'Application : procédés d'isolation thermique des parois de bâtiment à base de produits réfléchissants

SOMMAIRE

Préambule	2
1. Description	2
1.1 Définition du procédé	2
1.2 Domaine d'emploi	2
1.3 Nature et définition des composants intervenant dans le procédé	3
1.4 Marquage	3
1.5 Fabrication et commercialisation	3
1.6 Contrôle en fabrication	3
1.7 Conditionnement et stockage	3
1.8 Assistance technique	4
1.9 Mise en œuvre	4
1.10 Référence des chantiers réalisés	4
2. Dossier technique	4
2.1 Règles découlant des exigences de sécurité	4
2.2 Exigences vis-à-vis de la durabilité	5
2.3 Appréciation de l'aptitude à l'emploi	6
2.4 Mise en œuvre	6
3. Qualité des produits et ouvrages	6
Annexe 1	7
Annexe 2	10
Annexe 3	13
Annexe 4	14

Préambule

Le Règlement intérieur de la commission chargée de formuler les Avis Technique ou Document Technique d'Application (18 juin 2012) précise, à l'article 4, la composition du dossier de demande d'Avis Technique qui, outre la demande proprement dite, comporte :

- la description exacte du produit ou procédé auquel il se rapporte ;
- la mention des essais, expériences, emplois réels qui lui ont servi de base.

À l'instar des produits traditionnels, les produits réfléchissants nécessitent un certain nombre de conditions de mise en œuvre pour assurer la pérennité des performances de tels isolants.

Le présent document a pour but de faciliter au demandeur d'Avis Technique ou de Document Technique d'Application l'établissement de ces pièces techniques pour permettre d'évaluer des procédés d'isolation constitués de produits réfléchissants, produits adhésifs et autres accessoires.

Le présent référentiel ne vise pas les locaux à forte ou très forte hygrométrie ($W/n > 5 \text{ g/m}^3$) ainsi que ceux destinés aux bâtiments industriels ou agricoles. Ces domaines d'emploi nécessitent des justifications complémentaires et des dispositions liées à la mise en œuvre concernant la conservation des performances non visées par le présent document.

Le document comporte deux parties :

- l'une relative à la description du système ;
- l'autre relative au sous-dossier technique, et plus particulièrement aux justifications.

Nota : ce document, notamment sur la partie référentiel, doit être mis en regard du référentiel technique ACERMI, notamment la pertinence des normes de mesures et/ou leur aménagement pour les produits concernés.

1. Description

Le dossier technique doit contenir la description du produit, de son domaine d'emploi, de la conception et de la mise en œuvre des ouvrages dans lesquels il est incorporé. Cette description doit s'appuyer sur les éléments listés ci-après.

1.1 Définition du procédé

Ces procédés sont destinés à limiter les flux thermiques au travers des parois de l'enveloppe des bâtiments, en association le cas échéant avec d'autres produits isolants. Ces procédés comportent des produits multicouches comprenant généralement :

- un ou plusieurs films minces réfléchissants (feuilles d'aluminium ou feuilles plastiques recouvertes par métallisation) d'épaisseur inférieure à 100 micromètres ;
- une ou plusieurs couches de matériaux minces, soit plastique alvéolaire, soit film à bulles, soit laine végétale, synthétique, animale ou minérale ;
- un ou plusieurs films réfléchissants et d'autres couches de matériaux isolants.

Le plus souvent, les dispositions constructives permettent d'aménager une ou deux lames d'air non ventilées situées en contact avec le produit multicouche.

Note : Dans le cas où le procédé remplit aussi la fonction d'écran de sous-toiture, le Groupe spécialité n° 5 est également consulté (cf. e-cahier du CSTB n° 3651_V2).

Le document comporte deux parties :

- l'une relative à la description du système ;
- l'autre relative au dossier technique, et plus particulièrement aux justifications nécessaires pour l'instruction de l'Avis Technique.

1.2 Domaine d'emploi

Ces systèmes sont destinés à être installés côté intérieur ou extérieur des parois :

- parois verticales de construction maçonnées ou à ossature ;
- parois inclinées de rampants de toitures (intérieur ou côté extérieur de la paroi, sans participation au clos et couvert) ;
- planchers/plafonds de combles perdus ;
- planchers bas en sous-face.

Principe général, caractéristiques et domaine d'emploi :

- Climat : plaine, montagne, bord de mer.
- Types de locaux : résidentiels, non résidentiels, locaux d'usage courant, locaux industriels, agro-alimentaires, etc.
- Types de parois et de structure, position de l'isolation, matériaux et produits en contact, température d'utilisation, etc.
- Hygrométrie du local sous-jacent et, le cas échéant, pression intérieure maximale de vapeur d'eau admissible pour les locaux à ambiance régulée.

- Agressivité ou non de l'ambiance intérieure.
- Atmosphère extérieure (si lame d'air ventilée sur l'extérieur), selon *Cahier du CSTB* n° 3194.

Cas d'utilisation côté extérieur de la paroi, sans participation au clos et couvert :

L'utilisation côté extérieur est limitée aux deux cas suivants :

- Paroi inclinée ou rampant de toiture, utilisation en sous-couverture :
 - pour les produits étanches à la vapeur d'eau : présence de deux lames d'air ventilées des deux côtés du produit pour éviter tout risque de condensation,
 - pour les produits hautement perméables à la vapeur d'eau (HPV) : présence d'une lame d'air ventilée entre la couverture et le produit ;

Nota : L'évaluation des produits et l'examen de la mise en œuvre relèvent des procédures d'évaluation technique des procédés d'écrans de sous-toiture (GS5, CPT n° 3651-1 et 2, ...).

- Paroi verticale ou mur, utilisation en bardage rapporté ventilé :
 - pour les produits étanches à la vapeur d'eau : présence de deux lames d'air ventilées des deux côtés du produit pour éviter tout risque de condensation,
 - pour les produits perméables à la vapeur d'eau (HPV) : présence d'une lame d'air ventilée entre le bardage et le produit.

Nota : l'évaluation des produits et l'examen de la mise en œuvre relèvent des procédures d'évaluation technique des procédés de bardages rapportés (GS2, Cahiers n° 3316_V2 et n° 3585_V2).

1.3 Nature et définition des composants intervenant dans le procédé

Caractéristiques physiques d'identification, notamment :

- dimensions : longueur, largeur, épaisseur ou gamme d'épaisseur ;
- présentation commerciale ;
- masse surfacique ;
- nature des constituants.

1.4 Marquage

Pour le produit réfléchissant, au minimum, celui du marquage CE, lorsqu'il existe. À défaut, une étiquette par rouleau précise :

- la marque commerciale ;
- la longueur et la largeur ;
- la masse surfacique en g/m² ;
- le nom et l'adresse du distributeur ;
- le nom du produit ;
- la description du produit ;
- la caractéristique de transmission à la vapeur d'eau Sd en m, dans le cas d'un pare-vapeur.

Pour les adhésifs, mastics, colles et pièces dédiées de pose, le demandeur de l'Avis Technique décrit ses spécifications et son cahier des charges concernant l'étiquetage conjoint, réciproque ou non du produit réfléchissant et des pièces dédiées (adhésif, mastic, pièces de traitement).

1.5 Fabrication et commercialisation

Description succincte de la fabrication.

Lieu de la fabrication.

Description du contrôle qualité :

- contrôles matières premières, fabrication, produits finis ;
- nature des contrôles, fréquences et seuils retenus.

Exemple : le produit XXX est fabriqué par la/les sociétés :

- XXXXX ;
- XXXXX ;
- et distribuée par XXXXX.

Les pièces dédiées de pose :

- adhésifs xxxxx ;
- mastics xxxxx ;
- œilletons xxxxx ;
- passes-câbles xxxxx ;
- etc.

Pièces dédiées : vérification de la conformité au cahier des charges de la société XXXXX des spécifications techniques.

Dispositions relatives aux conditions de stockage des constituants du système.

1.6 Contrôle en fabrication

Dans le cas où le produit fait l'objet d'une certification par tierce partie, Acermi ou équivalent, cette partie est incluse dans le référentiel de certification correspondant.

• Description des contrôles internes en usine

Le processus de contrôles est le suivant :

- matières premières : assurance qualité du fournisseur ;
- contrôles en cours de fabrication ;
- contrôles sur produit fini.

• Contrôles sur produit fini. Par exemple :

- masse surfacique : 1 fois par xxx ;
- largeur, longueur, rectitude : 1 fois par xxx ;
- résistance en traction ⁽¹⁾ : 1 fois par xxx ;
- allongement à rupture ⁽¹⁾ : 1 fois par xxx ;
- résistance à la déchirure au clou : 1 fois par xxx ;
- perméabilité à la vapeur d'eau : 1 fois par xxx.

Ces fréquences de contrôles sont fournies par le demandeur conformément à la norme produit ou aux référentiels concernant le produit.

1.7 Conditionnement et stockage

Le fabricant doit préciser :

- le mode de conditionnement du produit ;
- les conditions de stockage du produit.

1. Transversal et longitudinal.

1.8 Assistance technique

Description du mode d'assistance technique :

- formation (fournir le module de formation) ;
- démonstration sur chantier ;
- attestation de stage ou de suivi de formation ;
- support technique : guide de mise en œuvre, Internet (cohérence des informations communiquées par rapport au dossier technique), etc.

1.9 Mise en œuvre

La mise en œuvre doit être précisément décrite par un pas à pas du processus de pose, accompagné de détails d'exécution par des schémas et/ou commentaires :

- la mise en œuvre du système en partie courante : pose du produit réfléchissant et jonction des lés (écartement maximal entre lignes de fixations des lés et distance maximale entre deux fixations, le long des appuis des lés) ;
- la mise en œuvre du système aux jonctions linéiques (interfaces mur/plafond, mur/plancher...) ;
- la mise en œuvre du système aux points singuliers : fenêtres, pénétrations (tous types de conduit, câbles, tuyauterie, gaines de ventilation, etc.) ;
- mode d'application, supporté ou auto-portant (porté), mode et type de fixations, raccordement ou liaison de la technique proposée au reste de l'ouvrage (matériaux associés au produit), traitement des points singuliers, caractéristiques nominales de mise en œuvre, etc.

Les plans devront être explicites, clairs, cotés, sans référence commerciale et pouvoir être utilisés pour reproduction directe dans le dossier technique (format A4 maximum) : descriptif, plans, croquis et schémas nécessaires à la définition et à la compréhension de la technique d'isolation proposée.

Les schémas comportent les coupes en partie courante et au droit de l'ensemble des points singuliers.

1.10 Référence des chantiers réalisés

- Dates d'exécution.
- Maîtres d'ouvrage.
- Maîtres d'œuvre.
- Entrepreneurs.
- Contrôleurs techniques, selon le cas.
- Types de pose.
- Superficies.

2. Dossier technique

Il est destiné à apporter les justificatifs techniques argumentés (mesures, simulations numériques éventuelles, expérimentations...) sur l'aptitude à l'emploi du système à satisfaire aux exigences réglementaires minimales et de conformité aux normes et règlements, notamment RPC, REACH, pour le domaine d'emploi revendiqué.

2.1 Règles découlant des exigences de sécurité

2.1.1 Stabilité

Ce procédé ne participe pas à la stabilité de l'ouvrage.

La construction doit être telle qu'elle résiste dans son ensemble et dans chacun de ses éléments, à l'effet combiné de son propre poids des charges climatiques à l'État Limite Ultime et de charge correspondant à un usage normal.

2.1.2 Sécurité incendie

- Respect des réglementations en travaux neufs.
- Non-aggravation des risques en rénovation.
- Comportement en réaction au feu lorsque nécessaire pour les domaines d'emploi revendiqués.
- Dispositions spécifiques éventuelles vis-à-vis des équipements électriques.
- Analyse des risques spécifiques de propagation en lien avec les lames d'air.
- Incidence sur le comportement au feu des parois.

Le domaine d'emploi revendiqué est en fonction des justifications apportées par le demandeur. On distingue différents types de bâtiment :

- bâtiment relevant du Code du Travail, dont le dernier plancher bas accessible est à moins de 8 m du sol extérieur,
- bâtiment relevant du Code du Travail dont le dernier plancher bas accessible est à plus de 8 m du sol extérieur,
- ERP (établissements recevant du public),
- bâtiments d'habitation.

2.1.3 Environnement - Santé

Le demandeur apporte les preuves vis-à-vis de la conformité par rapport à la réglementation en vigueur et/ou vis-à-vis du règlement REACH.

2.2 Exigences vis-à-vis de la durabilité

Le produit en œuvre doit conserver ses caractéristiques pendant la durée de vie prévue.

Le demandeur justifiera que la durée de vie escomptée pour son ouvrage est compatible avec l'usage revendiqué.

Le produit en œuvre doit conserver ses caractéristiques pendant la durée de vie prévue. En particulier, le produit doit conserver :

- ses propriétés mécaniques ;
- sa résistance thermique ;
- sa faible émissivité sur les faces externes ;
- sa position dans la lame d'air.

Le demandeur doit pouvoir apporter les justifications de l'aptitude du produit en œuvre par rapport à l'application et à l'ouvrage, et notamment la conservation des performances pour une durée compatible avec la durée de l'ouvrage dans lequel le système est incorporé.

Le produit ne doit pas nuire au bon fonctionnement hygrothermique des parois et de l'ouvrage dans lesquels il est incorporé.

Le demandeur indiquera la durée de vie escomptée pour son ouvrage.

Il précisera la nature, la portée et la durée de la garantie offerte pour son produit.

2.2.1 Performances mécaniques

Actions mécaniques résultant :

- des manipulations lors de la mise en œuvre ;
- des effets des variations de température et d'humidité ;
- des effets des sollicitations mécaniques lors de la vie en œuvre ;
- des effets du vent, du poids propre et de la neige.

2.2.2 Exigences propres aux matériaux constitutifs

Tous les matériaux et constituants du système ainsi que les fixations et accessoires, collages, étanchéités doivent présenter une stabilité physico-chimique satisfaisante, compte tenu des conditions d'emploi (température, humidité...) et des réactions plus ou moins lentes qui peuvent se développer entre matériaux.

Les matériaux doivent être, le cas échéant, traités ou protégés pour éviter d'être dégradés par :

- des bactéries ;
- des rongeurs ;
- des insectes (mites, etc.) ;
- des termites ;
- des corrosions sèches, humides ou électrolytiques ;
- l'action d'ambiances agressives ou corrosives : air salin, solvants, air chloré (piscines) ;
- des cryptogames ou algues (croissance fongique).

2.2.3 Durabilité de l'ouvrage

• Action de la température et de l'humidité

Ni le froid, ni la chaleur, ni l'humidité ne doivent pouvoir exercer une action destructrice ou déformatrice permanente. La résistance à ces sollicitations est à évaluer selon l'usage, intérieur ou côté extérieur de la paroi, sans participation au clos et couvert, du système considéré.

La conception du procédé doit être telle qu'il ne puisse y avoir accumulation nuisible d'humidité due à l'eau ou la condensation de vapeur d'eau ni dans le produit, ni dans les ouvrages adjacents (charpentes, chevrons, planchers bois...).

À partir de la connaissance ou de la mesure de la perméance ou/et de la perméabilité à la vapeur d'eau des différents constituants de la paroi avec ses fixations, une étude par calcul doit établir s'il y a risque de condensation selon les indications de l'Annexe 2, dans les conditions d'applications visées et les montages afférents, dans le climat visé (climat de plaine : Nice et Nancy ; climat de montagne : La Pesse ; climat de bord de mer : Brest), et permet d'apporter les éléments de réponse concernant ce point.

Il convient ensuite de quantifier les quantités d'eau condensées, la durée des condensations et d'analyser les risques de désordre.

En particulier, s'il y a des risques de condensation autres que momentanés sur les faces externes peu émissives, une correction doit être apportée à l'émissivité.

Justifications par le raisonnement ou le calcul.

Ceci concerne surtout les dispositifs d'étanchéité périphériques au produit en cas de charpente métallique.

• Effet des réactions du gros-œuvre

Les variations dimensionnelles normales du gros-œuvre ne doivent provoquer aucun désordre. Justifications par le raisonnement et/ou d'ordre expérimental.

Essais spécifiques selon la nature des matériaux.

La conception du procédé, y compris les fixations et points singuliers, doit permettre de respecter cette exigence.

• Action des poussières

Dans le cas où l'une au moins des lames en contact avec le produit est ventilée, il y a risque de dépôt de poussières sur la face peu émissive, en regard le cas échéant.

Il convient d'apprécier, au cas par cas, l'incidence sur l'émissivité d'un dépôt de poussières :

- soit sur la base de prélèvements in-situ de produits d'au-moins 5 ans (situation urbaine) ;
- soit sur la base d'essais ;
- soit sur la base d'une valeur forfaitaire.

La valeur utile de l'émissivité est ensuite déduite des résultats de mesure.

2.3 Appréciation de l'aptitude à l'emploi

• Étanchéité à l'eau

Le procédé ne participe pas à l'étanchéité à l'eau de la paroi.

• Isolation thermique

La performance d'isolation thermique du procédé est exprimée :

- en résistance thermique utile du procédé, y compris la ou les lames d'air associées éventuelles ;
- en coefficient de déperdition de la paroi complète.

La performance thermique s'obtient, comme pour les autres procédés, par application des Règles Th U. Le calcul tient compte :

- de la résistance thermique utile du produit, en tenant compte des facteurs de vieillissement éventuels et de son taux d'humidité utile ;
- des résistances thermiques superficielles (interface produit/lame d'air) et des lames d'air associées, selon NF EN ISO 6946 et méthode générale en Annexe B, tenant compte de l'émissivité utile des faces externes du produit, de l'inclinaison de la paroi, du sens du flux et de la ventilation éventuelle des lames d'air ;
- des ponts thermiques intégrés éventuels (réduction d'épaisseur au droit des fixations, contact avec les ossatures...) de la paroi.

Ce calcul s'effectue sur la base :

- soit de valeurs mesurées (résistance thermique, émissivité, etc.) ;
- soit de valeurs forfaitaires.

Le calcul prend en compte :

- les émissivités utiles, c'est-à-dire en tenant compte de leurs évolutions dans le temps ;
- de la paroi, de son inclinaison, du mode de pose (ventilation ou non des lames d'air) et de la planéité des produits.

• Étanchéité à l'air

Le procédé n'a pas pour fonction d'assurer l'étanchéité à l'air d'un bâtiment. Cependant, il est nécessaire d'assurer une étanchéité à l'air des lames d'air adjacentes au produit réfléchissant.

La description de la mise en œuvre et des solutions de continuité proposées doit permettre d'apprécier le degré d'étanchéité à l'air et le niveau de ventilation des lames d'air (sur l'extérieur, sur l'intérieur ou entre elles) :

- en partie courante (raccords entre feutres multicouches, fixations, etc.) ;
- à la périphérie de l'écran réalisé en jonction avec les ouvrages adjacents (planchers, plafonds, murs, fenêtres, conduits et canalisations, fenêtres de toit, etc.).

Selon la conclusion de cette appréciation, les performances thermiques de la paroi peuvent être calculées par application des Règles Th U.

L'appréciation des risques, notamment de condensation, dus à d'éventuels défauts d'étanchéité dans les lames d'air peut se faire selon l'étude décrite en §2.2.3 (action de l'humidité).

Nota : Les dispositions constructives ainsi retenues peuvent contribuer à l'étanchéité à l'air de la paroi. Pour l'évaluation des systèmes d'étanchéité à l'air, se référer au e-cahier du CSTB n° 3710.

• Confort d'été

Le cas échéant, détermination de la contribution du procédé au confort d'été.

• Confort acoustique

Le cas échéant, détermination de l'indice d'isolement acoustique de la paroi.

La contribution du procédé s'effectue pour chaque bâtiment au moyen des règles Th E et Th I, à partir des données physiques du procédé (masse surfacique, résistance thermique, etc.).

2.4 Mise en œuvre

La mise en œuvre est traitée dans les Avis Techniques associés, notamment pour les points suivants :

- stockage sur chantier ;
- écartement entre lignes de fixation ;
- distance entre deux fixations successives ;
- type, épaisseur et largeur des supports ;
- réalisation des recouvrements ;
- traitement des points singuliers ;
- etc.

3. Qualité des produits et ouvrages

La fabrication doit permettre d'assurer aux composants et au système une qualité constante.

Les dispositions prévues pour le montage et la mise en œuvre des composants doivent être telles que, compte tenu des tolérances et des imperfections inhérentes au chantier, les règles précitées soient satisfaites.

La description des moyens mis en œuvre pour obtenir ce résultat a été fournie dans la partie descriptive au stade de la fabrication des éléments et au stade de la mise en œuvre.

Il convient ici de démontrer l'efficacité de ces moyens :

- les matières premières doivent faire l'objet de contrôles réguliers soit lors de leur fabrication, soit à réception avant assemblage dans le composant final afin d'assurer la constance de leurs caractéristiques physiques ;
- les produits finis doivent être contrôlés régulièrement pour certaines de leurs caractéristiques (dimensions, masse surfacique, etc.) ;
- pour le procédé en œuvre, en justifiant que les méthodes de mise en œuvre permettent d'obtenir une qualité finale satisfaisante dans des conditions normales d'utilisation.

Annexe 1

1. Évaluation

Cette annexe définit les caractéristiques minimales requises pour qualifier l'aptitude à l'emploi d'un procédé d'isolation utilisant un produit réfléchissant rapporté du côté intérieur. Pour les usages côté extérieur de la paroi, sans participation au clos et couvert (écran de sous-toiture ou pare-pluie), les seuils et les conditions de vieillissement accéléré sont définis par le référentiel correspondant.

Ces caractéristiques ne constituent pas une liste exhaustive d'exigences. Les particularités de chaque procédé doivent être évaluées pour chaque Avis Technique.

Nota : dans le cas où le produit fait l'objet d'une certification par tierce partie, cette partie est incluse dans le référentiel de certification correspondant.

1.1 Éléments du procédé

Un procédé d'isolation utilisant un produit réfléchissant à l'intérieur comprend *a minima* :

1.1.1 Le produit réfléchissant et les raccordements entre lés du produit et sur les supports constructifs, c'est-à-dire :

- un produit réfléchissant dont l'une ou les deux faces sont réfléchissantes ;
- un ou des éléments permettant de faire la jonction entre les lés du produit réfléchissant (adhésifs, mastics ou colles, par exemple) ;
- un ou des éléments permettant de faire la jonction entre des supports (bois, brique, parpaing, plaque de plâtre, plâtre, métal...) et le produit réfléchissant (adhésifs, mastics ou colles, par exemple).

1.1.2 Les accessoires de traitement des pénétrations :

- passes-câbles ;
- manchons ;
- etc.

Les différents éléments doivent être décrits lors de la demande d'évaluation :

- références des constituants du système ;
- description de leur nature et de leur fonction ;
- mode et schémas de pose et processus de mise en place.

1.2 Caractérisation du produit réfléchissant

Le produit réfléchissant du procédé est caractérisé selon les méthodes d'essais citées dans le tableau 1.

Nota : les valeurs seuil du tableau 1 correspondent à un usage intérieur (exemple, pare-vapeur). Pour les écrans de sous-toiture, se référer au cahier n° 3651_V2, e-Cahier du CSTB.

Tableau 1 – Caractérisation du procédé : méthodes d'essais

Propriété	Méthode d'essai	Unités	Critère de conformité seuil minimal	Spécification
Masse surfacique	NF EN 1849-2	g/m²	–	
Épaisseur	NF EN 16012 ou NF EN 823	mm	–	
Résistance à la déchirure au clou, sens longitudinal (L) et transverse (T) État initial	NF EN 12310-1 ou NF EN 12310-2	N	40 N pour des entraxes jusqu'à 60 cm 60 N pour des entraxes jusqu'à 90 cm	
Résistance à la traction, sens longitudinal (L) et transverse (T) État initial	NF EN 12311-2	N/50 mm	100 N	
Allongement à la rupture en traction, sens longitudinal (L) et transverse (T) État initial	NF EN 12311-2	%	Pour information Pas de critère de conformité	
Transmission à la vapeur d'eau État initial/État vieilli ⁽¹⁾	NF EN 1931 ou NF EN ISO 12572	m	–	
Stabilité dimensionnelle (si pertinent)	NF EN 1604 après 48 h de maintien dans une étuve à (70 ± 2) °C et (90 ± 5) % d'humidité relative		+ - 1 %	
Absorption d'eau à court terme (si pertinent) État initial	NF EN 1609	kg/m²	–	
Émissivité État initial/État vieilli ⁽²⁾	NF EN 16012 + <i>Annexe 3</i> ci-jointe		–	Essai sur les films réfléchissants externes
Résistance thermique État initial	NF EN 16012 + <i>Annexe 4</i> ci-jointe	m².K/W	–	
Réaction au feu	NF EN 13501-1 et NF EN 15715	Euroclasse	–	
Acoustique (si pertinent)	NF EN ISO 354		–	
Résistance à l'écoulement de l'air (si pertinent)	NF EN 29053		–	
Résistance à la corrosion	ISO 9227 : essais de corrosion en atmosphères artificielles – Essais aux brouillards salins		Détérioration du produit négligeable	Essai sur les films réfléchissants externes
Test de semi-rigidité (si pertinent) État initial	<i>Cahier CSTB</i> n° 2928		–	
Conditionnement du test de durabilité ⁽³⁾	(1) 70 °C, 12 semaines et NF EN 13984			
	(2) 70 °C, 90 % HR 28 jours et EN 16012			
(3) Pour les écrans de sous-toiture se référer au <i>e-Cahier du CSTB</i> 3651_V2.				

1.3 Caractérisation des jonctions entre les lés du produit réfléchissant

Pour chaque élément permettant de faire la jonction entre les lés de la membrane, le couple élément de jonction/membrane est caractérisé selon les normes NF EN 12317-2 et NF EN 12316-2.

Les résultats sont exprimés selon le tableau 2.

Les essais sont menés sur les deux faces lorsque celles-ci sont de natures différentes et selon les prescriptions du fabricant vis-à-vis du sens de pose.

Nota : les valeurs seuil du tableau ci-dessous correspondent à un usage intérieur (par exemple, pare-vapeur). Pour les usages côté extérieur de la paroi, sans participation au clos et couvert (par exemple, écran de sous-toiture ou pare-pluie), les seuils et les conditions de vieillissement accéléré sont définis par le référentiel correspondant.

Tableau 2 – Caractérisation des jonctions entre les lés : méthodes d'essai

Propriété	Méthode d'essai	Unités	Critère de conformité
Résistance au cisaillement, sens longitudinal (L) et/ou transverse (T) État initial	NF EN 12317-2 Pour les adhésifs, largeur utile testée Pour les mastics : recouvrement de 12,5 (± 1) mm Délai de stabilisation avant essai : - mastic : une semaine, ou défini par le fabricant - adhésif : 24 heures ou défini par le fabricant	N/50 mm	≥ 40 N
Résistance au cisaillement, sens longitudinal (L) et/ou transverse (T) si pertinent Après vieillissement	NF EN 12317-2 (*)	N/50 mm	Supérieure ou égale à 50 % de la valeur initiale et 30 N minimum après vieillissement
Détermination de la résistance au pelage	NF EN 12316-2 (*) Pour les adhésifs, largeur utile testée Pour les mastics, recouvrement de 12,5 mm	N/50 mm	≥ 25 N
Transmission à la vapeur d'eau Après vieillissement	NF EN 1931 ou NF EN ISO 12572	m	Supérieure ou égale à la valeur du produit réfléchissant seul.
(*) Mise sous pression du ruban adhésif pour essai de pelage et de cisaillement. Exemple : pour les rubans adhésifs standard de largeur 60 mm, le protocole peut être constitué, par exemple, d'une « roulette » de 5 kg sur la bande adhésive (4 passages = 2 « aller-retour »).			
Conditionnement du test de durabilité	70 °C, 90 % HR 28 jours		

1.4 Caractérisation des jonctions entre les supports et le produit réfléchissant

Pour chaque élément permettant de faire la jonction entre un support de construction et le produit réfléchissant, l'ensemble support/élément de jonction/couche du produit réfléchissant (face concernée) sera caractérisé selon la norme NF EN 12316-2.

Le test de traction ou pelage sera fait sur un support conventionnel type étanche et lisse (acier galvanisé : fourrure) et un support conventionnel poreux (brique en terre cuite ou planelle béton).

Les résultats sont exprimés selon le tableau 3.

Tableau 3 – Caractérisation des jonctions entre les supports et le produit réfléchissant

Propriété	Détermination de la résistance au pelage à 90 °C
Support	Métal Béton Brique
Élément de jonction	NF EN 12 316-2 Pour les adhésifs, largeur utile testée Pour les mastics, recouvrement de 12,5 (± 1) mm
Méthode d'essai	
Unités	N/50 mm
Critère de conformité	≥ 40 N

1.5 Caractérisation des éléments permettant de réaliser des pénétrations ponctuelles du produit réfléchissant

Pour les accessoires incluant un adhésif différent de ceux testés précédemment, des essais identiques à ceux des chapitres 1-3- ou 1-4-, selon la pertinence, sont réalisés (couple membrane/accessoire).

1.6 Caractéristiques déclarées à la suite de l'évaluation (documents commerciaux et/ou techniques et marquage des emballages)

- La nature du produit réfléchissant.
- La longueur et la largeur.
- la masse surfacique en g/m².
- La caractéristique de transmission à la vapeur d'eau Sd en m.

Annexe 2

2. Simulation hygrothermique

Pour déterminer les températures et humidités relatives atteintes par les faces du produit réfléchissant, des simulations hygrothermiques doivent être effectuées.

Le transport d'humidité en milieu poreux résulte d'une composition de différents phénomènes à l'origine du mouvement de chacune des phases présentes (liquide et vapeur). La part de chacun de ces mécanismes sur la quantité d'eau fixée dépend particulièrement des propriétés du matériau (porosité), des conditions climatiques dans lesquelles il est placé (pression et température) et enfin de la nature de la phase aqueuse (liquide ou vapeur). On abordera successivement les transferts dans la phase gazeuse, puis les transferts induits par la présence de pores remplis d'eau.

Les phénomènes physiques de transferts couplés de chaleur et d'humidité sont à l'heure actuelle assez largement connus. Ils résultent du transport simultané des phases liquide et gazeuse présentes dans le milieu poreux.

2.1 Hypothèses

Les équations hygrothermiques spécifiées ci-après reposent sur les hypothèses suivantes :

- une géométrie constante, sans gonflement ni retrait ;
- l'absence de réactions chimiques ;
- la chaleur latente de sorption est égale à la chaleur latente de condensation/évaporation ;
- l'absence de modification des propriétés des matériaux par détérioration ou vieillissement ;
- l'équilibre local entre liquide et vapeur, sans hystérésis ;
- la capacité hydrique ne dépend pas de la température ;
- les gradients de température et de pression barométrique n'affectent pas la diffusion de vapeur.

Le développement des équations est fondé sur la conservation de l'énergie et de l'humidité. Les équations d'équilibre sont l'expression mathématique des lois de conservation. La quantité conservée varie dans le temps, seulement si elle est transférée dans des volumes de contrôle voisins.

Pour les configurations des parois, les hypothèses suivantes sont prises :

- le pare-vapeur est supposé continu et correctement posé (aucun trou) ;
- une lame d'air complètement enfermée dans la paroi sera considérée comme non ventilée ;
- la température et l'humidité d'une lame d'air donnant sur l'extérieur seront celles de l'ambiance extérieure ;
- la température et l'humidité d'une lame d'air donnant sur l'intérieur seront celles de l'ambiance intérieure ;
- les transferts d'air sont négligés.

2.2 Transferts de chaleur et d'humidité

Le flux de chaleur se traduit par une variation d'enthalpie du matériau.

Cette variation est principalement due à deux phénomènes distincts :

- d'une part au gradient de la densité de flux de chaleur, qui est proportionnel à la conductivité du matériau et au gradient de température (loi de Fourier) ;
- et d'autre part au gradient du flux de chaleur transporté par le flux d'humidité ($q_l + q_v$).

Par hypothèse, seul l'apport de chaleur dû au changement de phase (liquide-vapeur) est conservé (les capacités thermiques massiques de l'eau liquide et de la vapeur sont nettement inférieures à la chaleur latente de vaporisation).

$$q_l + q_v = g_l c_l T + g_v (c_v T + h_v) \quad [1]$$

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \nabla \cdot (\lambda \nabla T) + \nabla \cdot (h_v \delta_p \nabla p_v) \quad [2]$$

Le transport de l'humidité se fait par l'intermédiaire des deux phases en présence : la phase liquide et la phase vapeur.

$$\frac{\partial w}{\partial t} = -\nabla \cdot (g_l + g_v) \quad [3]$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} = \nabla \cdot (K_l \nabla p_s + \delta_p \nabla p_v) = \nabla \cdot (K_l \frac{\partial p_s}{\partial w} \nabla w + \delta_p \nabla p_v) \quad [4]$$

w est la teneur en eau totale, qu'elle soit sous forme liquide ou vapeur.

2.3 Propriétés des matériaux

Le tableau 4 fournit une liste de propriétés des matériaux et indique les sources pour les valeurs tabulées et les méthodes de mesure.

Tableau 4 – Propriété des matériaux

Caractéristique		Symbole	Valeurs tabulées	Méthode d'essais
Masse volumique sèche		ρ	Règles Th U, Fascicule 2	EN 1602
Porosité		ε		
Chaleur spécifique		c	Règles Th U, Fascicule 2	NF EN 821-3
Conductivité thermique	èche	λ_s		NF EN 12667
	Courbe en fonction de la température	λ_T		PR NF EN ISO 22007 NF EN ISO 104565
	Courbe en fonction de l'humidité	λ_ϕ		PR NF EN ISO 22007 NF EN ISO 104565
Résistance aux transferts de vapeur d'eau		μ	Règles Th U, Fascicule 2	NF EN ISO 12572
Courbe de sorption		W_ϕ		NF EN ISO 12571
Perméabilité d'eau liquide		K_l		NF EN ISO 15148

Les caractéristiques disponibles doivent être choisies dans l'ordre de préférence suivant :

- 1^{er} choix : valeurs mesurées par des laboratoires notifiés ;
- 2^e choix : valeurs tabulées.

Les caractéristiques de sorption des panneaux de contreventement et des isolants doivent être mesurées par un laboratoire notifié.

La résistance aux transferts de vapeur d'eau des panneaux de contreventement et de l'enveloppe du produit réfléchissant aux transferts de vapeur d'eau doit être mesurée par un laboratoire indépendant.

2.4 Conditions initiales

Les conditions initiales des différents matériaux seront prises égales à :

- 20 °C pour la température,
- 80 % HR pour l'humidité,

ceci pour tous les matériaux utilisés dans la paroi.

2.5 Conditions aux limites

Dans le cas où les conditions aux limites sont de type Neumann (flux imposé), la concentration de vapeur à la frontière de la paroi s'établit par transfert convectif, modélisé par une loi d'échange de ce type :

$$g_v = h_m [(\rho_v)_{\text{frontière}} - (\rho_v)_{\text{ambiance}}] \quad [14]$$

Parallèlement, les transferts de chaleur aux frontières sont de deux types : soit convectif, soit radiatif. La loi traduisant les échanges convectifs thermiques est analogue à la précédente faisant intervenir un coefficient d'échange thermique h_c :

$$q = h_c [T_{\text{frontière}} - T_{\text{ambiance}}] \quad [15]$$

Dans les fluides libres, il existe une relation entre h_c et h_m :

$$h_m = h_c \frac{D_{v0}}{\lambda_{\text{ambiant}}} \quad [16]$$

D_{v0} est le coefficient de diffusion de la vapeur dans l'air ambiant ($D_{v0} = 2,5 \cdot 10^{-5} \text{ m}^2\text{s}^{-1}$)

L'évaluation des risques encourus nécessite une bonne connaissance du climat environnant. En effet, l'humidité relative, la température mais aussi la pluie battante, le vent et l'ensoleillement sont autant de paramètres intervenant dans la création d'une ambiance environnante plus ou moins propice à ces problèmes d'humidité.

Les coefficients surfaciques à utiliser pour les simulations sont ceux définis dans la Règlementation Thermique suivant l'inclinaison de la paroi et du sens du flux (voir Règles Th U).

2.6 Conditions externes

Le climat extérieur sera celui de :

- Nancy et Nice, pour le climat de plaine,
- La Pesse, pour le climat de montagne,
- Brest, pour le climat de bord de mer.

Le climat doit provenir soit de Météo France, soit du logiciel MétéoNorm.

Les données seront indiquées heure par heure (temps, pluviométrie, vitesse du vent, direction du vent, flux énergétique solaire direct, flux solaire diffus, température et humidité relative).

Les données principales seront la température et l'humidité relative.

La paroi sera exposée au sud.

2.7 Conditions internes

Pour l'ambiance intérieure, l'humidité relative correspond à la quantité d'eau contenue dans l'air extérieur qui entre dans le local, à laquelle est ajoutée la quantité d'eau produite à l'intérieur du local (cuisson, production humaine, etc.).

La production de vapeur est définie par :

$$\Delta v = \frac{G}{nV} = v_i - v_e = W / n \quad [17]$$

avec :

G : taux de production d'humidité intérieure en kg/h

n : taux de renouvellement d'air en h⁻¹

V : volume intérieur du bâtiment en m³

Un ensemble de valeurs est donné pour approximer Δv (appelé également « classe d'hygrométrie » et noté W/n) dépendant de la classe du bâtiment.

Les valeurs de W/n définies dans les DTU sont répertoriées dans le tableau 5 :

Tableau 5 – Excès d'humidité pour chaque classe d'hygrométrie

Classe d'hygrométrie	W/n	Bâtiment
Faible	$W/n \leq 2,5 \text{ g/m}^3$	Zone de stockage, bureau, commerce
Moyenne	$2,5 \text{ g/m}^3 < W/n \leq 5 \text{ g/m}^3$	Logements à faible taux d'occupation
Forte	$5 \text{ g/m}^3 < W/n \leq 7,5 \text{ g/m}^3$	Logements à fort taux d'occupation, gymnases, cuisines, cantines,
Très forte	$7,5 \text{ g/m}^3 < W/n$	Bâtiments spéciaux : piscines, brasseries, laveries

Lors de la détermination des risques de condensation par simulation, le climat intérieur sera défini à partir de la quantité d'eau contenue dans l'air extérieur. Une teneur en eau complémentaire de 5 g/m³ de vapeur d'eau sera ajoutée, hormis du 1^{er} mai au 30 septembre, période pendant laquelle l'ouverture des fenêtres est considérée comme suffisante pour évacuer la vapeur d'eau produite.

La température intérieure sera :

- égale à 20 °C du 1^{er} octobre au 30 avril ;
- égale à 25 °C du 1^{er} juillet au 31 août ;
- croissante linéairement entre le 1^{er} mai et le 30 juin de 20 °C à 25 °C ;
- décroissante linéairement entre le 1^{er} septembre et le 30 septembre de 25 °C à 20 °C.

Annexe 3

3. Méthode de mesure de l'émissivité

L'émissivité est mesurée selon la méthode décrite en Annexe D de la norme NF EN 16012 (juin 2012), *Isolation thermique des bâtiments – Produits d'isolation réfléchissants – Détermination de la performance thermique déclarée*, avec les conditionnements définis dans le présent document.

3.1 Émissivité statistique

L'émissivité statistique est déterminée par la formule suivante :

$$\varepsilon_s = \varepsilon_m + k \cdot \sigma_\varepsilon + \Delta\varepsilon$$

ε_m : émissivité moyenne initiale, déterminée comme étant la moyenne de tous les résultats d'essais effectués avant le conditionnement de vieillissement.

$\Delta\varepsilon = 0$ en présence d'un contrôle hebdomadaire de l'émissivité par le fabricant.

$\Delta\varepsilon \neq 0$ en l'absence d'un contrôle hebdomadaire de l'émissivité par le fabricant :

- $\Delta\varepsilon = 0,02$ si $\varepsilon_m \leq 0,10$
- $\Delta\varepsilon = 0,05$ si $0,10 < \varepsilon_m \leq 0,30$
- $\Delta\varepsilon = 0,10$ si $0,30 < \varepsilon_m$

3.2 Facteur de vieillissement

Le facteur de vieillissement est déterminé en comparant les émissivités mesurées sur 4 séries d'éprouvettes, après 4 conditionnements différents :

1. L'émissivité ε_1 est la moyenne des émissivités mesurées sur 4 éprouvettes sans vieillissement (état initial, cf. paragraphes précédents).
2. L'émissivité ε_2 est obtenue par mesure sur 4 éprouvettes soumises à un rayonnement UV, puis maintenues en ambiance sèche à 70 °C pendant 200 heures.

La durée du rayonnement UV est fonction de la nature de l'emballage du produit :

- si l'emballage protège le produit des rayonnements UV (UVB 290-320 nm), le produit doit être soumis à un rayonnement UV pendant 200 h à 45 °C et 90 % d'HR,
- dans le cas contraire, le produit doit être soumis à un rayonnement UV pendant 500 h à 45 °C et 90 % d'HR.

ε_2 est la moyenne arithmétique des 4 résultats.

3. L'émissivité ε_3 est obtenue par mesure sur 4 éprouvettes après conditionnement pendant 28 jours à 70 °C et 90 % d'HR.

ε_3 est la moyenne arithmétique des 4 résultats.

4. L'émissivité ε_4 est obtenue par mesure sur 4 éprouvettes après conditionnement pendant 60 jours à 70 °C et 90 % d'HR.

ε_4 est la moyenne arithmétique des 4 résultats.

Le facteur de correction F_a est défini par la formule suivante :

$$F_a = \max(\varepsilon_i / \varepsilon_1)$$

L'émissivité après vieillissement est : $\varepsilon = \varepsilon_s \times F_a$

3.3 Facteur de poussière

Si l'une des faces du produit est destinée à être utilisée au contact de lames d'air fortement ventilées après son installation, selon la définition de l'EN ISO 6946, l'émissivité doit être définie par une étude spécifique. En absence d'une telle étude : $\varepsilon = 0,9$.

Si les faces du produit sont prévues pour fonctionner dans les deux conditions, les émissivités doivent être respectivement déclarées pour chaque surface du produit. C'est le cas lorsqu'une face est en contact avec une lame d'air ventilée et l'autre avec une lame d'air non ventilée.

3.4 Facteur d'impression

Lorsque plus de 5 % de la surface du produit est recouverte par l'appellation commerciale du produit ou toute autre information, l'émissivité du produit est calculée comme la moyenne surfacique des parties imprimées et non imprimées, en considérant que l'émissivité de la partie imprimée est égale à 0,9 :

$$\varepsilon = 0,9 \times \% \text{ surface imprimée} + \varepsilon_s \times F_a \times \% \text{ surface non imprimée}$$

Annexe 4

4. Détermination de la résistance thermique

Dans le cas où le produit fait l'objet d'une certification par tierce partie, cette partie est incluse dans le référentiel de certification correspondant.

4.1 Méthode de mesure de la résistance thermique

La résistance thermique est déterminée selon la norme NF EN 16012 – *Isolation thermique des bâtiments – Produits d'isolation réfléchissants – Détermination de la performance thermique déclarée*, avec les conditionnements définis dans le présent document :

- résistance thermique intrinsèque du produit,
- résistance thermique des lames d'air avoisinant le produit.

4.2 Règles d'attribution des caractéristiques thermiques utiles de la résistance intrinsèque du produit

La résistance thermique utile est attribuée à partir de la résistance thermique obtenue par le laboratoire et suivant l'option suivante choisie par le demandeur.

• Option 1 : Valeurs thermiques par défaut

En l'absence de résultats d'essais de type et en l'absence de valeurs tabulées dans des documents de références (normes, Règles Th-Bât, ...), l'examen du dossier peut être soumis au Groupe Spécialisé pour avis ou pour décision éventuelle sur les caractéristiques thermiques à attribuer au produit.

• Option 2 : Valeurs thermiques à partir d'essais de type

Sur demande du fabricant, une valeur spécifique peut être déterminée après essais.

Cette option ne nécessite pas un autocontrôle régulier de mesure de la conductivité thermique en usine.

Une étude expérimentale préalable est nécessaire sur 4 dates de fabrication.

La méthode d'évaluation est décrite dans cette annexe.

La mesure de la résistance thermique moyenne lors de l'instruction de la demande est mesurée par un laboratoire accrédité.

Les valeurs de la résistance thermique attribuées sont obtenues sur la base de résultats d'essais en tenant compte des facteurs suivants :

- calcul de la résistance thermique selon un fractile 90/90,
- application des règles de calcul des ouvrages (Th-Bât) qui prévoient l'application d'un coefficient de sécurité de 15 % sur la résistance thermique en l'absence d'une certification ou équivalent,
- application d'un coefficient de sécurité autre que celui des Règles Th-Bât, au cas par cas, selon l'appréciation par le Groupe Spécialisé du système d'auto-contrôle mis en place par le fabricant.

• Option 3 : Valeurs thermiques avec suivi régulier de mesures thermiques, certification

Sur demande du fabricant, une valeur de la résistance thermique du produit peut être attribuée sur la base d'une certification ACERMI ou autre.

Pour l'option avec suivi, un test de conformité doit être effectué pour les essais réalisés à l'admission et en suivi biannuel, conformément au Règlement ACERMI.

4.3 Règles d'attribution des caractéristiques thermiques utiles de la résistance intrinsèque des lames d'air

La résistance thermique des lames d'air est donnée dans le tableau 6.

À partir de l'émissivité utile (Annexe 3), les résistances thermiques R_a des lames d'air non ventilées ou faiblement ventilées en contact direct avec le produit réfléchissant sont calculées selon la norme NF EN ISO 6946 et Th-Bât.

Tableau 6 – Résistance thermique des lames d'air

Résistance thermique des lames d'air non ventilées ou faiblement ventilées		Épaisseur nominale de la lame d'air à la pose ⁽¹⁾
		≥ 27 mm
		Épaisseur utile minimale de la lame d'air
		20 mm
Paroi verticale (pied droit de comble) (flux horizontal (2))	Cas 1 Cas 2(4)(4)
Plancher de comble ou rampant (3) (flux ascendant)	Cas 1 Cas 2(4)(4)

(1) L'écart entre épaisseur nominale et épaisseur utile minimale est dû aux tolérances de pose.
(2) Paroi inclinée jusqu'à 30 ° par rapport au plan vertical.
(3) Paroi inclinée jusqu'à 60 ° par rapport au plan horizontal.
(4) Valeurs déterminées selon l'émissivité hémisphérique utile (Annexe 3).

Important : En cas de lame d'air faiblement ventilée, la résistance thermique des couches situées entre la lame d'air et l'ambiance extérieure est égale à 0,15 m².K/W.

• Cas 1 : Lame d'air non ventilée

Une lame d'air comportant de petites ouvertures vers l'ambiance extérieure peut être considérée comme une lame d'air non ventilée, si ces ouvertures ne sont pas disposées de façon à permettre un écoulement d'air traversant et si elles ne dépassent pas :

- 500 mm² par mètre de longueur comptée horizontalement pour les lames d'air verticales ;
- 500 mm² par m² de superficie pour les lames d'air horizontales ;

En pratique, il convient d'éliminer toute fente de plus de 0,5 mm.

• Cas 2 : Lame d'air faiblement ventilée

Il s'agit de lames d'air dans lesquelles il y a un écoulement d'air limité du fait d'ouvertures communiquant avec l'ambiance extérieure, comprises dans les plages suivantes :

- > 500 mm² mais < 1 500 mm² par m de longueur comptée horizontalement pour les lames d'air verticales ;
- > 500 mm² mais < 1 500 mm² par m² de superficie pour les lames d'air horizontales.

En pratique, il convient d'éliminer toute fente de plus de 1,5 mm.

• Autre cas : lame d'air fortement ventilée

En cas de lame d'air fortement ventilée sur l'extérieur, l'isolation thermique de la lame d'air est négligeable ainsi que celle des couches situées entre la lame d'air et l'ambiance extérieure (Règles Th-Bât, Fascicule 4/5).

SIÈGE SOCIAL

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | www.cstb.fr

CSTB
le futur en construction

CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT | MARNE-LA-VALLÉE | PARIS | GRENOBLE | NANTES | SOPHIA ANTIPOLIS