



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS  
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

[www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr](http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr)

GUIDE

**ISOLATION THERMIQUE  
PAR L'INTÉRIEUR**

JUIN 2015

RENOVATION

# ÉDITO

Le Grenelle Environnement a fixé pour les bâtiments neufs et existants des objectifs ambitieux en matière d'économie et de production d'énergie. Le secteur du bâtiment est engagé dans une mutation de très grande ampleur qui l'oblige à une qualité de réalisation fondée sur de nouvelles règles de construction.

Le programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » a pour mission, à la demande des Pouvoirs Publics, d'accompagner les quelque 370 000 entreprises et artisans du secteur du bâtiment et l'ensemble des acteurs de la filière dans la réalisation de ces objectifs.

Sous l'impulsion de la CAPEB et de la FFB, de l'AQC, de la COPREC Construction et du CSTB, les acteurs de la construction se sont rassemblés pour définir collectivement ce programme. Financé dans le cadre du dispositif des certificats d'économies d'énergie grâce à des contributions importantes d'EDF (15 millions d'euros) et de GDF SUEZ (5 millions d'euros), ce programme vise, en particulier, à mettre à jour les règles de l'art en vigueur aujourd'hui et à en proposer de nouvelles, notamment pour ce qui concerne les travaux de rénovation. Ces nouveaux textes de référence destinés à alimenter le processus normatif classique seront opérationnels et reconnus par les assureurs dès leur approbation ; ils serviront aussi à l'établissement de manuels de formation.

Le succès du programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » repose sur un vaste effort de formation initiale et continue afin de renforcer la compétence des entreprises et artisans sur ces nouvelles techniques et ces nouvelles façons de faire. Dotées des outils nécessaires, les organisations professionnelles auront à cœur d'aider et d'inciter à la formation de tous.

Les professionnels ont besoin rapidement de ces outils et « règles du jeu » pour « réussir » le Grenelle Environnement.

**Alain MAUGARD**

Président du Comité de pilotage du Programme  
« Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »  
Président de QUALIBAT



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS

## « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

Ce programme est une application du Grenelle Environnement. Il vise à revoir l'ensemble des règles de construction, afin de réaliser des économies d'énergie dans le bâtiment et de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

[www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr](http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr)

# AVANT-PROPOS

Afin de répondre au besoin d'accompagnement des professionnels du bâtiment pour atteindre les objectifs ambitieux du Grenelle Environnement, le programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » a prévu d'élaborer les documents suivants :

Les **Recommandations Professionnelles** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents techniques de référence, préfigurant un avant-projet NF DTU, sur une solution technique clé améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur vocation est d'alimenter soit la révision d'un NF DTU aujourd'hui en vigueur, soit la rédaction d'un nouveau NF DTU. Ces nouveaux textes de référence seront reconnus par les assureurs dès leur approbation.

Les **Guides** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents techniques sur une solution technique innovante améliorant les performances énergétiques des bâtiments. Leur objectif est de donner aux professionnels de la filière les règles à suivre pour assurer une bonne conception, ainsi qu'une bonne mise en œuvre et réaliser une maintenance de la solution technique considérée. Ils présentent les conditions techniques minimales à respecter.

Les **Calepins de chantier** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des mémentos destinés aux personnels de chantier, qui illustrent les bonnes pratiques d'exécution et les dispositions essentielles des Recommandations Professionnelles et des Guides « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 ».

Les **Rapports** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » présentent les résultats soit d'une étude conduite dans le cadre du programme, soit d'essais réalisés pour mener à bien la rédaction de Recommandations Professionnelles ou de Guides.

Les **Recommandations Pédagogiques** « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont des documents destinés à alimenter la révision des référentiels de formation continue et initiale. Elles se basent sur les éléments nouveaux et/ou essentiels contenus dans les Recommandations Professionnelles ou Guides produits par le programme.

L'ensemble des productions du programme d'accompagnement des professionnels « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » est mis gratuitement à disposition des acteurs de la filière sur le site Internet du programme : <http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr>



# Sommaire

<b>1 - Préambule .....</b>	<b>7</b>
1.1. • L'enjeu des travaux de réhabilitation .....	7
1.2. • Diagnostic et connaissance de l'existant .....	8
1.3. • Des solutions qui peuvent émerger à l'issue d'un diagnostic.....	8
1.4. • Des exigences réglementaires à satisfaire, parfois antinomiques.....	9
1.5. • Les objectifs essentiels de ce guide.....	9
1.6. • Le contenu des fiches techniques .....	11
<b>2 - Introduction .....</b>	<b>13</b>
2.1. • L'isolation thermique par l'intérieur.....	13
2.2. • Une technique traditionnelle en France .....	14
2.3. • Un diagnostic préalable indispensable avant d'entreprendre les travaux .....	15
<b>3 - Domaine d'application.....</b>	<b>16</b>
<b>4 - Réglementation, normes et autres documents de référence.....</b>	<b>18</b>
<b>5 - Matériaux isolants utilisés pour la rénovation thermique du bâti.....</b>	<b>19</b>
5.1. • Les principaux isolants utilisés .....	19
5.2. • Isolants en vrac soufflés .....	19
5.3. • Produits réfléchissants .....	20
5.4. • Complexes et sandwichs d'isolation thermique intérieure .....	20
5.5. • Isolants insufflés ou projetés mécaniquement.....	20
<b>6 - Procédés d'isolation (solutions techniques) pour la rénovation thermique du bâti.....</b>	<b>21</b>
6.1. • Isolation thermique des combles perdus ou difficilement accessibles .....	21
6.2. • Isolation thermique des combles aménagés.....	27
6.3. • Cas des planchers hauts.....	31
6.4. • Parois verticales .....	32
<b>7 - Diagnostic de l'existant .....</b>	<b>42</b>
7.1. • Description du bâtiment.....	43
7.2. • Description du bâti existant et des équipements associés .....	46
7.3. • Constat de l'état des parois et des produits et équipements intégrés.....	55
<b>8 - Aide au choix du procédé d'isolation thermique ou thermo-acoustique .....</b>	<b>66</b>



8.1. • Performances attendues .....	67
8.2. • Hygrothermie .....	78
8.3. • Étanchéité à l'air.....	95
8.4. • Dispositions concernant la ventilation des locaux.....	98
8.5. • Isolement acoustique .....	102
8.6. • Sécurité incendie.....	108
8.7. • Impacts environnementaux et sanitaires .....	112
8.8. • Stabilité et durabilité .....	114
8.9. • Comportement sous sollicitations sismiques.....	117

## 9 - Phases de réalisation de l'ouvrage et gestion des interfaces ..... 121

9.1. • Préparation des travaux.....	121
9.2. • Spécificités du chantier : sécurité des travailleurs et prévention des risques sanitaires et écologiques .....	123
9.3. • Fiches techniques.....	124
Fiche 1 – Principes de mise en œuvre de l'isolation thermique dans les combles perdus : cas de l'isolant posé déroulé sur des plafonds ou des planchers .....	126
Fiche 2 – Principes de mise en œuvre de l'isolation thermique dans les combles perdus : cas de l'isolant à base de laine minérale ou de fibres végétales en vrac soufflé sur des plafonds ou des planchers....	135
Fiche 3 – Principes de mise en œuvre de l'isolation thermique dans les combles perdus : cas des panneaux et des rouleaux d'isolants (laine minérale, fibres végétales ou textiles) en plafond horizontal sous plancher.....	142
Fiche 4 – Principes de mise en œuvre de l'isolation thermique dans les combles aménagés : cas de l'isolation des plafonds inclinés ou horizontaux. Procédés avec plaques de plâtre ou lambris sur ossature bois ou métallique.....	150
Fiche 5 – Principes de mise en œuvre de l'isolation thermique dans les combles aménagés : cas de l'isolation des plafonds inclinés ou horizontaux. Procédés avec plaques de plâtre ou lambris sur ossature bois ou métallique et membrane d'étanchéité à l'air sans écran HPV sous toiture.....	160
Fiche 6 – Principes de mise en œuvre de l'isolation thermique dans les combles aménagés : cas de l'isolation des plafonds inclinés ou horizontaux. Procédé avec complexes et sandwichs de doublage plaques de plâtre – isolant vissées sur ossature bois ou métal .....	169
Fiche 7 – Principes de mise en œuvre de l'isolation thermique dans les combles aménagés : cas de l'isolation thermique des pieds-droits ....	176
Fiche 8 – Principes de mise en œuvre de l'isolation thermique des parois verticales : cas des complexes d'isolation thermique (plaque-isolant) collés ou fixés mécaniquement sur mur béton ou maçonnerie .....	178
Fiche 9 – Contre-cloisons avec parement en plaques de plâtre et panneaux ou rouleaux de laine minérale sur ossature métallique avec appuis intermédiaires clipsés, en doublage de mur béton ou maçonnerie (NF DTU 25.41) .....	187
Fiche 10 – Contre-cloisons avec parement plaques de plâtre et panneaux ou rouleaux de laine minérale , sur ossature métallique sans appui intermédiaire, en doublage de mur béton ou maçonnerie (NF DTU 25.41) .....	195
Fiche 11 – Contre-cloisons avec parement plaques de plâtre et panneaux ou rouleaux de laine minérale , sur ossature bois, en doublage de mur béton ou maçonnerie .....	203
Fiche 12 – Contre-cloison avec parement plaques de plâtre, panneaux ou rouleaux de laine minérale et membrane d'étanchéité sur ossature métallique en doublage de mur béton ou maçonnerie .....	213
Fiche 13 – Panneaux et rouleaux de laine minérale avec parement intérieur en doublage sur contre-lattage bois de murs à ossature bois (DTU 31.2) .....	215



Fiche 14 – Sandwiches d'isolation thermique (plaque-isolant-plaque) fixés sur ossature bois .....	217
9.4. • Liaisons et points singuliers à traiter .....	223
9.5. • Coordination entre corps d'état.....	240
9.6. • Suivi de chantier .....	240

## 10 - Réception des travaux.....241

10.1. • Planéité.....	241
10.2. • Aspect.....	241
10.3. • Étanchéité à l'air .....	241
10.4. • Fourniture des justificatifs techniques.....	241

## 11 - Annexes.....242

ANNEXE A : Résumé de la phase diagnostic .....	243
Annexe B : Évolution des réglementations thermiques concernant le bâti ancien.....	244
Annexe C : Évolution des règlements de la ventilation des logements.....	245
Annexe D : classement des déchets et produits concernés .....	247
Annexe E : Liaisons et points singuliers à traiter.....	249
Annexe F : Statut actuel des techniques d'isolation thermique par l'intérieur .....	250



# Préambule

# 1



## 1.1. • L'enjeu des travaux de réhabilitation

Toute opération de rénovation est une occasion privilégiée de traiter l'ensemble des critères de confort, de qualité, de sécurité, d'énergie, etc. L'enjeu des travaux de réhabilitation va naturellement au-delà du seul aspect énergétique. La mise en œuvre des solutions techniques d'isolation par l'intérieur doit être considérée non seulement du point de vue de la performance énergétique mais également de la qualité sanitaire du bâti et de sa durabilité en portant une attention particulière au confort et à la santé des occupants. Pour cela, Il est important de considérer toute action de rénovation dans sa globalité avec une approche multicritère.

En améliorant la performance thermique des parois, on réduit les déperditions, et par conséquent les dépenses de chauffage, et on augmente le confort. Pour cela, il convient de choisir la technique la plus adaptée en portant une attention permanente à sa mise en œuvre et aux impacts (répercussions) que celle-ci aura sur le confort thermique hiver comme été, sur le confort acoustique, la sécurité incendie ainsi que la qualité de l'air intérieure et l'équilibre hygrothermique du bâti.



**Il est important de respecter scrupuleusement les règles de l'art de mise en œuvre pour permettre d'atteindre dans l'ouvrage fini les performances déclarées et/ou certifiées des isolants.**



## 1.2. • Diagnostic et connaissance de l'existant

Avant d'engager des travaux de réhabilitation, il est primordial de réaliser un état des lieux sur :

- la structure, l'état et la qualité du bâtiment, en recensant les pathologies sanitaires éventuelles existantes dues à l'humidité notamment (remontées capillaires, condensations, moisissures, etc.), les équipements techniques mis en place, leur vétusté et leur conformité aux normes et aux réglementations en vigueur ;
- l'application des normes et des réglementations en vigueur visant l'hygiène, la sécurité, le confort acoustique l'impact sur l'environnement.

Ce diagnostic préalable aidera à la définition des travaux à réaliser en prenant en compte l'ensemble des problématiques du bâti et les besoins des usagers.

## 1.3. • Des solutions qui peuvent émerger à l'issue d'un diagnostic

À l'issue d'un diagnostic, plusieurs types de solutions peuvent émerger :

- isoler thermiquement le bâtiment dans sa globalité (façades, refends, planchers bas, toitures), ou partiellement au regard des contraintes du bâti, de la configuration et de l'aménagement des locaux ;
- choisir la technique d'isolation thermique à mettre en œuvre, par l'intérieur ou par l'extérieur, en tenant compte de la spécificité des façades, des contraintes architecturales et de l'étendue de la rénovation thermique ;
- exploiter les prédispositions avantageuses : orientation du bâtiment avec des ouvertures plein sud pour bénéficier des apports solaires passifs en hiver et des dispositifs d'occultation permettant de les minimiser pendant la période d'été ;
- favoriser l'inertie du bâtiment en évitant de masquer la masse des parois lourdes, murs et planchers, par une isolation thermique intérieure : en été, une forte inertie permet en effet d'accumuler les calories durant les heures les plus chaudes de la journée, puis de les restituer durant la nuit, lorsque la température a chuté. En hiver, l'inertie du bâtiment permet de maximiser le stockage des calories gratuites dues aux apports solaires ;

- limiter les ponts thermiques, notamment en soignant les jonctions de parois quelle que soit la technique d'isolation ;
- veiller à l'étanchéité du bâtiment, en particulier au droit des jonctions entre ouvrages, des incorporations et des traversées ;
- assurer l'aération par un système de ventilation énergétiquement efficace, maîtrisé et permettant un renouvellement de l'air compatible avec le confort et la santé des occupants ;
- remplacer ou installer des systèmes de chauffage et de production d'eau chaude sanitaire avec recours à des énergies renouvelables.

## 1.4. • Des exigences réglementaires à satisfaire, parfois antinomiques

Réglementairement, les bâtiments faisant l'objet d'une réhabilitation doivent respecter les dispositions en vigueur lors de leur construction ainsi que les dispositions relatives aux installations électriques, aux installations de gaz, à la sécurité incendie, à l'acoustique, à l'hygiène et à la salubrité des locaux (règlement sanitaire départemental).

Les mises en conformité relatives aux différentes exigences sont le plus souvent appréhendées séparément les unes des autres sous l'angle de leur seule faisabilité technique. En particulier, les travaux visant l'amélioration des performances thermiques sont souvent entrepris sans faire l'objet d'un examen de leur influence sur les autres performances du bâtiment (renouvellement d'air, confort acoustique, risques de condensation, sécurité incendie, compatibilité avec les divers équipements en place, etc.). Par exemple, dans le cas de logements collectifs et/ou lorsque l'environnement extérieur est bruyant, il importe de bien analyser le contexte acoustique du projet avant de réaliser les travaux. Il est recommandé d'être vigilant pour le choix de la technique et du procédé d'isolation puis de sa mise en œuvre de façon à ne pas dégrader la situation existante en termes de qualité du bâti, de sécurité et de confort des occupants. Le recours à un diagnostic global du bâtiment visant toutes ses fonctions et ses performances permettra de sélectionner la solution la plus compatible avec l'existant.

## 1.5. • Les objectifs essentiels de ce guide

Le choix et la qualité de la mise en œuvre de la technique retenue sont primordiaux car la performance globale de l'ouvrage en dépend.

Ce guide, à destination des entrepreneurs et des artisans, a pour objectif de les accompagner dans le choix et la bonne mise en œuvre d'un système d'isolation par l'intérieur des bâtiments existants.

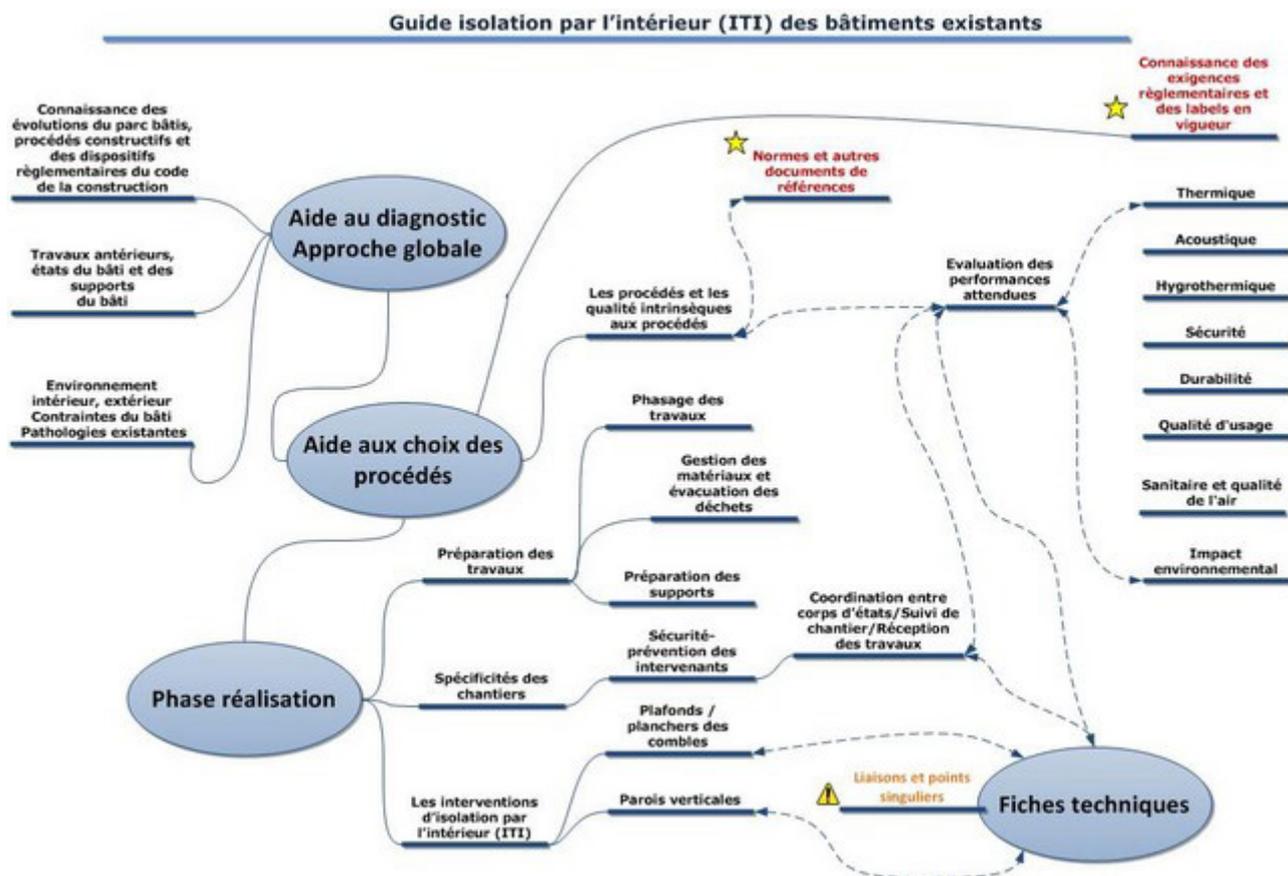


Les éléments nécessaires au choix d'un système sont présentés dans une première partie avec un rappel des points de vigilance, et la présentation des données nécessaires à l'évaluation des impacts sur les performances attendues.

La seconde partie traite de la mise en œuvre depuis la préparation du chantier jusqu'aux détails de jonctions entre ouvrages.

Le guide est conçu pour :

- rappeler les exigences réglementaires à prendre en compte lors des travaux d'isolation par l'intérieur, ainsi que les principales spécifications des procédés ou des systèmes mis en œuvre ;
- disposer des grandeurs nécessaires à l'évaluation des impacts des procédés sur les différentes performances attendues, ainsi que des indications sur le confort d'été et la qualité de l'air ;
- fournir une aide au diagnostic préalable de l'existant avant toute intervention : état du bâti, des équipements et de leur fonctionnement, des pathologies rencontrées et à traiter avant réalisation des travaux, des points critiques à contrôler, etc. ;
- fournir une aide au choix des procédés d'isolation par l'intérieur prenant en compte les contraintes à examiner à l'issue du diagnostic pour atteindre la performance globale recherchée et éviter les risques de pathologies :
  - résumé des différentes techniques d'isolation, des matériaux constitutifs et des mises en œuvre selon les configurations du bâti,
  - rappel des exigences réglementaires concernant les performances attendues, des phénomènes physiques, des contraintes à considérer à l'issue du diagnostic, et des moyens d'éviter ou de réduire les pathologies et d'atteindre la performance globale recherchée ;
- fournir une aide dans la phase de réalisation avec des fiches techniques permettant de disposer :
  - des éléments de compréhension sur le procédé sélectionné,
  - des recommandations de mise en œuvre dans la phase de réalisation,
  - des données nécessaires à l'évaluation des performances attendues.



▲ Figure 1 : Repère schématisé du guide « Isolation thermique par l'intérieur – Cas des bâtiments existants »

## 1.6. • Le contenu des fiches techniques

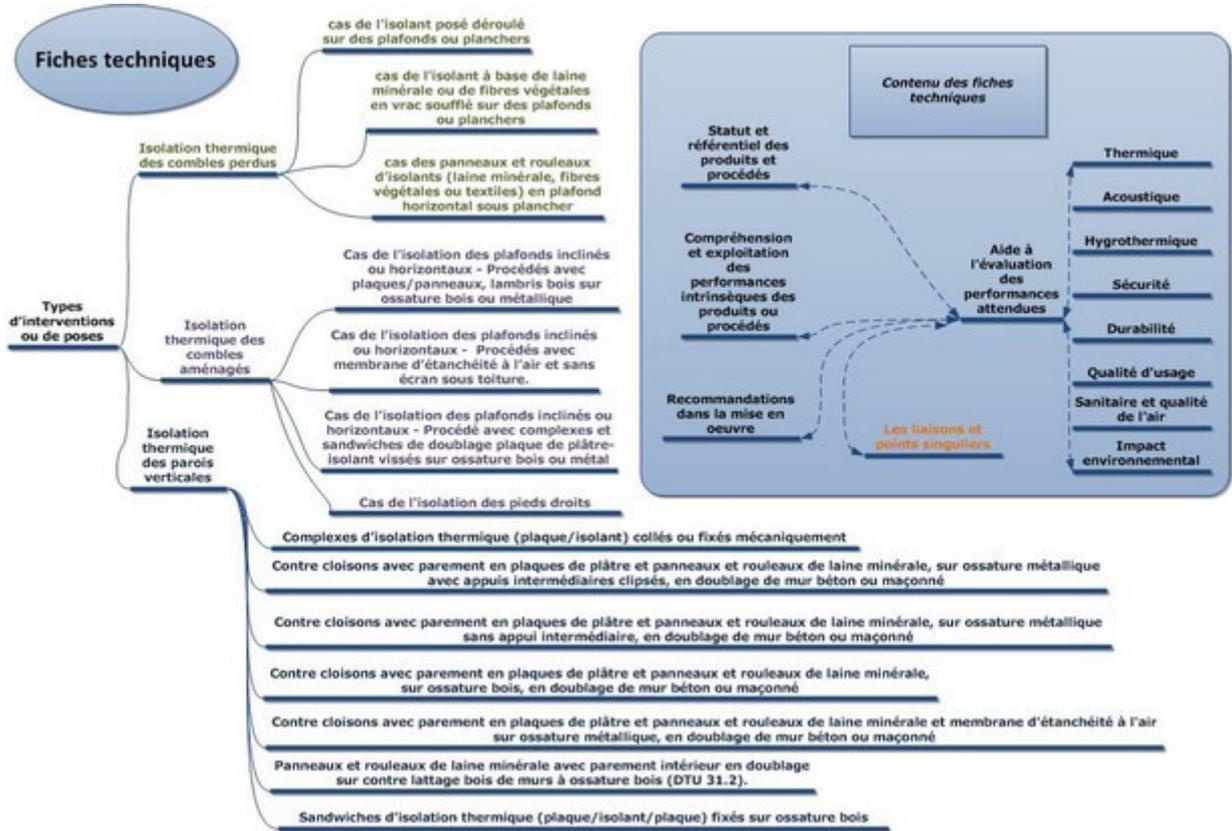
Chaque fiche technique illustre les cas de configuration couramment rencontrés pour la réhabilitation thermique des combles non aménagés, des combles aménagés et des parois verticales donnant sur l'extérieur, avec :

- la description succincte, le statut et les référentiels du procédé d'isolation thermique concerné ;
- les spécificités rencontrées ou points singuliers à considérer dans la mise en œuvre (compatibilité avec la structure et/ou l'isolation existante, pathologies et risques de pathologies) ;
- les recommandations et les éléments d'appréciation nécessaires pour l'obtention des performances attendues (thermique, acoustique, qualité sanitaire du bâti et qualité d'air des occupants, ainsi que les éléments concernant la sécurité, la durabilité, l'environnement) conformément aux réglementations et normes européennes en vigueur.



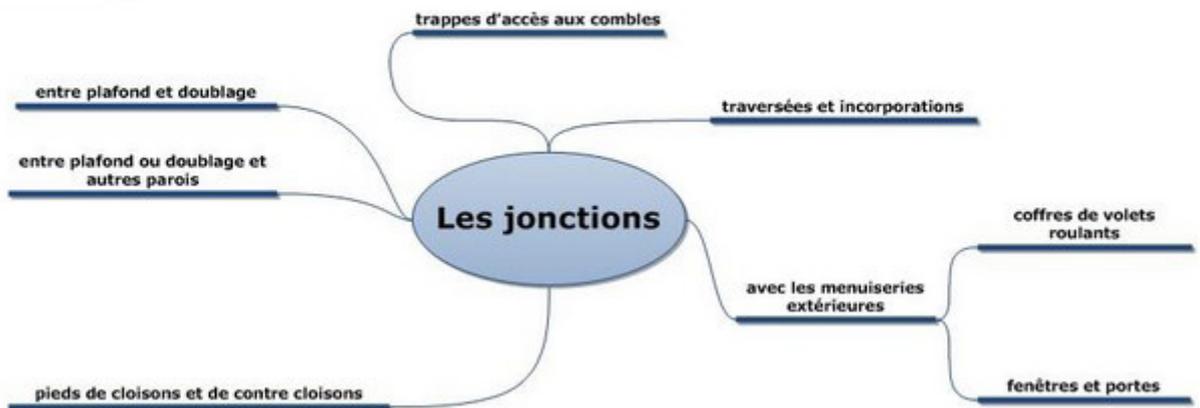
**Note**

La performance d'étanchéité à l'air qui relève d'une exigence réglementaire dans les bâtiments neufs avec la RT 2012 est traitée dans les bâtiments existants visés par ce guide, non pas en termes de performance, mais comme faisant partie intégrante du système d'ITletc qui sera mis en place.



▲ Figure 2 : Guide « Isolation thermique par l'intérieur – Les fiches techniques pour la mise en œuvre dans les bâtiments existants »

**Les liaisons et points singuliers**



▲ Figure 3 : Guide « Isolation thermique par l'intérieur – Traitement des points singuliers et jonctions pour la mise en œuvre dans les bâtiments existants »

# Introduction

# 2



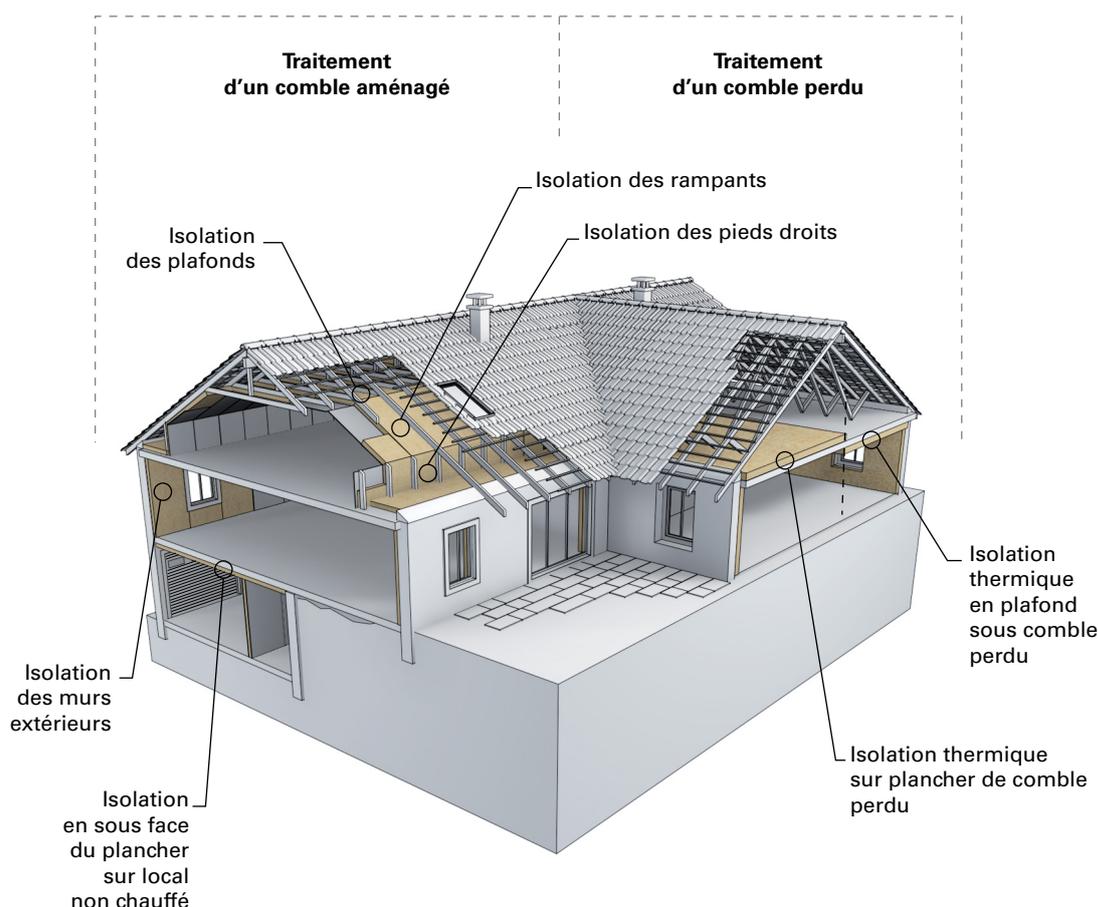
## 2.1. • L'isolation thermique par l'intérieur

L'isolation thermique par l'intérieur consiste à renforcer par l'intérieur, c'est-à-dire du côté de la partie habitable, la résistance thermique des murs extérieurs (façade, pignon), des planchers ou des cloisons séparant les volumes chauffés des espaces non chauffés, des sous-faces horizontales ou inclinées des charpentes de couverture ainsi que des pieds-droits des combles aménagés. Le guide traite également de l'isolation par le dessus des planchers ou des faux-planchers de combles perdus, même si elle se situe du côté froid.

L'isolation thermique par l'intérieur des bâtiments existants est particulièrement pertinente :

- lorsque l'aspect extérieur des façades ne peut pas ou ne doit pas être modifié (par exemple : façades classées ou éléments architecturaux caractéristiques à préserver) ;
- lorsque les revêtements intérieurs nécessitent d'être rénovés ou le volume habitable restructuré.

Cependant, il conviendra dans ce cas de tenir compte de la présence inévitable de ponts thermiques (zones non isolées thermiquement) au droit des jonctions entre la façade et les pignons d'une part, les planchers et les refends intérieurs, d'autre part.



▲ Figure 4 : Localisation des parois isolées thermiquement par l'intérieur

## 2.2. • Une technique traditionnelle en France

L'isolation thermique par l'intérieur des murs, des planchers et des combles, a constitué la technique d'isolation dominante au cours des quarante dernières années, tant pour les bâtiments neufs que pour les bâtiments existants. De mise en œuvre relativement aisée, elle est réalisée à l'abri des intempéries, elle a recours, du côté intérieur des parois à doubler, à des isolants thermiques protégés par divers types de parements intérieurs.

Les isolants visés par ce guide, font, pour la plupart d'entre eux, l'objet de normes européennes harmonisées et, dans ce cas, relèvent de l'obligation de conformité au règlement des produits de construction 305/2011, donc d'une déclaration de performances et d'un marquage CE. Leurs performances font le plus souvent l'objet d'une certification. Certains isolants apparus récemment sur le marché, notamment les isolants biosourcés au sens de l'arrêté du 19 décembre 2012 relatif au label « bâtiment biosourcé », ne sont pas visés par une norme européenne et relèvent, compte tenu de leur nouveauté sur le marché, de la procédure d'évaluation technique (Avis Technique ou Document technique d'application). Les caractéristiques des isolants peuvent être certifiées par une marque de qualité, par exemple ACERMI ([www.acermi.com](http://www.acermi.com)).

Les procédés d'isolation thermique par l'intérieur sont, pour la plupart d'entre eux, traditionnels. Les exigences concernant les parois à doubler sont visées par des DTU pour les murs maçonnés, en pierre ou en briques apparentes, en briques ou en parpaings enduits, ainsi que pour les murs en béton banché, les constructions à ossature bois et les ouvrages de second œuvre associés, cloisons maçonnées, cloisons et plafonds en plaques de plâtre.

Le principe traditionnel de la toiture ventilée dite « froide » impose une ventilation de la sous-face du matériau de couverture avec une lame d'air d'épaisseur minimale de 2 cm et la création d'entrées et de sorties d'air sur la couverture (linéaires à l'égout et au faîtage, ou ponctuelles par chatières). L'isolation des sous-toitures se caractérise dorénavant par la mise en place d'une isolation thermique de forte performance en combles (résistance thermique R supérieure ou égale à 7 m<sup>2</sup>K/W, par exemple).

### Note

En cas de réfection de la couverture et de mise œuvre d'un écran de sous-toiture HPV (haute perméabilité à la vapeur), se reporter au guide (RAGE 2012) « Isolation thermique par l'intérieur – Travaux neufs ».

## 2.3. • Un diagnostic préalable indispensable avant d'entreprendre les travaux

La grande diversité de constitutions des façades, des pignons et des planchers du bâti ancien et leur plus ou moins bon état de conservation rendent indispensable la réalisation d'un diagnostic de l'existant en amont de toute prescription de solutions d'isolation thermique du bâti. Il permettra, en effet, de procéder à la réfection préalable des désordres constatés et de cibler, en fonction de la nature et de l'état du bâti, la technique d'isolation la plus appropriée en vue de prévenir les risques de désordres ultérieurs qui résulteraient d'un choix inapproprié.



# 3

## Domaine d'application



Le domaine d'application est limité aux bâtiments destinés aux logements (privatifs et collectifs), bâtiments scolaires et hospitaliers et aux immeubles de bureaux, pour des conditions normales d'utilisation.

L'hygrométrie des locaux du bâtiment correspond aux classes de faible, moyenne et forte hygrométrie, soit un  $W/n$  inférieur ou égal à  $7,5 \text{ g/m}^3$  ( $W$  étant la quantité de vapeur d'eau produite en  $\text{g/h}$  et  $n$  le taux de renouvellement d'air en  $\text{m}^3/\text{h}$ ).

Le présent document ne vise donc que les locaux classés :

- EA (locaux secs ou faiblement humides) ;
- EB (locaux moyennement humides) ;
- EB+ privatifs (locaux humides à usage privatif),

au sens du *e-Cahiers du CSTB* n° 3567 « Classement des locaux en fonction de l'exposition à l'humidité des parois ».

Pour les autres locaux classés EB+ collectifs et EC, les produits spécialement adaptés et les dispositions particulières de mise en œuvre sont définis dans des Avis Techniques et des DTA (Documents techniques d'application).

Ne sont pas visées dans ce document les parois suivantes :

- murs à colombages avec remplissage ;
- murs en torchis ;
- murs en terre crue ;
- façades légères hormis les murs porteurs à ossature bois ;
- murs rideaux.

Les techniques d'isolation suivantes ne sont pas examinées dans ce guide :

- sarking, caissons chevrons et panneaux sandwichs en toiture ;
- isolant en vrac déversé manuellement sur les planchers de combles perdus ;
- béton de chanvre en murs ;
- fonds de coffrage, panneaux d'isolant rapportés sous dalle, projection en sous-face de plancher, isolation thermique ou thermo-acoustique sous chape flottante ;
- produits minces réfléchissants en complément d'isolation thermique.



## Réglementation, normes et autres documents de référence

---

# 4



La liste des documents de référence est proposée dans les fiches correspondantes pour chacun des cas spécifiques de mise en œuvre (cf. 9.3.) ainsi que dans l'[ANNEXE F] « statut actuel des techniques d'isolation thermique par l'intérieur ».

# Matériaux isolants utilisés pour la rénovation thermique du bâti

# 5



## 5.1. • Les principaux isolants utilisés

La liste des principaux isolants utilisés est la suivante :

- Laine minérale de verre ou de roche sous forme de panneaux, rouleaux, souples, semi-rigides, revêtus ou non de surfaçage (exemple : voile de verre, papier kraft, aluminium, etc.) ;
- Mousse de plastiques alvéolaires (mousse de polystyrène expansé, mousse de polystyrène extrudé, mousse de polyuréthane, polyisocyanurate...) sous forme de panneaux rigides ;
- Produits d'origine végétale (à base de fibres de cellulose, de chanvre, de lin, de coton, de bois, etc.) ou animale (à base de poils, plumes, fourrure) issus en majorité de filières de recyclage ou de filières dédiées. Ils se présentent sous forme de panneaux rigides, semi-rigides ou de rouleaux revêtus ou non de surfaçage.

## 5.2. • Isolants en vrac soufflés

Des laines minérales ou végétales existent en vrac, ce mode de conditionnement permettant de les souffler sur un plancher ou un plafond suspendu de combles perdus, mais également derrière une contre-cloison.



### 5.3. • Produits réfléchissants

Ces produits sont le plus souvent constitués de plusieurs couches opaques. Les couches extérieures sont composées de feuilles d'aluminium ou de feuilles aluminisées. Les feuilles intermédiaires sont des feutres d'origine animale, végétale, minérale ou de synthèse, polyéthylène à bulles, etc.

Ces feuilles sont assemblées entre elles par collage, soudure ou couture. L'épaisseur finale des produits réfléchissants varie de quelques millimètres à quelques centimètres et ils sont le plus souvent conditionnés sous forme de rouleau.

### 5.4. • Complexes et sandwichs d'isolation thermique intérieure

Les complexes sont des éléments manufacturés fabriqués en usine à partir d'un panneau isolant collé sur une plaque de plâtre, revêtue éventuellement d'un pare-vapeur sur une face.

Les sandwichs sont des éléments manufacturés fabriqués en usine à partir d'un panneau isolant collé entre deux plaques de plâtre, une des plaques pouvant être éventuellement revêtue d'un pare-vapeur sur une face.

L'épaisseur des plaques est au minimum de 10 mm et celle des panneaux isolants varie de :

- 20 à 140 mm pour les isolants en polystyrène expansé ;
- 30 à 120 mm pour les isolants en mousse de polyuréthane, polystyrène extrudé ;
- 30 à 100 mm pour les laines minérales.

#### Note

Les complexes et les sandwichs font l'objet d'une marque de qualité CSTBat associée ou non à la marque ACERMI.

### 5.5. • Isolants insufflés ou projetés mécaniquement

Des laines minérales ou végétales, des mousses organiques sont utilisées pour l'application de cette technique.

# Procédés d'isolation (solutions techniques) pour la rénovation thermique du bâti

6



## 6.1. • Isolation thermique des combles perdus ou difficilement accessibles

Les combles correspondent à l'espace – le volume – situé entre la toiture, le pignon et le plancher ou plafond. Du fait de leur faible hauteur et/ou de l'emprise des charpentes, certains combles sont difficilement accessibles et non aménageables, donc non habitables : ils sont alors considérés comme « perdus ». L'isolation thermique intérieure est dans ce cas mise en œuvre sur le plancher ou au-dessus du plafond. Le comble peut être toutefois accessible par des trappes de visite.

Les structures support des couvertures sont constituées de charpentes bois (traditionnelles ou industrialisées [avec fermettes, dont le type le plus courant est appelé W, disposées à faible écartement]). Les structures support peuvent également être constituées de charpentes métalliques et parfois de planchers béton inclinés.

Les procédés et les produits d'isolation thermique rapportée sur planchers de greniers et de combles perdus font l'objet d'Avis Techniques ou de DTA, les règles de mise en œuvre sont décrites dans les *e-Cahiers du CSTB* n° 3647, 3560\_V2 et 3693 approuvés par le groupe spécialisé n° 20.

Les isolants thermiques des combles perdus sont posés, déroulés ou soufflés sur les supports existants suivants :

- planchers béton ou maçonnés ;
- planchers bois ;
- plafonds légers fixés ou suspendus à une structure bois (solives ou entrants de fermette).

Ils peuvent également être disposés sous plancher existant et nécessitent dans ce cas la mise en œuvre d'un plafond léger suspendu.



### 6.1.1. • Isolant posé ou déroulé au-dessus des planchers et plafonds existants

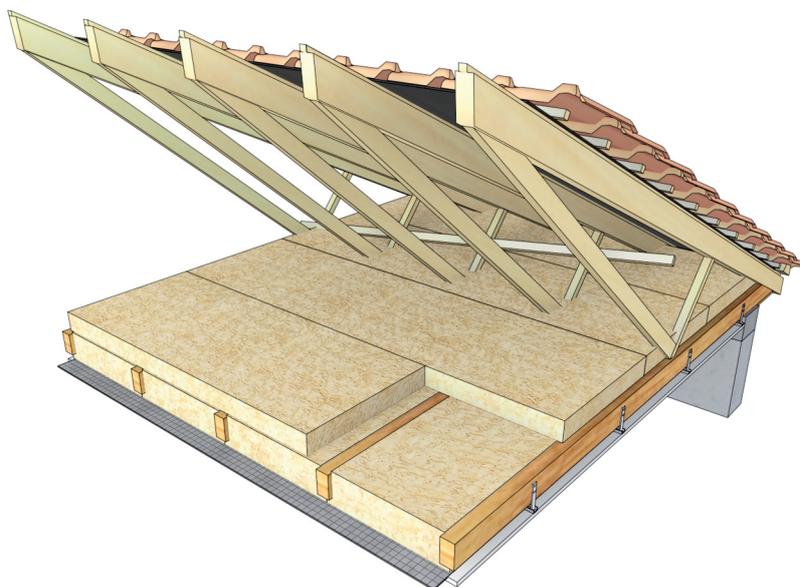
Ces procédés font l'objet d'Avis Techniques et des cahiers des prescriptions techniques associés (*e-Cahiers du CSTB n° 3560\_V2* et *e-Cahiers du CSTB n° 3647*) auxquels il convient de se reporter. Des schémas de principe sont donnés ci-après pour permettre une visualisation rapide de la technique visée.



▲ Figure 5 : Isolation en combles perdus sur plancher bois



▲ Figure 6 : Isolation en combles perdus sur plafond : cas des charpentes traditionnelles



▲ Figure 7 : Isolation en combles perdus sur plafond : cas des fermettes industrielles en W

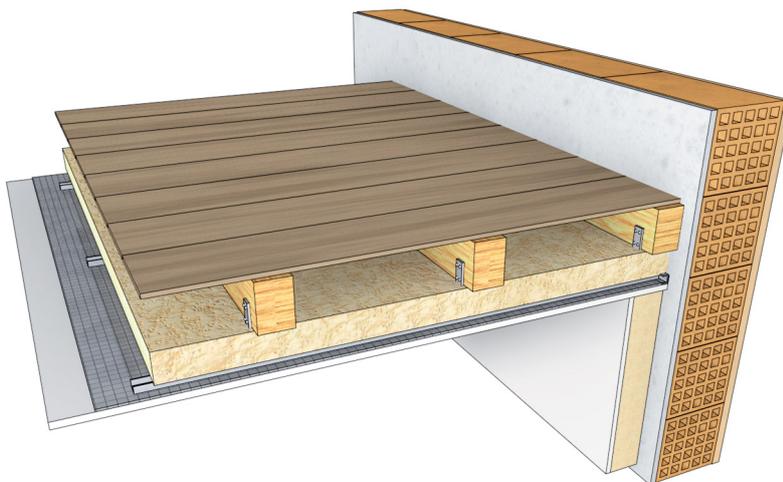
### 6.1.2. • Isolant posé ou déroulé au-dessous des planchers

Ces procédés font l'objet d'Avis Techniques et des cahiers des prescriptions techniques associés (*e-Cahiers du CSTB* n° 3560\_V2 et n° 3647) auxquels il convient de se reporter.

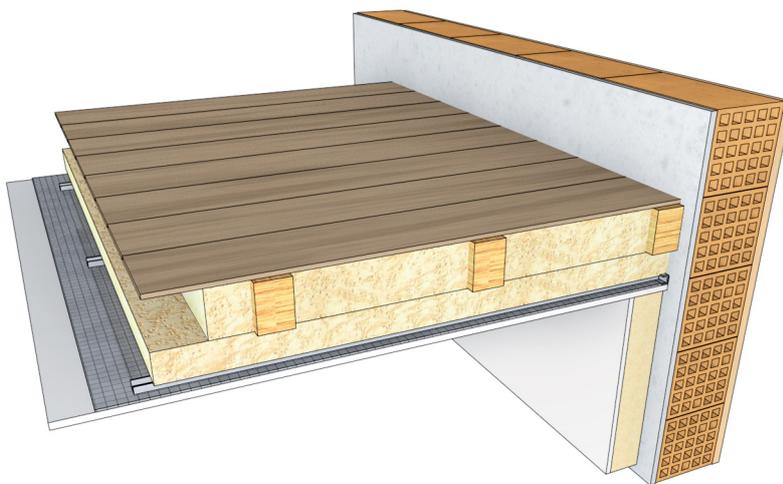
La mise en œuvre des plafonds en plaques de plâtre est définie dans la norme NF DTU 25.41, celle des complexes de doublage fixés mécaniquement dans la norme NF DTU 25.42.

#### Note

Dans l'attente de la publication de la norme NF DTU 36.2 qui remplacera et annulera la norme DTU 36.1, la mise en œuvre des revêtements intérieurs en bois (lambris en panneaux, en lames ou menuisés) est définie dans la norme DTU 36.1 qui est toujours d'application normative pour les travaux de menuiseries intérieures en bois.



▲ Figure 8 : Isolation en combles perdus sous plancher bois avec isolant sous les solives



▲ Figure 9 : Isolation en combles perdus sous plancher bois avec isolant entre solives et sous solives



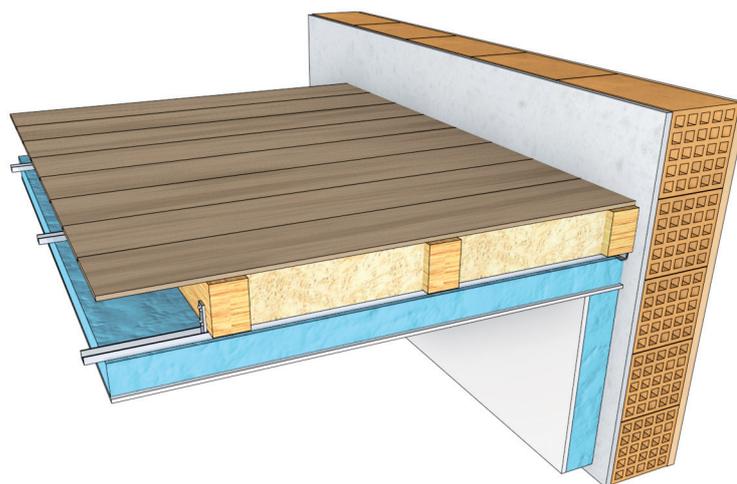
**Le § Planchers terrasses à ossature bois (cf. 6.3.2.) traite aussi de ce cas de figure. Il convient de s'y reporter.**

### 6.1.3. • Complexe associé à des panneaux ou rouleaux d'isolant

L'épaisseur maximale des complexes fixés mécaniquement étant limitée à 80 mm, leur mise en œuvre sous combles perdus ne pourra constituer qu'un complément d'isolation thermique, un premier lit d'isolant en panneau ou rouleau étant disposé sous ou entre les ossatures de charpente et maintenu en place par l'ossature support des complexes de doublage. La mise en œuvre des complexes est définie dans la norme NF DTU 25.42.

#### Note

La pose par fixation mécanique des complexes de doublage avec isolant polystyrène expansé élastifié ou isolant laine minérale (verre ou roche) n'est pas admise dans ce type de mise en œuvre en raison de la compressibilité du matériau.

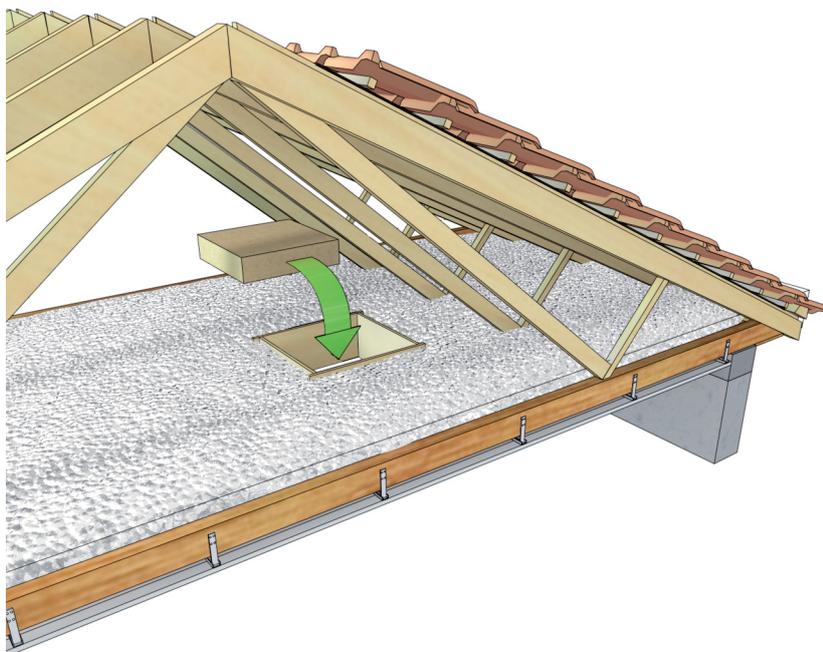


▲ Figure 10 : Isolation sous plancher avec complexe de doublage sur ossature métallique



### 6.1.4. • Isolation par soufflage d'isolant en vrac au-dessus des plafonds et des planchers

Ces procédés font l'objet d'Avis Techniques et d'un cahier des prescriptions techniques communes de mise en œuvre (*e-Cahiers du CSTB* n° 3693) auxquels il convient de se reporter.



▲ Figure 11 : Isolation en combles perdus avec isolant soufflé sur plafond

### 6.1.5. • Cas de la maison à ossature bois

Les produits et/ou les procédés ainsi que les dispositions particulières de mise en œuvre sont définis dans la norme NF DTU 31.2 et dans le catalogue construction bois ([www.catalogue-construction-bois.fr](http://www.catalogue-construction-bois.fr)).

### 6.1.6. • Cas des produits réfléchissants

Les réglementations thermiques pour la rénovation définissent des performances minimales pour l'isolation des parois.

Du fait de leur faible épaisseur, la résistance thermique des produits réfléchissants ne leur permet généralement pas de répondre seuls à ces exigences réglementaires. Dans les Avis Techniques, ces produits sont décrits, pour la plupart, comme des compléments d'isolation et non comme des systèmes d'isolation à part entière. Il faudra veiller à ce que la compatibilité des produits minces réfléchissants et de l'isolation complémentaire soit assurée.

Pour la mise en œuvre de ces produits qui nécessite la création d'une, voire de deux lames d'air non ventilées, il convient de se reporter à l'Avis Technique qui définit ces conditions de réalisation.



**Une utilisation non pertinente ou de mauvaises conditions de mise en œuvre peuvent conduire à des désordres (exemple : mauvaise ventilation des charpentes ou ossatures bois de maisons).**

Les performances thermiques des procédés tiennent compte :

- des essais de durabilité effectués ;
- des mesures d'émissivité ;
- de l'étanchéité à l'air des lames d'air, qui nécessitent un soin particulier à la pose ;
- de la constance d'épaisseur des lames d'air qui nécessite le respect et des dispositions de réalisation mise en œuvre (pose tendue, agrafée, etc.).

## 6.2. • Isolation thermique des combles aménagés

S'ils sont destinés à être habités, les combles sont aménagés et une isolation thermique intérieure est mise en œuvre. Elle concerne :

- les plafonds inclinés (rampants) ;
- les plafonds horizontaux ;
- les pieds-droits ;
- les pignons.

### Note

L'isolation thermique des pignons est assimilée à l'isolation thermique des parois verticales (cf. 6.4.1.), (cf. 6.4.2.), (cf. 6.4.3.), (cf. 6.4.4.) pour ces configurations).



## 6.2.1. • Isolation des plafonds inclinés ou horizontaux

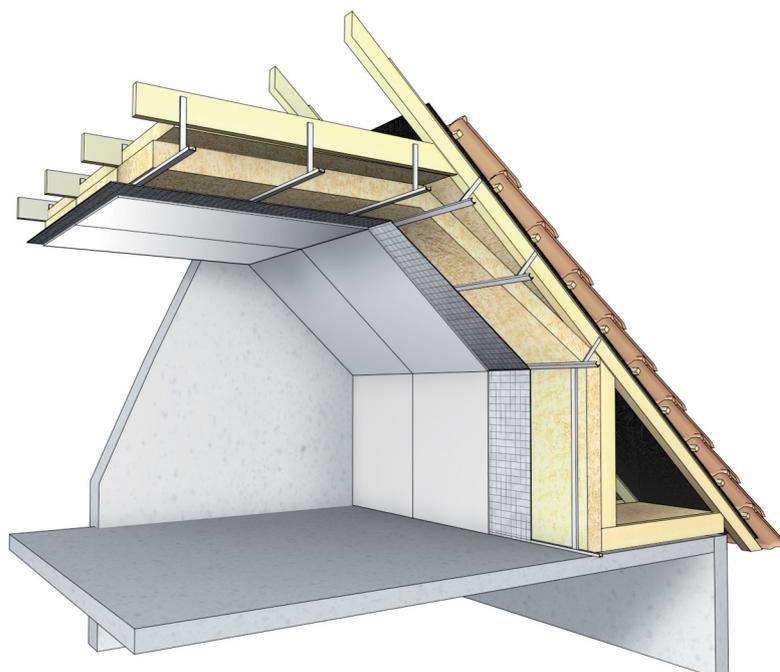
### 6.2.1.1. • Plaques de plâtre, panneaux, lambris bois sur ossature bois ou métallique avec isolant



▲ Figure 12 : Isolation thermique de rampant et pied-droit en combles aménagés, charpente traditionnelle, parement non représenté, sur ossature bois



▲ Figure 13 : Isolation thermique de rampant et pied-droit en combles aménagés, charpente traditionnelle, parement sur ossature métallique



▲ Figure 14 : Isolation thermique de rampant et pied-droit en combles aménagés, fermettes industrielles en A, parement sur ossature métallique (représentation avec plancher béton)

La mise en œuvre des plafonds inclinés ou horizontaux est définie :

- dans la norme NF DTU 25.41 pour les parements constitués de plaques de plâtre sur ossature métallique ou bois ;
- dans la norme NF DTU 25.42 pour les parements constitués de complexes de doublage fixés mécaniquement ;
- dans la norme NF DTU 31.2 pour les lambris en panneaux, lames ou éléments menuisés ;
- dans les Avis Techniques ou les Document techniques d'application ;
- dans le cahier des prescriptions communes de mise en œuvre des procédés d'isolation thermique de combles (*e-Cahiers du CSTB* n° 3560\_V2).

### Note

Dans l'attente de la publication de la norme NF DTU 36.2 qui remplacera et annulera la norme DTU 36.1, la mise en œuvre des revêtements intérieurs en bois (lambris en panneaux, en lames ou menuisés) est définie dans la norme DTU 36.1 qui est toujours d'application normative pour les travaux de menuiseries intérieures en bois.



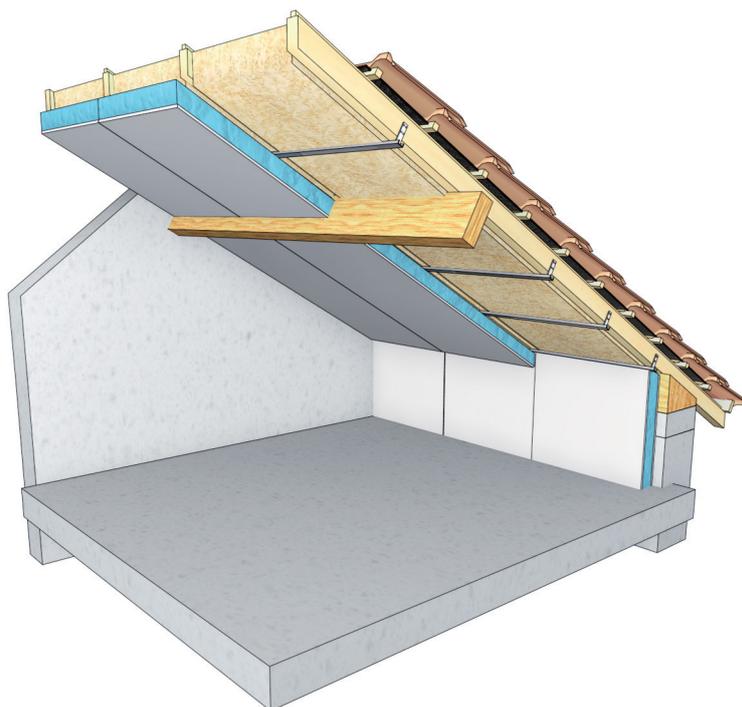
## 6.2.2. • Isolation thermique des pieds-droits

### 6.2.2.1. • Complexes d'isolation thermique (plaque-isolant) collés ou fixés mécaniquement

Les dispositions de mise en œuvre de ces procédés sont définies soit dans la norme NF DTU 25.42, soit dans des Avis Techniques ou des DTA. L'isolation thermique est réalisée de la même façon que celle des parois verticales (cf. 6.4.1.).

### 6.2.2.2. • Sandwiches d'isolation thermique (plaque-isolant-plaque) fixés sur ossature bois

Les dispositions de mise en œuvre en pied-droit de ces procédés sont définies dans la norme NF DTU 25.42. Au-delà d'une hauteur de 1,70 m, la mise en œuvre est la même que celle des parois verticales (cf. 6.4.1.).



▲ Figure 15 : Isolation thermique en combles aménagés de rampant par complexe vissé sur ossature acier et de pied-droit par sandwichs vissés sur ossature bois horizontale

### 6.2.2.3. • Contre-cloisons en plaques de plâtre, panneaux, lambris sur ossature bois ou métallique, avec isolant

Les dispositions de mise en œuvre de ces procédés sont définies :

- dans la norme NF DTU 25.41 pour les parements en plaques de plâtre ;



- dans la norme NF DTU 31.2 pour les lambris en bois et les panneaux bois ou dérivés du bois rapportés sur une paroi ossature bois porteuse ;
- dans la norme DTU 36.1 pour les lambris en bois et les panneaux bois ou dérivés du bois rapportés sur une paroi ossature bois non porteuse ;
- dans des Avis Techniques ou des DTA (Documents techniques d'application) ;
- dans le cahier des prescriptions communes de mise en œuvre des procédés d'isolation thermique de combles faisant l'objet d'un Avis Technique (*e-Cahiers du CSTB* n° 3560\_V2).

Les contre-cloisons sont réalisées de la même façon que les parois verticales (cf. 6.4.2.).

#### Note 1

L'habillage des pieds-droits avec fourrures horizontales fixées sur les montants des fermettes par suspentes comme en rampant n'est pas traité dans ce guide car ce procédé n'est pas visé par la norme NF DTU 25.41.

#### Note 2

Dans l'attente de la publication de la norme NF DTU 36.2 qui remplacera et annulera la norme DTU 36.1, la mise en œuvre des revêtements intérieurs en bois (lambris en panneaux, en lames ou menuisés) est définie dans la norme DTU 36.1 qui est toujours d'application normative pour les travaux de menuiseries intérieures en bois.

### 6.2.2.4. • Contre-cloisons maçonnées (briques, blocs béton, béton cellulaire, carreaux de plâtre) avec isolant

Les dispositions de mise en œuvre de ces procédés sont définies soit dans les normes NF DTU les concernant, soit dans des Avis Techniques ou des DTA. Elles sont réalisées de la même façon que les parois verticales. Ces procédés sont développés dans le guide (RAGE 2012) « Isolation thermique par l'intérieur – Travaux neufs » (cf. 6.4.4.).

## 6.3. • Cas des planchers hauts

### 6.3.1. • Planchers-terrasses en éléments porteurs en maçonnerie ou béton

Sauf étude spécifique, l'isolation thermique par l'intérieur, réalisée en sous-face de ces planchers, est fortement déconseillée en raison des risques importants de fissuration des jonctions avec les façades dus aux dilatations thermiques des planchers. Il est recommandé de



réaliser l'isolation thermique des planchers hauts de dernier niveau sous terrasse au-dessus du plancher, sur ou sous l'étanchéité selon le procédé d'étanchéité utilisé, conformément aux dispositions des normes NF DTU 20.12 et 43.1, des Avis Techniques ou des DTA.

Par conséquent, ce type de technique n'est pas visé dans le présent document.

### 6.3.2. • Planchers-terrasses à ossature bois

Dans le cas de toitures-terrasses conformes au DTU 43.4 « Toitures en éléments porteurs en bois et panneaux dérivés du bois avec revêtements d'étanchéité », des prescriptions complémentaires permettent la mise en œuvre d'une couche d'isolant en sous-face du plancher. Ces prescriptions ont été introduites dans le cadre des Recommandations professionnelles RAGE « Isolation thermique des sous-faces des toitures chaudes à élément porteur en bois » auxquels il convient de se reporter.

## 6.4. • Parois verticales

Peu utilisés dans les travaux d'isolation thermique de l'existant, les procédés suivants sont traités dans le guide RAGE 2012 « Isolation thermique par l'intérieur – Travaux neufs » :

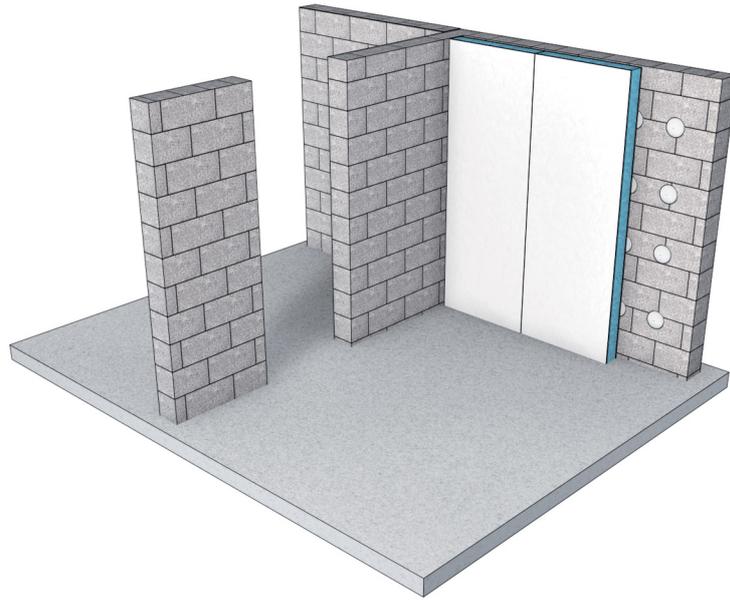
- contre-cloisons plaques-panneaux, lambris sur ossature bois ou métallique avec isolants en vrac insufflés, isolants projetés mécaniquement ou injectés ;
- contre-cloisons maçonnées (briques, blocs béton, béton cellulaire, carreaux de plâtre), avec isolant en panneaux ou rouleaux, isolants en vrac insufflés, isolants projetés mécaniquement ou injectés ;
- cloisons distributives avec isolant en panneaux ou rouleaux, avec ou sans doublage rapporté.

Les autres procédés d'isolation thermique par l'intérieur des parois verticales sont décrits ci-après.

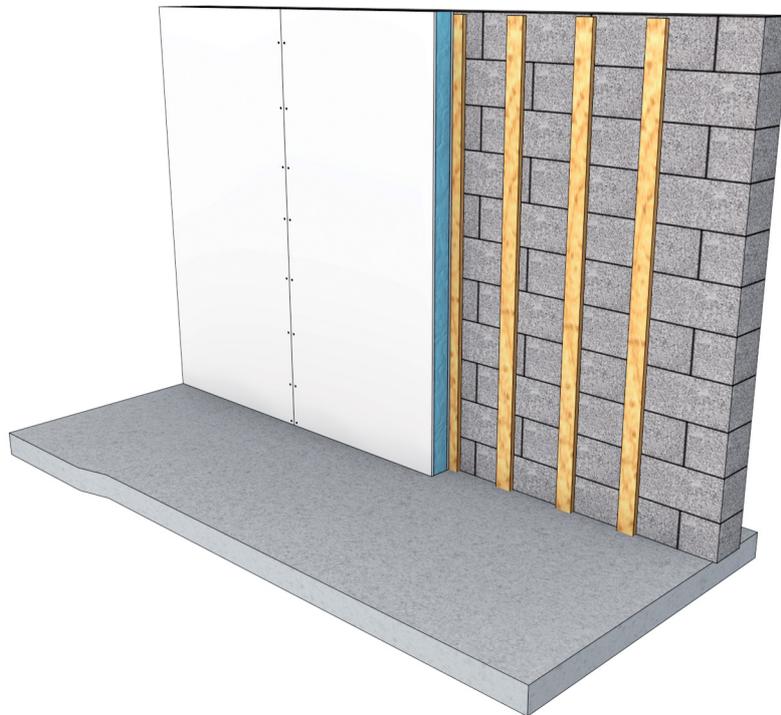
### 6.4.1. • Complexes d'isolation thermique (plaque-isolant) collés ou fixés mécaniquement

Les dispositions de mise en œuvre de ces procédés sont définies soit dans la norme NF DTU 25.42, soit dans des Avis Techniques ou des DTA.

Les complexes d'isolation thermique sont classés P1, P2 ou P3 en fonction de leur perméabilité à la vapeur.



▲ Figure 16 : Pose collée de complexe de doublage sur murs maçonnés ou béton



▲ Figure 17 : Pose de complexes de doublage par fixation mécanique sur tasseaux bois



## 6.4.2. • Contre-cloisons en plaques de plâtre, panneaux, lambris bois sur ossature bois ou métallique, avec isolant

Selon la nature de l'isolant, le domaine d'emploi et les spécificités de pose, les dispositions de mise en œuvre de ces procédés sont définies soit dans les normes NF DTU les concernant (cas des isolants manufacturés, mousses plastiques en panneaux ou rouleaux semi-rigides de laines minérales), soit dans des Avis Techniques ou des DTA (isolants d'origine végétale, procédés par insufflation ou projection humide, spécificités de pose ou domaines d'emploi hors DTU).

Les procédés avec plaques de plâtre vissées sur une ossature métallique avec isolant traditionnel en panneaux ou rouleaux posé entre le parement et le support (cf. 6.4.2.1 et 6.4.2.2) sont mis en œuvre conformément aux spécifications de la norme NF DTU 25.41.

Les ossatures métalliques verticales peuvent ou non comporter des appuis intermédiaires sur la paroi support.

Les procédés de contre-cloison avec plaques de plâtre vissées sur ossature bois devraient être inclus dans une prochaine révision de la norme NF DTU 25.41.

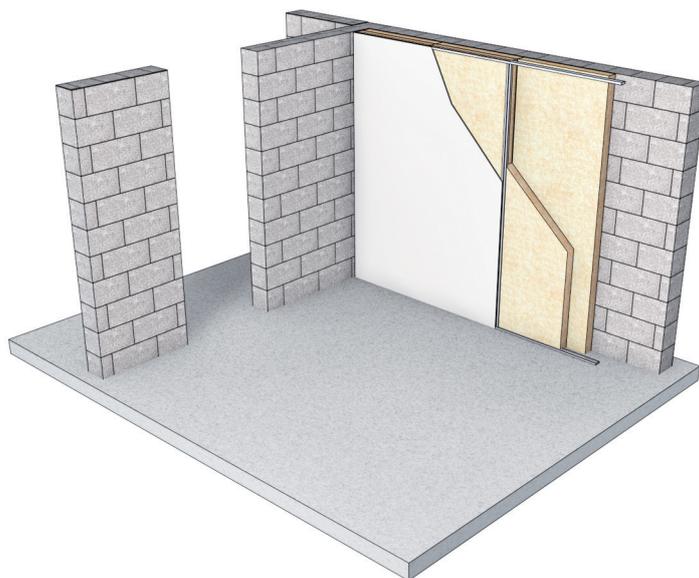
Dans le cas de revêtements intérieurs en bois, ces derniers seront mis en œuvre conformément aux spécifications des normes NF DTU 31.2 et DTU 36.1.

### Note

Dans l'attente de la publication de la norme NF DTU 36.2 qui remplacera et annulera la norme DTU 36.1, la mise en œuvre des revêtements intérieurs en bois (lambris en panneaux, en lames ou menuisés) est définie dans la norme DTU 36.1 qui est toujours d'application normative pour les travaux de menuiseries intérieures en bois.

### 6.4.2.1. • Contre-cloisons en plaques de plâtre sur ossature métallique sans appui intermédiaire

Les ossatures sont constituées de montants verticaux positionnés dans des rails hauts et bas fixés au gros œuvre. L'isolant rigide ou semi-rigide est constitué de deux couches, la première positionnée contre la paroi support et la seconde entre les montants de la contre-cloison. Lorsque nécessaire, un pare-vapeur est inséré entre la plaque de plâtre et l'ossature.

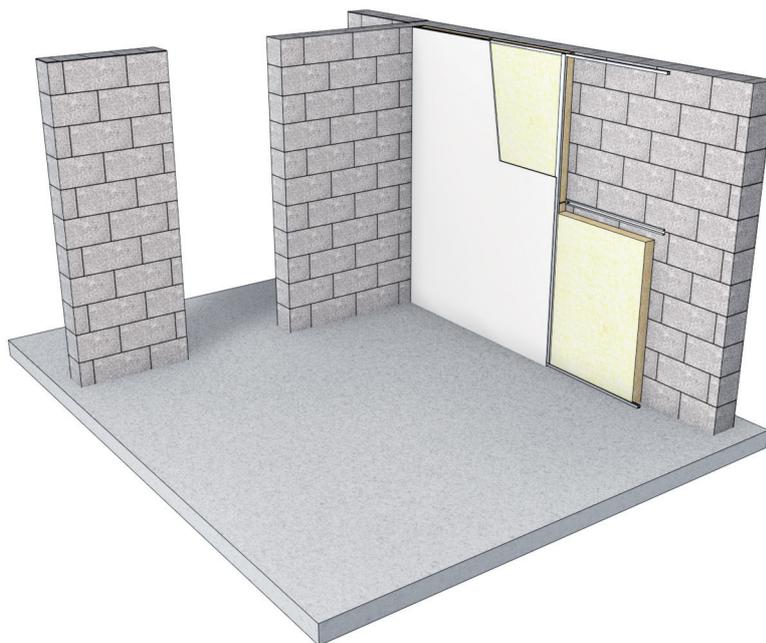


▲ Figure 18 : Contre-cloison en plaques de plâtre sur ossature métallique sans appui intermédiaire avec deux couches d'isolant

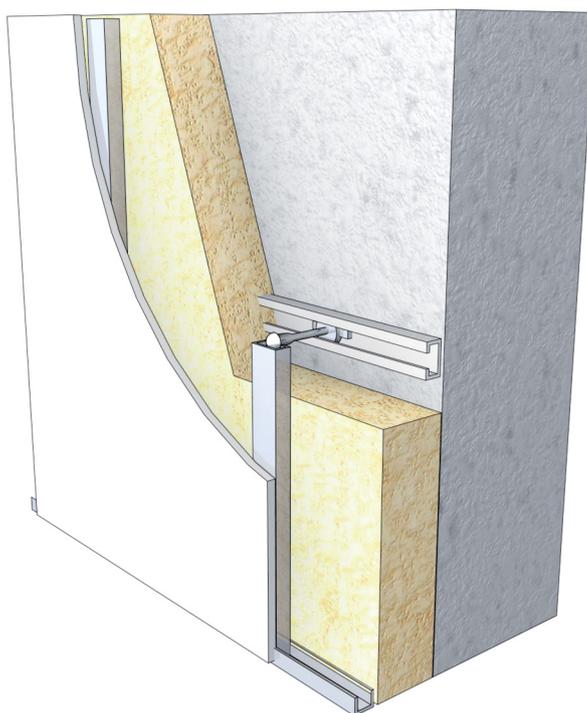


### 6.4.2.2. • Contre-cloisons en plaque de plâtre sur ossature métallique avec appui intermédiaire

Les ossatures sont constituées de fourrures verticales de faible inertie positionnées dans des rails hauts et bas fixés au gros œuvre. Des appuis intermédiaires sont disposés à mi-hauteur entre la paroi support et les fourrures. L'isolant semi-rigide est positionné entre la paroi support et les fourrures. Lorsque nécessaire, un pare-vapeur est inséré entre la plaque de plâtre et l'ossature.



▲ Figure 19 : Contre-cloison en plaques de plâtre sur ossature métallique avec appui intermédiaire et isolant monocouche



▲ Figure 20 : Détail au droit d'un appui intermédiaire

**Note 1**

La performance thermique globale de ces contre-cloisons dépendra du type d'appui intermédiaire (plastique, acier, PSE, etc.) et du nombre d'appuis (voir exemples de calcul de résistance thermique de la [FICHE 9]).

**Note 2**

Le cas des contre-cloisons avec montants métalliques verticaux et appuis intermédiaires (art. 6.4.2 de la norme NF DTU 25.41) n'est pas traité dans ce guide.

### 6.4.2.3. • Contre-cloisons en plaques de plâtre sur ossature bois

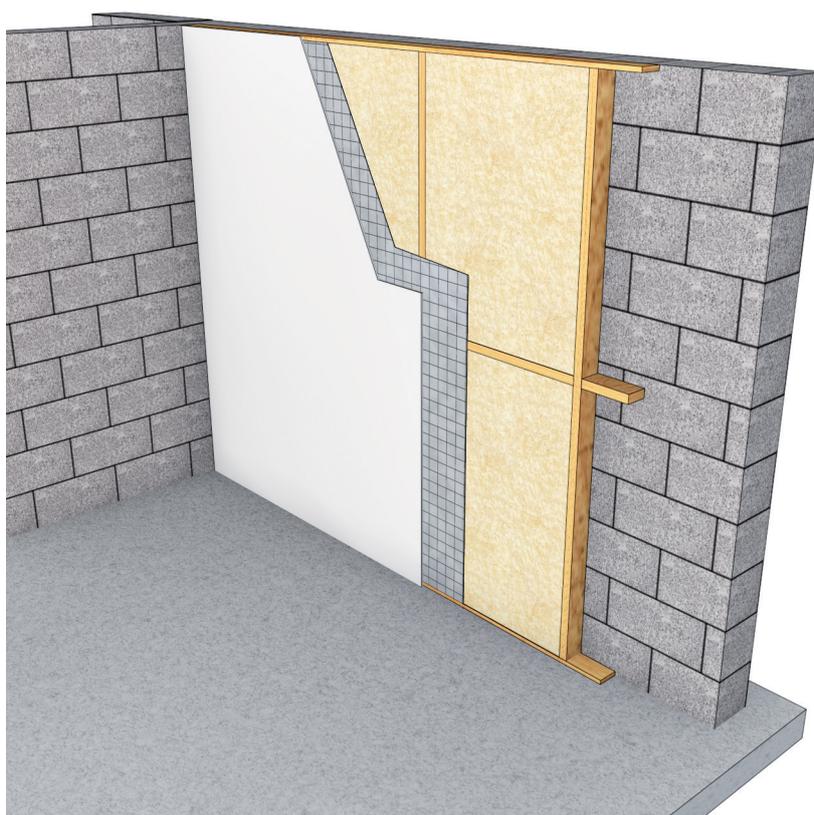
Les ossatures sont constituées de montants bois verticaux solidarisés avec des lisses hautes et basses fixées au gros œuvre. L'isolant semi-rigide est constitué d'une ou de deux couches.

Dans le cas d'une couche unique, l'isolant est inséré entre les montants bois.

Dans le cas de deux couches, la première est positionnée contre la paroi support et la seconde entre les montants de la contre-cloison. Un pare-vapeur est nécessaire. Il peut être soit inséré entre la plaque de plâtre et l'ossature, soit être précollé au dos de la plaque de plâtre (plaque pare-vapeur).

**Note**

À la date de publication de ce guide, cette technique n'est pas visée dans la norme NF DTU 25.41. Une révision de cette norme est programmée.



▲ Figure 21 : Contre-cloison en plaques de plâtre sur ossature bois avec une seule couche d'isolant entre les ossatures



▲ Figure 22 : Contre-cloison en plaques de plâtre sur ossature bois avec deux couches d'isolant, l'une derrière l'ossature et l'autre entre les ossatures

#### 6.4.2.4. • Contre-cloisons en plaques de plâtre, panneaux, lambris sur ossature bois ou métallique avec isolant d'origine végétale

Hormis les spécificités de domaine d'emploi ou de pose découlant des caractéristiques techniques de ces isolants, les dispositions générales de mise en œuvre de ces procédés sont celles des procédés similaires avec isolant en laine minérale.

L'emploi d'un pare vapeur est obligatoire du fait des caractéristiques de ces isolants. Les systèmes faisant référence à ces procédés sont détaillés dans le guide (RAGE 2012) « Isolation thermique par l'intérieur – Travaux neufs ».

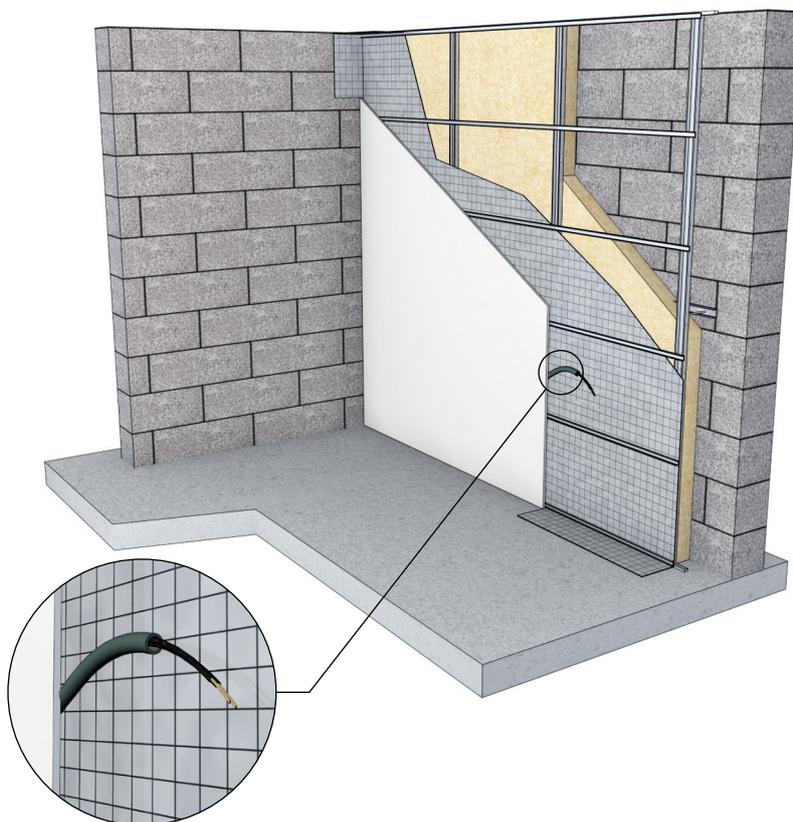
Ces produits font l'objet d'Avis Techniques et d'un cahier des prescriptions techniques communes de mise en œuvre (*e-Cahiers du CSTB* n° 3728) auxquels il convient de se reporter.

#### 6.4.2.5. • cloisons en plaques de plâtre, panneaux, lambris sur ossature bois ou métallique avec appui intermédiaire, isolant et membrane d'étanchéité à l'air

Ces procédés diffèrent des procédés traditionnels visés plus hauts (cf. 6.4.2.1.), (cf. 6.4.2.2.), (cf. 6.4.2.3.), (cf. 6.4.2.4.) par une étanchéité

à l'air renforcée par adjonction d'une membrane continue étanche à l'air et indépendante du parement de la contre cloison.

Ces produits font l'objet d'Avis Techniques auxquels il convient de se reporter.



▲ Figure 23 : contre-cloison en plaques de plâtre sur ossature métallique avec appui intermédiaire, isolant monocouche et membrane d'étanchéité à l'air

La [FICHE 12] décrit succinctement ce procédé. Pour tout complément d'information, il convient de consulter le guide (RAGE 2012) « Isolation thermique par l'intérieur – Travaux neufs » qui détaille ce procédé.

#### 6.4.2.6. • Contre-cloisons en plaques de plâtre, panneaux, lambris sur ossature bois ou métallique avec isolant en vrac insufflé

Lorsque l'isolant est mis en place après la pose de la contre-cloison, il s'agit d'un isolant en vrac (laine de verre, mousse de polyuréthane ou ouate de cellulose adjuvantée) insufflé dans le vide entre la contre-cloison et la paroi à doubler.

Ces procédés font l'objet d'Avis Techniques et d'un Cahier des Prescriptions Techniques communes de mise en œuvre d'isolation thermique de murs par insufflation d'isolant en vrac (*e-Cahier du CSTB n° 3723*) auxquels il convient de se reporter.

**Note**

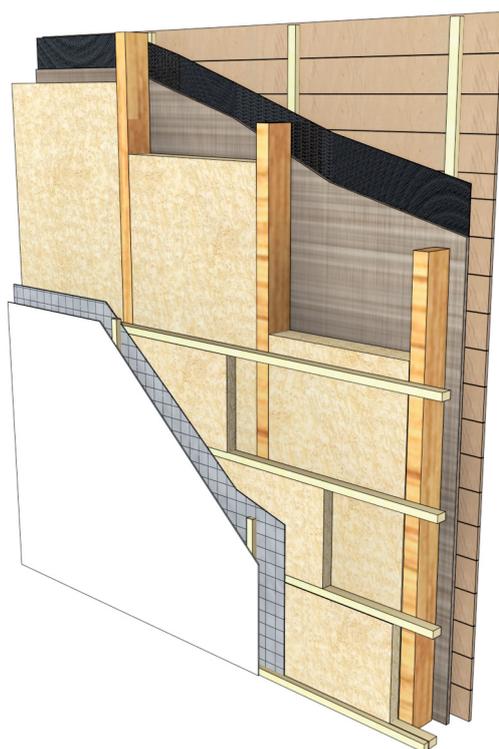
Certains procédés permettent également le remplissage des cavités par projection humide sur la paroi à doubler avant mise en place d'un pare-vapeur et montage de la contre-cloison.

### 6.4.3. • Contre-cloison avec laine minérale, contre-lattage bois et parement intérieur, de murs à ossature bois (DTU 31.2)

Le procédé est constitué d'une contre-ossature horizontale en bois incorporant une seconde couche isolante. Un revêtement intérieur en plaques de plâtre est rapporté sur un contre-lattage vertical ménageant un vide de construction permettant l'incorporation de conduits électriques. Conformément à la norme NF DTU 31.2, un pare-vapeur continu est mis en œuvre sur l'intégralité de la contre-ossature horizontale.

**Note**

Le renforcement de l'isolation thermique des murs à ossature bois existants nécessite la dépose du parement intérieur et, dans la plupart des cas, la dépose du pare-vapeur. La mise en œuvre de ce procédé est très proche de celle concernant les murs neufs à ossature bois. C'est pourquoi il convient de se référer au guide (RAGE 2012) « Isolation thermique par l'intérieur – Travaux neufs » pour la description et la mise en œuvre de ce procédé. Cependant, en travaux de rénovation, le pare-vapeur est positionné sur la contre-ossature horizontale plutôt qu'entre les deux couches d'isolant.



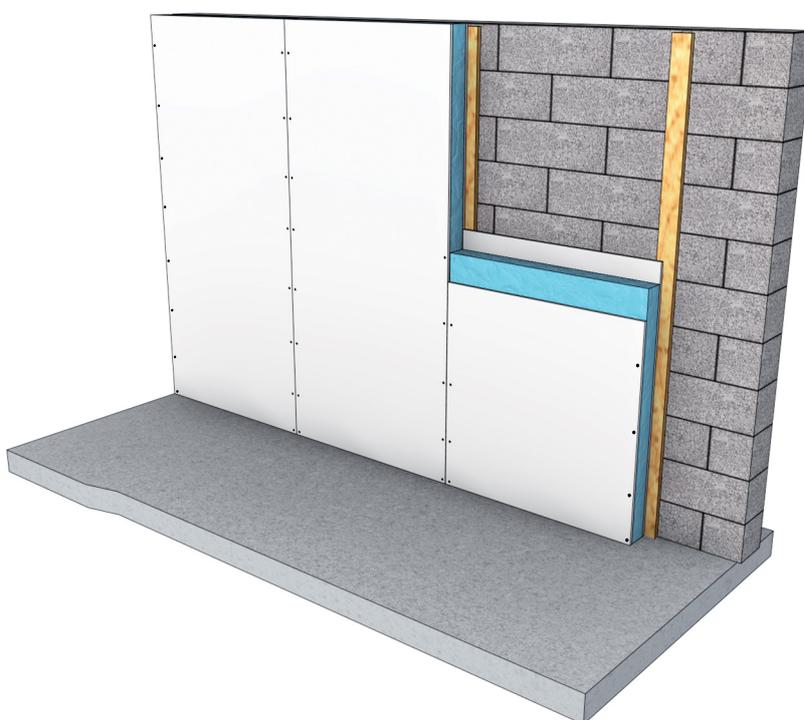
▲ Figure 24 : Mur à ossature bois avec doublage thermique sur contre-ossature bois avec panneaux et rouleaux de laine minérale

### 6.4.4. • Sandwiches d'isolation thermique (plaque-isolant-plaque) fixés sur ossature bois

Les dispositions de mise en œuvre de ces procédés sont définies soit dans la norme NF DTU 25.42, soit dans des Avis Techniques ou des DTA.

#### Note

La fixation sur ossature horizontale n'est pas retenue dans ce guide car elle ne permet pas de ménager une lame d'air continue entre le panneau isolant et la paroi support.



▲ Figure 25 : Contre-cloison constituée de sandwichs d'isolation thermique : pose sur tasseaux verticaux



## 7

## Diagnostic de l'existant



Comme indiqué en introduction, le diagnostic de l'existant est un préalable indispensable avant toute intervention sur le bâti à isoler thermiquement (cf. [ANNEXE A]).

Il précise la composition des parois à doubler, les modes de jonction entre façades et planchers, et leur état de conservation. Il identifie les désordres éventuels (humidité, moisissures) et leur origine (défaut d'étanchéité à l'eau de pluie, remontées capillaires, condensations, etc.). Le diagnostic doit préciser les traitements des désordres à réaliser avant toute mise en œuvre de l'isolation thermique par l'intérieur.

À partir des données recueillies par le diagnostic, la solution d'isolation thermique par l'intérieur la plus adaptée au bâti est sélectionnée en vue :

- d'éviter les risques de condensation dans l'épaisseur des murs (fonction de la perméabilité à la vapeur et de la résistance thermique des différents composants de la paroi doublée) ;
- de limiter les risques de condensation et de dégradation au droit des zones non isolées (jonctions plancher-façade, refend-façade, etc.) ;
- de limiter les déperditions thermiques dues à des défauts d'étanchéité à l'air du gros œuvre, des doublages éventuels, des jonctions avec les menuiseries extérieures et des incorporations diverses dans les parois ;
- d'éviter toute dégradation de la paroi ou de la structure existante due à l'humidité ;
- de ne pas dégrader, voire d'améliorer, le confort acoustique (limitation des transmissions latérales) ;
- de respecter la réglementation en fonction du type de bâtiment.

Le diagnostic est principalement basé sur l'acquisition des données suivantes :

- connaissance du parc : historique, évolution architecturale, évolution des réglementations, spécificités régionales, familles de construction (cf. RAGE « Analyse détaillée du parc résidentiel existant ») ;
- connaissance du bâti et de son environnement immédiat, nature des travaux antérieurs, analyse des pathologies observées.



**Avant d'engager les travaux, il est nécessaire de se procurer auprès du maître d'ouvrage les diagnostics amiante et plomb du bâti, de localiser ces produits pendant la phase diagnostic dans les zones concernées par les travaux d'isolation et de les prendre en compte pour l'établissement du programme d'intervention.**

### Note

Il est rappelé qu'en présence de plomb et/ou d'amiante, le démontage, le décapage ou l'encapsulage devront être réalisés par une entreprise qualifiée avant tous travaux d'isolation thermique.

## 7.1. • Description du bâtiment

Le recueil de ces informations facilitera la détermination des caractéristiques des parois, des règles techniques ainsi que des réglementations à respecter lors d'une intervention en ITI. Recueillies lors d'un diagnostic visuel, les données suivantes sont nécessaires pour aider au choix des procédés d'isolation thermique par l'intérieur et ainsi atteindre les performances attendues.

Elles concernent :

- l'environnement extérieur du bâti en termes d'exposition aux bruits, aux intempéries, aux risques naturels ou d'implantation (zone anciennement marécageuse, zone urbaine, masques environnants, etc.) ;
- les caractéristiques géométriques et intrinsèques du bâti (parois opaques extérieures, baies, dispositions architecturales, etc.), ainsi que l'usage du bâti ;
- l'état du bâti et des supports, les pathologies observées ;
- la présence ou non d'une isolation thermique sur tout ou partie des parois, sa performance, son état de conservation ;
- la nature et l'état des équipements techniques (type de chauffage, production d'eau chaude sanitaire, réseau de distribution hydraulique, emplacement des émetteurs de chaleur, réseau électrique, équipements ou composants de ventilation).

**Note**

La hauteur du bâtiment au-dessus du sol (cf. 7.1.1.), l'exposition aux vents de pluie (cf. 7.1.2.) et le classement des murs en fonction de leur résistance à la pénétration de la pluie (cf. 8.2.4.) déterminent la compatibilité de la façade avec les procédés d'isolation thermique par l'intérieur (voir normes NF DTU 20.1 et 23.1 et domaines d'application des procédés sous Avis Technique et Document technique d'application).

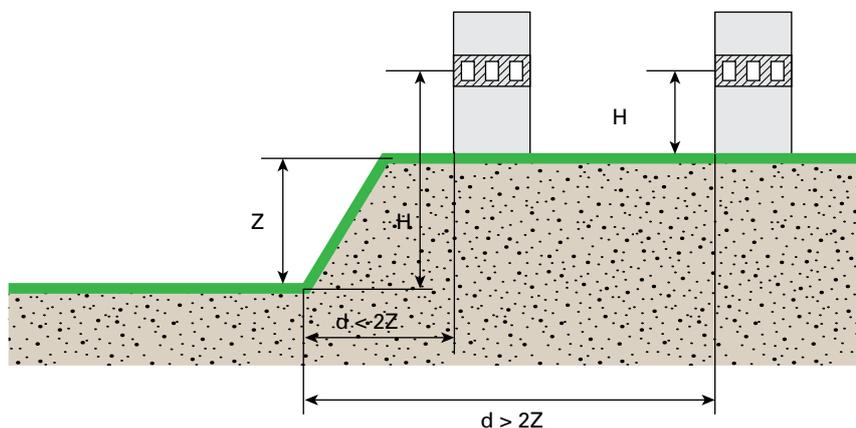
### 7.1.1. • Localisation, hauteur H du bâtiment au-dessus du sol

(Extrait de la norme NF DTU 20.1 P3, art. 4.2.2.)

Pour le classement des façades, on distingue les parois dont la partie supérieure, à une hauteur d'étage courant près, se situe :

- à moins de 6 m au-dessus du sol ;
- entre 6 m et 18 m ;
- entre 18 m et 28 m ;
- entre 28 m et 50 m ;
- entre 50 m et 100 m.

De plus, lorsque la construction est située au-dessus d'une dénivellation de pente moyenne supérieure à 1, la hauteur au-dessus du sol doit être comptée à partir du pied de la dénivellation, sauf si la construction est située à une distance de celle-ci supérieure à deux fois la hauteur de cette dénivellation.



▲ Figure 26 : Détermination de la hauteur de la façade en présence d'un sol avec dénivélé

### 7.1.2. • Exposition de la façade aux vents de pluie

(Extrait de la norme NF DTU 20.1 P3, art. 4.2.3.)

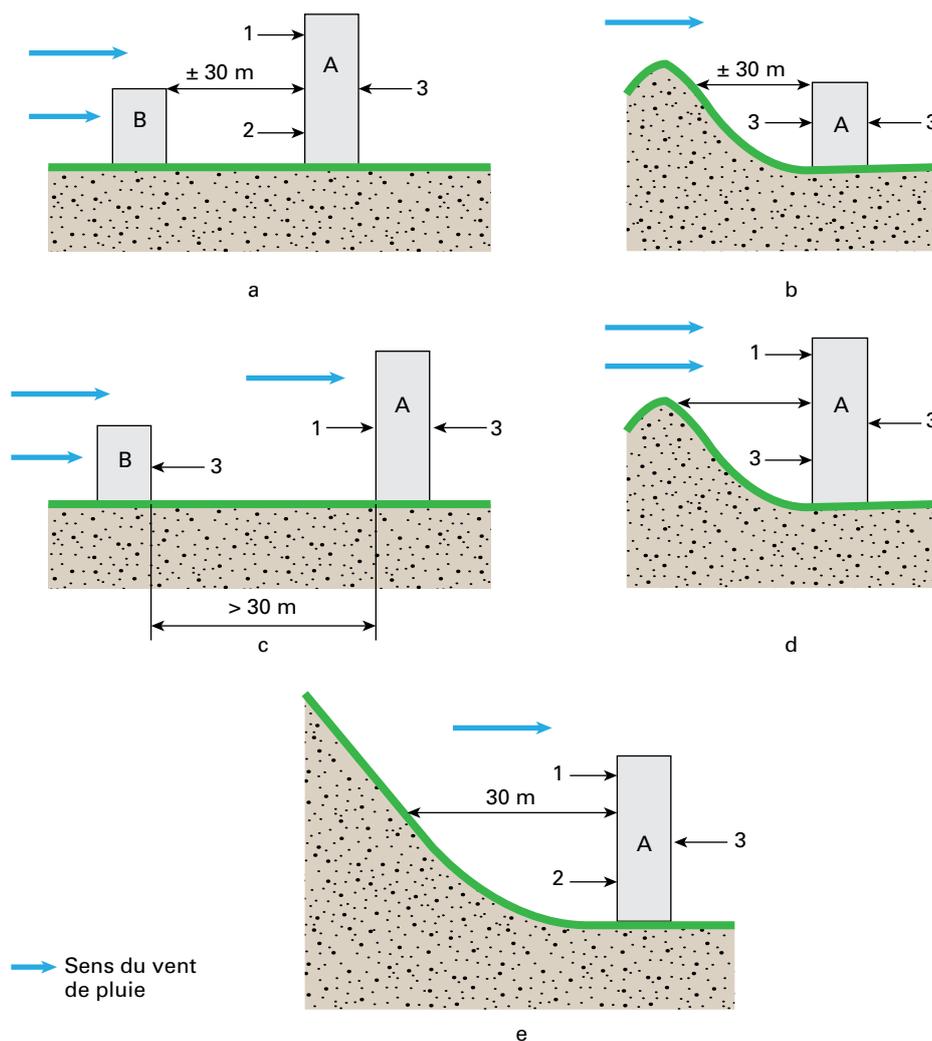
Les façades sont classées en trois catégories :

- les façades abritées ;
- les façades non abritées ;
- les façades en front de mer.

Pour déterminer la catégorie de façade, on examine l'effet de masque apporté par d'autres constructions éventuelles que l'on considère pérennes ou par la topographie du sol.

### Note

La détermination de la catégorie d'exposition de façade permet de définir, en fonction du type de mur maçonné ou béton, son classement en termes de résistance à la pénétration de la pluie (cf. 8.2.4.) puis d'identifier, selon ce classement, les procédés d'isolation compatibles avec cette exposition.



1. Partie de façade non abritée
2. Partie de façade abritée
3. Façade abritée

▲ Figure 27 : Configurations d'exposition des façades aux vents de pluie

## 7.1.3. • Dates de construction et des interventions ultérieures sur les éléments de structure

Elles donnent une indication sur les niveaux de performance de la construction pratiqués durant ces périodes. L'identification des caractéristiques constructives et architecturales permet d'évaluer les performances initiales du bâti et leur évolution en fonction des travaux



ultérieurs à la construction. Elles donnent également une indication sur les contraintes, les pathologies présentes ou les risques de pathologie après travaux.

### 7.1.4. • Types de constructions

Certains bâtiments relèvent d'un concept architectural, technique ou économique particulier (exemples : immeuble haussmannien, HBM [habitation à bon marché]).

L'approche par famille de bâtiments permet d'évaluer approximativement leur niveau de performance thermique initial, leurs qualités et leurs défauts connus (cf. RAGE 2012 « Analyse détaillée du parc résidentiel existant » et « Collection EDF – Bâtiment »).

### 7.1.5. • Affectation-usage avant travaux

La destination du bâtiment et sa configuration permettent d'identifier les réglementations (thermiques, acoustiques, incendie etc.) applicables lors de sa construction :

- habitat individuel (nombre de niveaux, famille d'habitation) ;
- habitat collectif (nombre de niveaux, famille d'habitation) ;
- activité tertiaire (bureaux, établissement recevant du public [ERP] avec indication de hauteur, de type d'activité et de catégorie, immeuble de grande hauteur [IGH]).

## 7.2. • Description du bâti existant et des équipements associés

La description du bâtiment (cf. 7.1.), l'observation détaillée du bâti et, lorsque nécessaire, des sondages complémentaires devront permettre de préciser, pour chacune des parois, la nature, l'épaisseur, la composition et l'état ainsi que la présence ou non de pathologies. Seront également examinées les menuiseries extérieures (type de mise en œuvre, implantation dans l'épaisseur du mur, état) ainsi que les jonctions des parois et des doublages avec ces menuiseries (fenêtres, portes, portes-fenêtres, coffre de volet roulant, etc.).

#### Note

Les dispositions de jonction des doublages intérieurs avec les menuiseries différeront selon que les menuiseries existantes seront conservées, remplacées ou doublées (double fenêtre).

Lorsque la définition et la mise en œuvre des parois existantes relèvent de DTU, on se référera à ces DTU pour faciliter la collecte des informations utiles.

**Note 1**

Une même façade peut avoir une constitution différente d'un niveau à l'autre, en particulier entre le RDC et les étages.

**Note 2**

Il est possible que soit détectée lors de la phase diagnostic la présence de plomb et/ou d'amiante. Deux techniques de traitement pourront être proposées, le décapage ou l'encapsulage. Dans les deux cas, seule une entreprise agréée devra intervenir.

## 7.2.1. • Parois verticales porteuses

### Murs en béton banché (relevant de la norme NF DTU 23.1)

Identifier l'épaisseur et la composition du mur.

### Murs en maçonnerie enduite (relevant des normes NF DTU 20.1 et DTU 26.1)

Identifier le type, l'épaisseur et la composition du mur.

### Murs en maçonnerie non enduite à l'extérieur (relevant de la norme NF DTU 20.1)

Identifier le type, l'épaisseur et la composition du mur.

### Parois à ossature bois (relevant de la norme NF DTU 31.2)

Identifier la composition de la paroi.

### Parois à ossature métallique (relevant des normes NF EN 1090 et NF DTU 32.3)

Identifier la composition de la paroi.

**Note 1**

Les façades et les pignons peuvent également être constitués d'une ossature de poutres et de poteaux en béton complétée par des remplissages maçonnés non porteurs.

**Note 2**

Lorsque les façades existantes comportent une isolation thermique par l'extérieur (ITE), préciser sa composition et son état de conservation. En effet, la présence de cette isolation modifiera les transferts hydriques et pourra nécessiter de renforcer l'étanchéité à la vapeur d'eau du parement intérieur.



## 7.2.2. • Parois verticales non porteuses

Ces parois sont généralement des cloisons séparant des volumes chauffés d'espaces non chauffés.

**Cloisons maçonnées en petits éléments, blocs de béton ou briques (relevant de la norme NF DTU 20.13)**

Identifier le type, l'épaisseur et la composition de la cloison.

**Cloisons en carreaux de plâtre (relevant de la norme NF DTU 25.31)**

Identifier l'épaisseur de la cloison et la nature des revêtements.

**Cloisons en plaques de plâtre sur ossature bois ou métallique (relevant de la norme NF DTU 25.41)**

Identifier l'épaisseur et la composition de la cloison (parements et ossature).

**Cloisons en plaques autres que plâtre (plaques fibrées à base de plâtre ou de ciment) sur ossature bois ou métallique (relevant de l'Avis Technique ou du DTA)**

Identifier l'épaisseur et la composition de la cloison (parements et ossature).

**Cloisons à ossature bois non porteuse avec revêtement intérieur en bois (relevant de la norme NF DTU 36.2)**

Identifier l'épaisseur, la composition de la cloison, la nature des parements (panneaux ou lambris).

**Enduit plâtre sur isolant**

Cette technique relève de la procédure d'Avis Technique.

Identifier la nature et l'épaisseur de l'isolant ainsi que le type et l'épaisseur d'enduit plâtre.

## 7.2.3. • Combles aménagés

Les combles aménagés sont généralement constitués d'une structure porteuse en charpente bois ou métallique, elle-même support d'un plafond horizontal et/ou incliné.

Selon les cas, ils peuvent également comporter des pointes de pignon ainsi que des pieds-droits.

Seules seront examinées ici les toitures froides ventilées.

Les couvertures concernées seront celles visées dans les normes NF DTU de la série 40.

### 7.2.3.1. • Parois horizontales supports

#### Structure

La connaissance du type de structure et de son état de conservation permet d'identifier les règles techniques applicables et d'évaluer la compatibilité de ces structures avec le procédé d'isolation thermique par l'intérieur choisi :

- charpente bois traditionnelle : technique relevant du DTU 31.1 ;
- charpente métallique : technique relevant du DTU 32.1 ;
- charpente bois industrielle, type ferme en A : technique relevant du DTU 31.3 ;
- planchers dalle pleine béton : technique courante DTU 21 ;
- planchers dalles alvéolées en béton précontraint : technique courante DTU 23.2 ;
- dalle plancher prédalle béton et bac collaborant : technique relevant des Avis Techniques et des DTA et CPT associés ;
- planchers poutrelles et entrevous, suivant nature des poutrelles et des entrevous : technique relevant des Avis Techniques, des DTA et des CPT planchers associés ;
- planchers bois (suivant nature des dalles, panneaux, etc.) : technique relevant des DTU 31.1 et 51.3 ;
- plancher particulier torchis, mâchefer, chape, etc.

#### Plafond existant

La connaissance de la composition du plafond support et des équipements associés permet d'évaluer la compatibilité avec le procédé d'isolation thermique par l'intérieur choisi et de définir les dispositions techniques nécessaires lors de sa mise en œuvre :

- isolant (nature, épaisseur, état, position par rapport à l'ossature et au parement) ;
- présence de pare-vapeur ou de membrane d'étanchéité à l'air ;
- type et épaisseur du parement (panneaux bois, plaque de plâtre, plaques de ciment, autres plaques, lambris, plafonnettes en terre cuite, etc.) ;
- plâtre sur lattis, perfoplaque, etc. ;
- ossature secondaire éventuelle mise en place ;
- type d'ossature (métallique, bois), dimensions et espacement ;
- type et espacement des suspentes ;



- type et épaisseur des complexes de doublage plaque-isolant fixés mécaniquement ;
- traitement éventuel des traversées et des incorporations ;
- présence de trappes de visite et dispositions prises pour le traitement des jonctions ;
- présence de conduits (VMC, fumées, etc.) et dispositions prises pour le traitement des traversées.

### Note

Si un traitement des jonctions avec les parties verticales a été réalisé, il sera également décrit.

## 7.2.3.2. • Parois inclinées supports

### Structure

La connaissance du type de structure et de son état de conservation permet d'identifier les règles techniques applicables et d'évaluer la compatibilité de ces structures avec le procédé d'isolation thermique par l'intérieur choisi :

- charpente bois traditionnelle : technique relevant du DTU 31.1 ;
- charpente métallique : technique relevant du DTU 32.1 ;
- charpente bois industrielle, type ferme en A : technique relevant du DTU 31.3 ;
- plancher rampant poutrelles-entrevous : technique relevant d'Avis Technique, de DTA et de CPT Planchers associés.

### Plafond existant

La connaissance de la composition du plafond support et des équipements associés permet d'évaluer la compatibilité avec le procédé d'isolation thermique par l'intérieur choisi et de définir les dispositions techniques nécessaires lors de sa mise en œuvre :

- isolant (nature, épaisseur, position par rapport à l'ossature et le parement) ;
- présence de pare-vapeur ou de membrane d'étanchéité à l'air ;
- type et épaisseur du parement (panneaux bois, plaque, lambris, éléments de terre cuite, etc.) ;
- ossature secondaire éventuelle mise en place ;
- type d'ossature (métallique, bois), dimensions et espacement ;
- type et espacement des suspentes ;
- type et épaisseur des complexes de doublage plaque-isolant fixés mécaniquement ;
- traitement éventuel des traversées et des incorporations ;

- présence de conduits (VMC, fumées, etc.) et dispositions prises pour le traitement des traversées.

### Note

En présence d'un isolant mince réfléchissant existant et à conserver, et afin d'éviter tout risque de condensation dans l'épaisseur de l'isolant complémentaire, il est indispensable de prévoir la pose d'un pare-vapeur continu de Sd au moins égal à 90 m positionné entre le complément d'isolation et le parement intérieur (cf. 8.2.2.).

### 7.2.3.3. • Pieds-droits et pointes de pignon

Le pied-droit peut être de conception identique à la façade lorsque le mur est prolongé au-delà du plancher des combles jusqu'à l'appui de la charpente de toiture (sablère). Dans ce cas, on rappellera sa nature et sa constitution :

- murs en béton banché : technique relevant du DTU 23.1 ;
- murs en maçonnerie enduite (nature et type des éléments, nature des enduits) : technique relevant du DTU 20.1 ;
- murs en maçonnerie non enduite à l'extérieur (nature et type des éléments, nature des enduits) : technique relevant du DTU 20.1 ;
- parois à ossature bois : technique relevant du DTU 31.2 ;
- parois à ossature métallique : technique relevant de la norme NF EN 1090 et du DTU 32.3.

Lorsque le pied-droit est constitué d'une paroi non porteuse, contre-cloison, panneau sandwich, on précisera sa nature et sa composition :

- complexes d'isolation thermique (plaque-isolant) collés ou fixés mécaniquement ;
- sandwiches d'isolation thermique (plaque-isolant-plaque) fixés sur ossature bois ;
- contre-cloisons en plaques-panneaux, lambris bois sur ossature bois ou métallique, avec isolant ;
- contre-cloisons maçonnées (briques, blocs béton, béton cellulaire, carreaux de plâtre), avec isolant.

### 7.2.4. • Combles aménageables

Il s'agit de combles non aménagés mais dont la constitution et les dimensions permettent l'aménagement.

#### 7.2.4.1. • Parois horizontales supports

La connaissance du type de structure et de son état de conservation permet d'identifier les règles techniques applicables et d'évaluer la



compatibilité de ces structures avec le procédé d'isolation thermique par l'intérieur choisi :

- charpente bois traditionnelle : technique relevant du DTU 31.1 ;
- charpente métallique : technique relevant du DTU 32.1 ;
- charpente en fermette bois : technique relevant du DTU 31.3 ;
- planchers dalle béton ;
- planchers poutrelles et entrevous (nature des poutrelles et des entrevous) : technique relevant d'Avis Technique, de DTA et de CPT Planchers associés ;
- planchers bois (nature des dalles, panneaux, etc.) : technique relevant du DTU 31.1 et du DTU 51.3 ;
- plancher particulier torchis, mâchefer, chape, etc.

#### Note

Il convient d'évaluer la compatibilité de la capacité portante des parois supports avec la surcharge due au poids du procédé d'isolation thermique envisagé.

### 7.2.4.2. • Parois inclinées supports

La connaissance du type de structure et de son état de conservation permet d'identifier les règles techniques applicables et d'évaluer la compatibilité de ces structures avec le procédé d'isolation thermique par l'intérieur choisi :

- charpente bois traditionnelle : technique relevant du DTU 31.1 ;
- charpente métallique : technique relevant du DTU 32.1 ;
- charpente bois industrielle, fermette en A : technique relevant du DTU 31.3 ;
- plancher rampant poutrelles-hourdis : technique relevant d'Avis Technique, de DTA et de CPT Planchers associés.

#### Note

En présence d'un écran de sous toiture et selon ses performances (Sd), des dispositions constructives particulières sont à prendre en vue d'assurer la ventilation de la sous-toiture (lame d'air à réaliser se reporter au guide (RAGE 2012) « Isolation thermique par l'intérieur – Travaux neufs »).

### 7.2.4.3. • Pieds-droits et pointes de pignon

Le pied-droit peut être de conception identique à la façade lorsque le mur est prolongé au-delà du plancher des combles jusqu'à l'appui de la charpente de toiture (sablière). Dans ce cas, on rappellera sa nature et sa constitution :

- murs en béton banché : technique relevant du DTU 23.1 ;
- murs en maçonnerie enduite (nature et type des éléments, nature des enduits) : technique relevant du DTU 20.1 ;



- murs en maçonnerie non enduite à l'extérieur (nature et type des éléments, nature des enduits) : technique relevant du DTU 20.1 ;
- parois à ossature bois : technique relevant du DTU 31.2 ;
- parois à ossature métallique : technique relevant de la norme NF EN 1090 et du DTU 32.3.

## 7.2.5. • Combles perdus

Le support de l'isolant à mettre en place sera soit la paroi horizontale supérieure constituant le plancher haut, soit le plafond existant du local, lui-même fixé sous la charpente des combles. L'isolant sera, selon les cas, positionné au-dessus ou au-dessous du plancher ou du plafond existant.

Si un isolant est déjà présent, il convient de vérifier son état. Il ne doit pas se désagréger au toucher ni présenter de trace de moisissure ou d'humidité.

Si un pare-vapeur doit être appliqué (membrane ou plaques revêtues de pare-vapeur), celui-ci doit être mis en œuvre côté chaud, sous l'isolant. Dans ce cas, il sera nécessaire de retirer l'ancien isolant.

### 7.2.5.1. • Structure horizontale support

La connaissance du type de structure et de son état de conservation permet d'identifier les règles techniques applicables et d'évaluer la compatibilité de ces structures avec le procédé d'isolation thermique par l'intérieur choisi :

- charpente bois traditionnelle : technique relevant du DTU 31.1 ;
- charpente métallique : technique relevant du DTU 32.1 ;
- charpente bois industrielle, type fermette en W : technique relevant du DTU 31.3 ;
- planchers dalle béton ;
- planchers poutrelles et hourdis (nature des poutrelles, des hourdis et des entrevous) : technique relevant d'Avis Techniques, de DTA et de CPT Planchers associés ;
- planchers bois (nature des dalles, panneaux, etc.) : technique relevant du DTU 31.1 et du DTU 51.3.

### 7.2.5.2. • Plafond existant

La connaissance de la composition du plafond support et des équipements associés permet d'évaluer la compatibilité avec le procédé d'isolation thermique par l'intérieur choisi et de définir les dispositions techniques nécessaires lors de sa mise en œuvre :

- isolant (nature, épaisseur, position par rapport à l'ossature et au parement) ;



- présence de pare-vapeur ;
- présence de membrane d'étanchéité à l'air ;
- type et épaisseur du parement (panneaux bois, plaque, lambris, éléments de terre cuite, etc.) ;
- ossature secondaire éventuelle mise en place ;
- type d'ossature (métallique, bois), dimensions et espacement ;
- type et espacement des suspentes ;
- type et épaisseur des complexes de doublage plaque-isolant fixés mécaniquement ;
- traitement éventuel des traversées et des incorporations ;
- présence de trappes de visite et dispositions prises pour le traitement des jonctions ;
- présence de conduits (VMC, fumées, etc.) et dispositions prises pour le traitement des traversées ;
- présence de canalisations susceptibles de geler.

## 7.2.6. • Isolation thermique existante sur paroi verticale

### 7.2.6.1. • Procédés d'isolation thermique mis en œuvre

La connaissance de la nature et de la composition du système d'isolation thermique existant permet d'identifier les règles techniques correspondantes, d'évaluer sa compatibilité avec le procédé d'isolation thermique complémentaire par intérieur choisi et de définir les dispositions techniques nécessaires lors de sa mise en œuvre :

- complexes d'isolation thermique (PSE, XPS, PUR) collés ou fixés mécaniquement : technique relevant du DTU 25.42 ;
- complexes d'isolation thermo-acoustique (PSE élastifié, laine minérale) collés : technique relevant du DTU 25.42 ;
- sandwichs d'isolation thermique (PSE, XPS, PUR) fixés mécaniquement : technique relevant du DTU 25.42 ;
- présence de pare-vapeur ;
- présence de membrane d'étanchéité à l'air : technique relevant des Avis Technique, des DTA et des CPT planchers associé ;
- plaques de plâtre fixées sur ossature bois ou métal sans appui intermédiaire : technique relevant du DTU 25.41 ;
- plaques de plâtre fixées sur ossature bois ou métal avec appuis intermédiaires : technique relevant du DTU 25.41 ;
- panneaux bois, frises, lambris fixés sur ossature bois : technique relevant du DTU 31.2 ;
- autres types de parement intérieur (frises PVC) ;



- procédés d'isolation faisant intervenir d'autres parements (plaques ciment, par exemple) ;
- contre-cloisons maçonnées (briques, blocs béton, béton cellulaire, carreaux de plâtre, etc.) : techniques relevant du DTU 25.1 ;
- autre procédé : isolant collé sur paroi avec plâtre projeté, par exemple ;
- dispositions éventuelles et description du traitement en pied de cloisons (calfeutrement, par exemple) ;
- dispositions éventuelles et description du traitement des traversées de cloisons et les incorporations ;
- dispositions éventuelles et description du traitement des jonctions avec les menuiseries (portes, fenêtres, coffres de volets roulants).

### Note

Selon la constitution et dans tous les cas préciser le type, l'épaisseur et la position de l'isolant, le type et l'espacement de l'ossature et des appuis intermédiaires, etc.

## 7.3. • Constat de l'état des parois et des produits et équipements intégrés

Outre la composition et les caractéristiques techniques des composants des parois à doubler, on observera leur état ainsi que la présence d'éventuelles pathologies.

### Note

Le diagnostic doit être effectué par des professionnels compétents ou par un expert.

### 7.3.1. • État des parois

#### 7.3.1.1. • Présence de fissures

En présence de fissures :

- décrire les fissures (localisation, dimensions ou étendu, âge, fissure inerte ou active, etc.) ;
- évaluer le risque de pathologies et la nécessité de traitement.

#### 7.3.1.2. • Humidité des parements

Les causes peuvent être les suivantes :

- défaut ou absence de ventilation (entrées d'air obstruées, par exemple) ;



- défaut d'isolation thermique (absence locale d'isolant, pont thermique structurel, etc.) ;
- défauts d'étanchéité à l'eau de la paroi ou de la couverture (infiltrations, par exemple) ;
- remontées capillaires dans la hauteur du RDC.

Il convient de procéder à l'identification des causes, à l'évaluation du risque et de la nécessité de traitement.

### 7.3.1.3. • Présence de micro-organismes

Ils se manifestent le plus souvent sous forme de taches noires.

Il convient d'identifier les causes (humidité permanente au droit des ponts thermiques, par exemple) et de définir le traitement susceptible d'y remédier.

### 7.3.1.4. • Présence de fantômes

Il s'agit de zones généralement plus sombres que le reste du parement. Cette coloration a pour origine une température de surface localement plus basse.

Il convient d'identifier les causes (ponts thermiques non traités, circulation d'air parasite, etc.) et d'évaluer la nécessité de traitement.

### 7.3.1.5. • Présence de traces de sinistres antérieurs non traités correctement

Il peut s'agir de dégâts des eaux, d'incendie, etc.

### 7.3.1.6. • Présence d'amiante ou de plomb

Il est rappelé qu'en présence de plomb et/ou d'amiante, le démontage, le décapage ou l'encapsulage devront être réalisés par une entreprise qualifiée avant tout travaux d'isolation thermique.

### 7.3.1.7. • Aspect de surface

Il convient de rechercher la présence de pulvérulence, de graisse, de suie, etc. non compatible avec un procédé d'isolation thermique mis en œuvre par collage.

### 7.3.1.8. • Planéité des parois

La planéité générale est à évaluer à la règle de 2,00 m.

### 7.3.1.9. • Verticalité et horizontalité

Les défauts de verticalité et d'horizontalité sont à évaluer en cm/ml.

## 7.3.2. • État des structures porteuses bois (plancher-charpente)

L'inspection des différents constituants des éléments de structure sur lesquels les procédés d'isolation vont être rapportés a pour objectif :

- d'évaluer la qualité structurelle des structures bois (plancher-charpente) et des assemblages ;
- de diagnostiquer la présence et la localisation d'éventuelles pathologies d'origine biologique (dégâts ou traces d'attaque d'insectes ravageurs de bois d'œuvre, dégradation fongique) ;
- de contrôler l'humidité des pièces de bois.

### 7.3.2.1. • Évaluation de la qualité structurelle des ouvrages bois

Les charges d'isolation rapportées étant limitées, il n'est pas nécessaire de procéder systématiquement à une vérification par calcul de la résistance mécanique des structures sous les nouvelles combinaisons de charges.

Néanmoins, et avant toute opération d'isolation, il est nécessaire de procéder à une inspection détaillée des éléments structuraux constitutifs des charpentes et/ou des planchers bois pour s'assurer de leur qualité mécanique.

#### Pièces de bois

Il convient de déterminer le type d'essence et la qualité mécanique des bois pour s'assurer qu'ils présentent une résistance mécanique suffisante. La détermination de l'essence de bois peut être faite *in situ* ou par analyse en laboratoire sur prélèvement.

Les caractéristiques mécaniques des pièces de bois peuvent être évaluées par classement visuel, à partir des singularités du bois (nœuds, fentes, flaches, pentes de fil, etc.), en se basant sur la norme NF B 52-001 pour les bois massifs français.

En présence de bois reconstitués (lamellé-collé, BMR), un contrôle visuel des plans de collage permet de s'assurer notamment de leur non-dégradation.

Pour finir, un contrôle visuel de la déformation des pièces doit être réalisé. Si ce dernier révèle des déformations de l'ouvrage trop importantes, il convient de procéder à un dimensionnement de la structure sous les nouvelles combinaisons de charges afin de s'assurer que cette dernière est en mesure de reprendre correctement les éléments rapportés.



## Assemblages

L'inspection des assemblages doit principalement permettre de contrôler l'absence de détérioration, de déplacement significatif ou de détachement. Si une anomalie est constatée, un relevé de constitution est nécessaire en vue d'une vérification du dimensionnement.

### 7.3.2.2. • Contrôle des altérations biologiques

Une inspection des éléments bois doit être menée pour s'assurer qu'aucune altération d'origine biologique n'est existante. L'étendue des dégradations causées par des agents d'altération biologique doit être évaluée par sondages avec purge jusqu'au bois sain.

En cas de problèmes, les travaux appropriés pour lutter efficacement contre les infestations doivent être réalisés par une entreprise spécialisée avant d'engager les travaux d'isolation.

Les principaux agents d'altération biologiques du bois sont :

#### Les attaques fongiques (champignons)

Les champignons ne s'attaquent qu'à des bois dont l'humidité est supérieure à 20-25 %. Leur développement est la conséquence d'une humidité excessive au sein des éléments de bois attaqués ou d'une inadéquation de leur durabilité (naturelle ou conférée par traitement) par rapport à celle requise par la classe d'emploi.

On distingue :

- les champignons lignicoles (moisissure ou bleuissement) qui se développent en surface du bois uniquement et n'occasionnent que des dégâts esthétiques ;
- les champignons lignivores (ou champignons de pourriture) qui dégradent les constituants de la paroi cellulaire du bois et provoquent des pertes de matière et de propriétés mécaniques. Les différents types de pourriture sont les suivants :
  - la pourriture cubique (ou pourriture brune), qui attaque préférentiellement les bois résineux,
  - la pourriture fibreuse (ou pourriture blanche), qui attaque préférentiellement les feuillus,
  - la pourriture molle, qui se développe généralement au-delà de 50 % d'humidité dans le bois, principalement sur les feuillus.

#### Les insectes

Les insectes à larves xylophages, les insectes nidificateurs et les termites souterrains dégradent les composants du bois et provoquent des pertes de matière et de propriétés mécaniques.

Les principaux insectes à larves xylophages sont :

- le capricorne des maisons, qui n'attaque que les bois résineux ;
- le lyctus, qui n'attaque que des bois feuillus ;
- la vrillette (grande et petite), qui attaque tous les bois feuillus ou résineux d'essences tempérées.

Les principales manifestations de présence d'insectes à larves xylophages sont :

- des galeries dans le bois ;
- des trous de sortie à la surface du bois, dont la forme et la dimension sont caractéristiques du type d'insectes ;
- de la vermoulure sur le bois ou au sol, dont la forme et la dimension sont également caractéristiques du type d'insectes ;
- la présence de larves et d'insectes ;
- éventuellement des bruits de grignotement.

Les termites s'attaquent à un très grand nombre d'essences de bois.

En France métropolitaine, les régions du sud et en particulier du sud-ouest sont les plus fortement infestées.

### Note

La carte des « départements couverts par un arrêté préfectoral délimitant les zones infestées par les termites » est consultable sur les sites internet du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie : [www.developpement-durable.gouv.fr](http://www.developpement-durable.gouv.fr) rubrique « Bâtiment et construction ».

Les insectes nidificateurs s'attaquent plutôt aux bois tendres ou humides, déjà envahis par des champignons. Les insectes nidificateurs les plus courants sont les abeilles charpentières et les fourmis charpentières.

### 7.3.2.3. • Humidité

La pérennité des ouvrages en bois dépend de l'adéquation entre la durabilité pour la classe d'emploi prévue et les conditions réelles d'humidification.

Une humidité anormale peut en effet générer des développements fongiques qui modifieront les caractéristiques mécaniques du bois.

Ainsi, une inspection visuelle et des mesures de teneur en humidité des pièces de bois permettent de vérifier l'état des bois en partie courante et au droit des points singuliers (ancrage des appuis dans le gros œuvre, par exemple), en comparant les valeurs obtenues avec les valeurs d'équilibre hygroscopique du bois en fonction de la température et de l'humidité de l'air ambiant.

En cas de mesure d'humidité anormale, il convient d'identifier et de supprimer les causes de cette humidification.



### 7.3.2.4. • Récapitulatif des principaux critères de diagnostic pour l'évaluation des structures porteuses bois (plancher, charpente)

Points à diagnostiquer		Principaux critères de diagnostic
Qualité structurale	Éléments constitutifs de la charpente et/ou du plancher	Fissuration importante des pièces Qualité visuelle des bois (taille des nœuds, entre-écorce, etc.) Plans de collage des éléments reconstitués Déformations importantes des pièces fléchies Flambement ou déversement des pièces
	Assemblages	Rupture des assemblages Déplacement ou détachement des pièces assemblées Déchaussement des connecteurs de charpente industrielle
Altérations biologiques	Attaques d'insectes à larves xylophages	Trous Galeries Vermoulures
	Attaques de termites	Vides sous une pellicule de surface ou galeries étroites sans sciures Galeries-tunnels ou cordonnets construits sur les matériaux durs Présence de petits trous de 2 mm environ
	Attaques fongiques (champignons lignivores)	Pourriture cubique, fibreuse ou molle
Humidité		Mesure de taux d'humidité anormaux Constat visuel d'une humidification anormale des éléments

▲ Tableau 1 : Récapitulatif des critères de diagnostic pour l'évaluation des structures bois

### 7.3.3. • État des produits intégrés et des équipements associés



**Cette question doit être soulevée lors du diagnostic et être prise en compte afin de déterminer si des travaux touchant les produits intégrés et/ou des équipements sont ou non nécessaires.**

**S'ils sont prévus, il est préférable que ces travaux soient programmés avant ou en même temps que ceux concernant la mise en œuvre d'un procédé d'isolation thermique par l'intérieur, cela afin de ne pas détériorer les performances du procédé.**

#### 7.3.3.1. • Menuiseries extérieures et intérieures

Types de menuiserie et de vitrage, type de pose, présence ou absence de grille de ventilation intégrée, détalonnage des portes.

### 7.3.3.2. • Coffres de volets roulants

Types de coffrage, type de pose.

### 7.3.3.3. • Ventilation : type, état de fonctionnement

En fonction de leur âge, les bâtiments anciens sont :

- soit complètement dépourvus de système de ventilation, l'ouverture des fenêtres constituant alors la seule source d'aération des locaux ;
- soit pourvus d'un système de ventilation naturelle incluant des conduits débouchant en toiture et des grilles d'entrée d'air dans les pièces de service ;
- soit, plus récemment, ou dans le cadre d'une opération de rénovation, équipés d'une ventilation mécanique contrôlée simple flux ou double flux.



**Il est nécessaire de s'assurer lors du diagnostic du bon fonctionnement du système de ventilation existant s'il est maintenu (contrat d'entretien, par exemple) et de sa compatibilité avec les travaux prévus afin de ne pas compromettre la durabilité des travaux d'isolation par une dégradation ultérieure due à des défauts du système d'aération.**

Par ailleurs, les travaux de réhabilitation peuvent modifier sensiblement les conditions de ventilation des logements par l'amélioration de l'étanchéité à l'air qui réduit le renouvellement d'air.



**Une intervention ultérieure sur la ventilation peut rendre complexe sa mise en œuvre et dégrader les performances du procédé d'isolation thermique par l'intérieur.**

C'est pourquoi il est fortement conseillé d'envisager, en parallèle aux travaux concernant la mise en œuvre du procédé d'isolation thermique par l'intérieur, l'installation d'un système de ventilation ou bien le redimensionnement des composants existants (entrées d'air, grilles de ventilation, bouches d'extraction, etc.).

Voir en [ANNEXE C] l'historique des réglementations concernant la ventilation.



**Attention à ne pas dégrader la ventilation liée aux équipements à gaz lors de la réalisation des travaux de rénovation thermique.**



## Composants

**Pour rappel, les composants usuels des systèmes de ventilation sont :**

- les entrées d'air ;
- les bouches d'extraction d'air ;
- les groupes VMC ;
- les diffuseurs d'air ;
- le réseau d'air vertical ou horizontal.

**Sur les parois verticales, identifier :**

- la présence et la localisation d'amenée d'air (hors menuiseries) dans la paroi ;
- la présence et la localisation de dispositif d'extraction (bouche d'extraction).

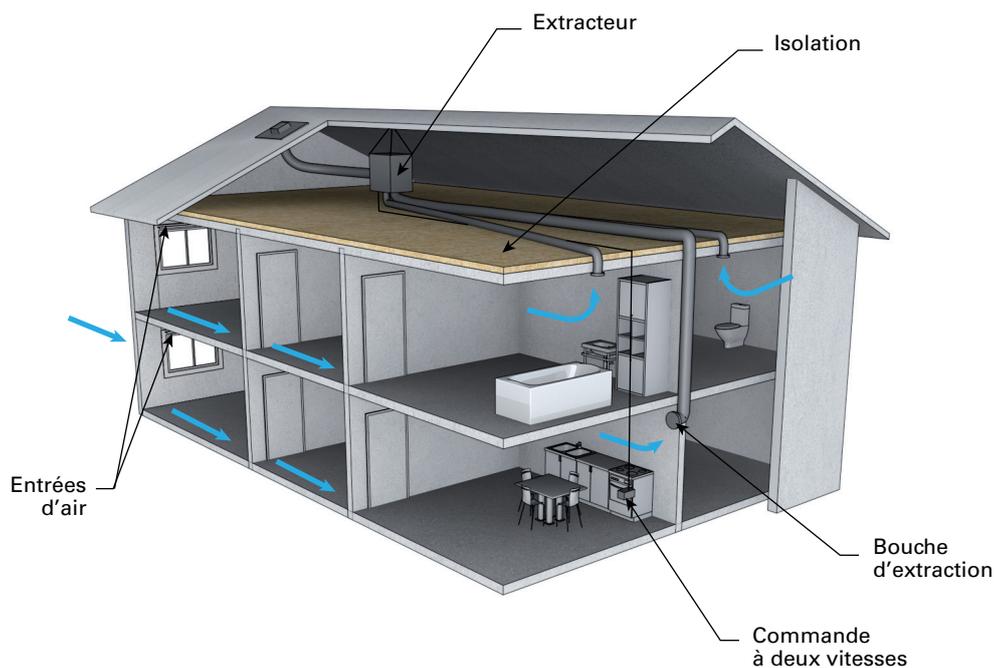
**Dans les combles ou au-dessus des plafonds, identifier :**

- la présence de conduits de liaison ou de réseau aéraulique ;
- le dispositif d'extraction (groupe d'extraction) ;
- les réserves d'accès à l'entretien de ces dispositifs ;
- la présence de dispositif d'extraction (raccord à une bouche d'extraction).

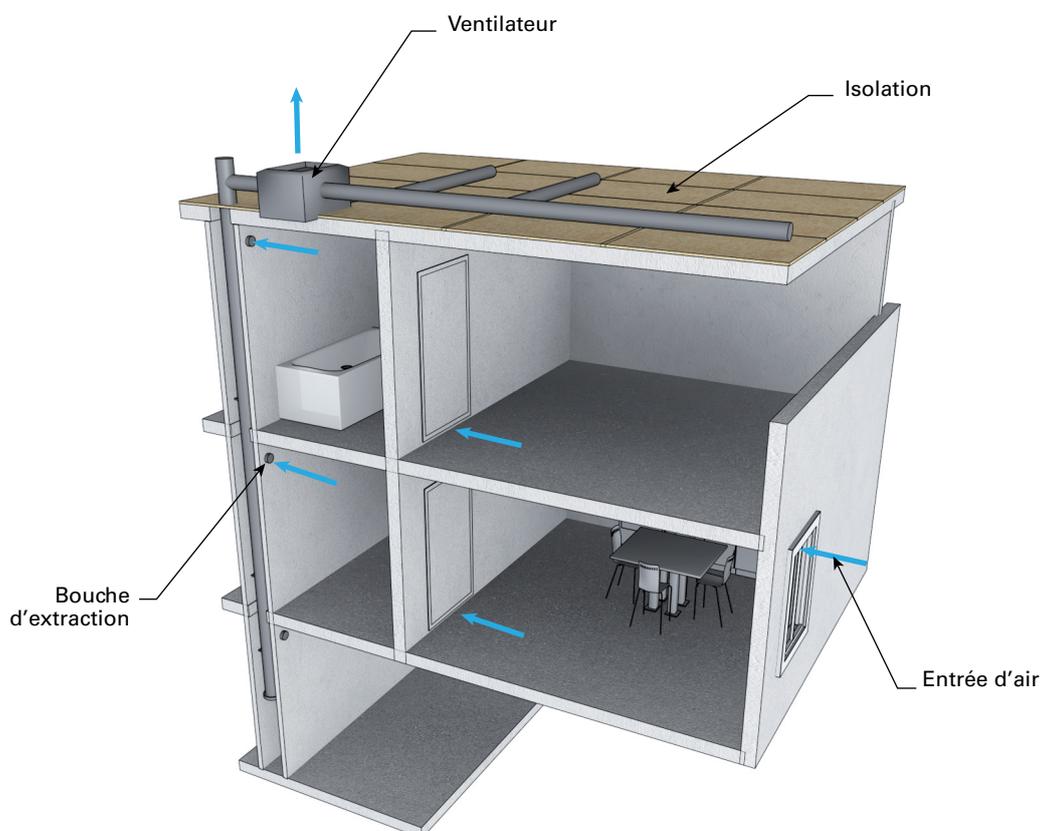
### Note

Prévoir l'isolation des conduits de ventilation passant hors du volume chauffé pour éviter les condensations dans les conduits collecteurs. Vérifier également l'absence de points bas susceptibles de stocker les condensats.

**Sur la toiture, identifier le dispositif de rejet.**



▲ Figure 28 : Exemple de réseau de ventilation mécanique (VMC) en maison individuelle



▲ Figure 29 : Exemple de réseau de ventilation mécanique (VMC) en logement collectif

Dans le cas de ventilation naturelle par conduit, des bouches peuvent être montées en traversée de parois (en partie haute) ou raccordées à un conduit d'extraction de type :



- conduit collectif desservant plusieurs logements (conduit *shunt*) ;
- conduit individuel desservant une seule bouche d'extraction.

### Pathologies et dysfonctionnements généralement constatés

Les problèmes les plus récurrents dans le résidentiel (individuel et collectif) sont :

- des courants d'air ;
- des condensations et/ou des moisissures et des poussières ;
- un bruit jugé gênant, etc.

#### Note

Pour plus de renseignements, il convient de se reporter aux documents suivants :

- RAGE 2012 « VMC simple flux en habitat individuel », février 2013 ;
- RAGE 2012 « VMC simple flux en habitat collectif », février 2013.

### 7.3.3.4. • Type, état de fonctionnement du système de chauffage (interventions à prévoir)

Les gains énergétiques ne dépendent pas uniquement de la performance du système de production, mais de l'ensemble de composants suivants du système de chauffage qui doivent être pris en compte dans le diagnostic :

- les émetteurs (maintenus si surdimensionnés pour un fonctionnement à basse température) ;
- les régulations locales (robinets thermostatiques et thermostats d'ambiance) ;
- les programmations (programmateur des consignes jour-nuit, présence-absence) ;
- les gestions des systèmes de production (appoint-en relèvement simultané ou en cascade, etc.) ;
- leurs régulations (les lois d'eau) ;
- l'isolation du réseau de distribution ;
- les autres composants (pompes).

#### Note

Pour plus de renseignements, il convient de se reporter au document suivant : RAGE 2012 « Stratégies de rénovation-Fiches Solutions techniques », avril 2013.

### 7.3.3.5. • Plomberie sanitaire

Relever la présence de canalisations d'eau en charge qu'il conviendra de déplacer côté chaud ou d'isoler thermiquement en fonction de leur localisation.

Relever et identifier la présence des différents appareils sanitaires (y compris leurs évacuations) ainsi que les différents corps de chauffe afin d'anticiper leur déplacement.

### 7.3.3.6. • Équipements électriques

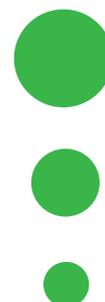
Relever la présence d'un réseau électrique dans les parois ou au-dessus des plafonds dans les combles, noter ce qu'il conviendra de déplacer avant d'isoler, en particulier la modification d'emplacement ou le remplacement des éclairages encastrés qui peuvent, du fait de l'échauffement local, présenter un risque d'inflammation dans le plénum.





## Aide au choix du procédé d'isolation thermique ou thermo-acoustique

# 8



Le choix du procédé d'isolation thermique par l'intérieur et le choix de l'isolant dépendront :

- de la nature, la composition et l'exposition à l'eau de la paroi (voir diagnostic de l'existant) ;
- de son état de conservation et de son équilibre hygroscopique (voir diagnostic de l'existant) ;
- de la nature et de l'état des jonctions avec les autres parois et les équipements associés (voir diagnostic de l'existant) ;
- de l'épaisseur maximale admissible du doublage (cahier des charges du projet, voir note ci-après) ;
- de la résistance thermique attendue (cahier des charges du projet) ;
- des exigences environnementales et sanitaires (cahier des charges du projet) ;
- des exigences techniques de bon comportement mécanique du doublage (localisation du doublage) ;
- des exigences complémentaires d'isolement acoustique, de protection contre les risques en cas d'incendie et de comportement sismique (selon les réglementations applicables).

Il convient également de vérifier que la structure existante qui doit recevoir le système d'isolation thermique à mettre en œuvre est susceptible de supporter sans risque pour la sécurité et sans déformation excessive le poids de ce système. La vérification de la résistance mécanique concernera plus particulièrement les ossatures bois existantes telles que chevrons, solives, pannes, entrants de fermette, etc. (cf. 7.3.2. et règles de calcul des ouvrages en bois – Eurocode 5).

Le procédé choisi sera mis en place sur les parois existantes. Il pourra également remplacer un système d'isolation installé précédemment.

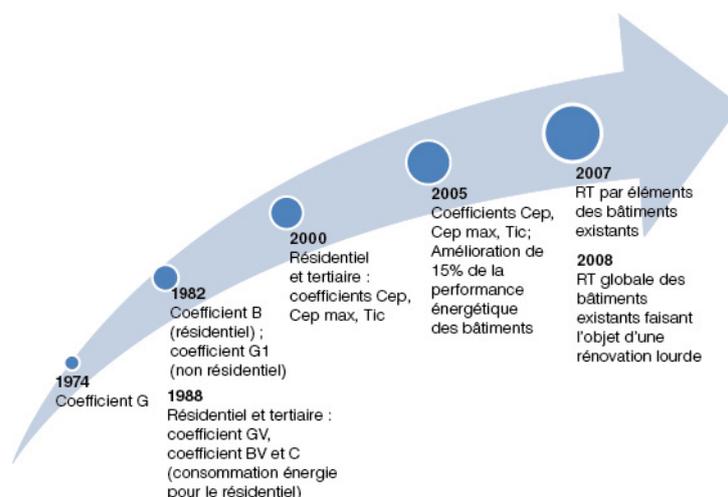
L'épaisseur maximale admissible des doublages verticaux tiendra compte de l'impact du procédé sur la surface habitable.

## 8.1. • Performances attendues

### 8.1.1. • Performances thermiques et énergétiques

#### 8.1.1.1. • Historique des précédentes réglementations thermiques

Cet historique facilitera l'identification de la composition des parois isolées et de la nature des équipements en fonction de l'âge du bâtiment ou de la date des travaux.



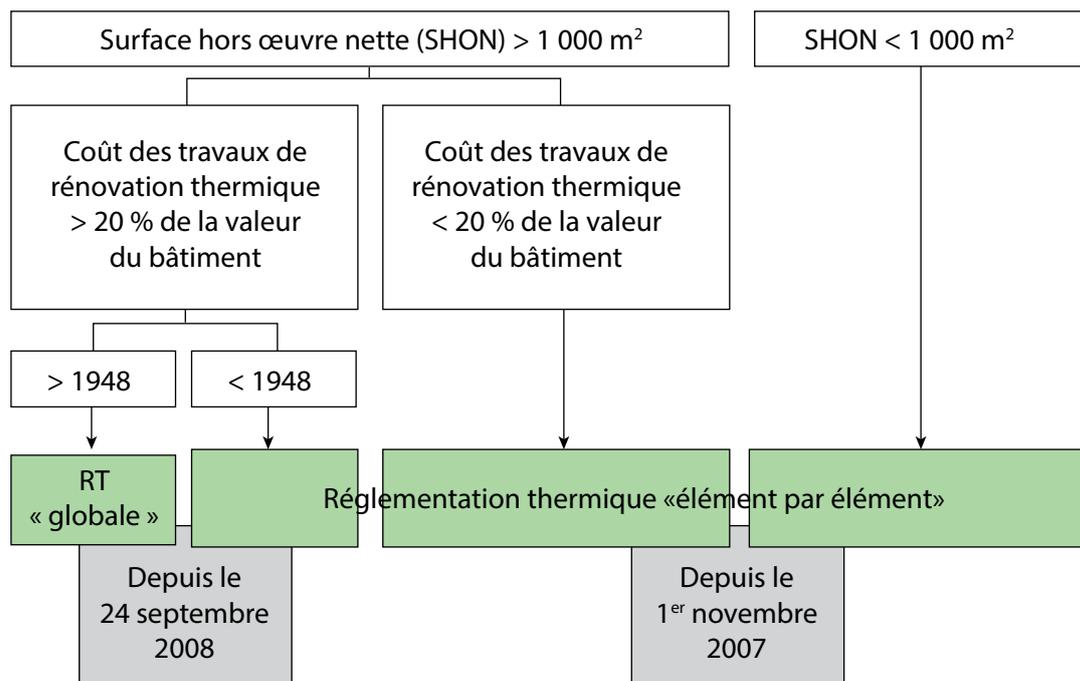
▲ Figure 30 : Dates clés des précédentes réglementations thermiques

Voir en [ANNEXE B] le rappel de l'évolution des réglementations thermiques.

#### 8.1.1.2. • Réglementations thermiques dans l'existant

La réglementation thermique des bâtiments existants comporte deux parties : la RT existant globale et la RT existant par élément :

- la RT existant globale, couverte par l'arrêté du 8 juin 2008, s'applique aux bâtiments construits après 1948 et aux rénovations importantes lorsque la surface du bâtiment est supérieure à 1 000 m<sup>2</sup> et lorsque le coût des travaux est supérieur à 25 % de la valeur du bâtiment concerné ;
- la RT existant par élément, couverte par l'arrêté du 3 mai 2007, s'applique aux cas de rénovation non visés par la RT existant globale.



▲ Figure 31 : Récapitulatif des critères d'application de l'un ou l'autre des volets de la réglementation thermique des bâtiments existants

Si les travaux concernent une extension, ils sont à considérer comme des travaux neufs et traités comme tels. On se reportera alors au guide RAGE 2012 « Isolation thermique par l'intérieur – Travaux neufs ». Toutefois, si l'extension présente une  $SHON_{RT}$  inférieure à  $150 \text{ m}^2$  et à 30 % de la  $SHON_{RT}$  des locaux existants, elle est uniquement soumise aux exigences de la RT existant par élément.

### Note

Au-delà des exigences minimales de la réglementation thermique des bâtiments existants, les labels de rénovation thermique « Haute performance énergétique rénovation, HPE rénovation 2009 » et « Bâtiment basse consommation rénovation, BBC rénovation 2009 » définies par l'arrêté du 29 septembre 2009 fixent des performances d'enveloppe plus importantes qui réduisent notablement les besoins en énergie.

#### 8.1.1.3. • Respect des exigences globales (Ubât, Cep, Tic)

La RT existant globale fixe des exigences globales à ne pas dépasser sur la déperdition moyenne par transmission à travers l'enveloppe (Ubât), la consommation en énergie primaire (Cep) et la température intérieure de confort (Tic). Elle fixe par ailleurs une exigence de réduction de la Cep initiale.

La RT existant par élément fixe des exigences de caractéristiques thermiques et de performances énergétiques des équipements, des ouvrages et des systèmes installés ou remplacés lors des travaux de rénovation, d'amélioration, de remplacement ou d'installation.



### 8.1.1.4. • Respect des exigences minimales et valeurs limites concernant les procédés

En plus des exigences minimales à l'échelle du bâtiment fixé par la RT existant globale, toutes les réglementations fixent des exigences minimales à l'échelle des composants et des systèmes.

La réglementation thermique par élément ne fixe que des exigences minimales sur les composants qui ont été remplacés ou installés lors des travaux portant sur les murs (béton banché, blocs béton ou briques industrielles, pierre, bardages métalliques), les planchers bas (terre cuite, béton), les toitures (tous types).

Les parois opaques ont un impact sur la performance thermique globale à l'échelle du bâtiment et peuvent par ailleurs être soumises aux exigences minimales indiquées dans le (Tableau 2) (les définitions de  $U_p$  et  $R$  sont présentées plus haut (cf. 8.1.2.)). Ce guide ne traitant que des murs et des planchers hauts, le tableau 2 rappelle les exigences réglementaires des différentes réglementations dans les bâtiments existants.

#### Note

Pour plus de renseignements sur les planchers bas isolés en sous-face, il convient de se reporter au document RAGE 2012 « Isolation en sous-face (planchers bas) ».

RT	Exigences
<b>Globale</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>U_p \leq 0,45 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math> pour les murs en contact avec l'extérieur ou avec le sol</li> <li>• <math>U_p \leq 0,45/b \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math> pour les murs en contact avec un volume non chauffé (b étant un coefficient réducteur pour prendre en compte la nature de ce contact avec l'extérieur ou un volume non chauffé)</li> <li>• <math>U_p \leq 0,28 \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})</math> pour les planchers hauts légers</li> </ul>
<b>Élément par élément</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>R \text{ totale} \geq 2,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}</math> pour les murs en contact avec l'extérieur et les rampants de toiture de pente supérieure à <math>60^\circ</math> Cas d'adaptation possible : <math>R \text{ totale} \geq 2 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}</math> en zone climatique H3 à une altitude <math>&lt; 800 \text{ m}</math> ou lorsque les travaux d'isolation entraînent une diminution de surface habitable des locaux concernés en raison de l'épaisseur d'isolant, supérieure à 5 % dans les locaux d'habitation</li> <li>• <math>R \text{ totale} \geq 2,00 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}</math> pour les murs en contact avec un volume non chauffé</li> <li>• <math>R \text{ totale} \geq 4,50 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}</math> pour les planchers de combles perdus</li> <li>• <math>R \text{ totale} \geq 4 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}</math> pour les rampants de toiture de pente inférieure à <math>60^\circ</math> Cas d'adaptation possible : <math>R \text{ totale} \geq 3</math> si les travaux d'isolation entraînent une diminution de surface habitable des locaux concernés en raison de l'épaisseur d'isolant supérieure à 5 % dans les locaux d'habitation</li> </ul>

▲ Tableau 2 : Rappel des exigences réglementaires dans l'existant

### 8.1.2. • Performances thermiques intrinsèques du procédé

D'une manière générale, la performance thermique des doublages et des plafonds est caractérisée comme toutes les parois opaques par un coefficient de transmission thermique surfacique  $U_p$  s'exprimant



en  $W/(m^2.K)$ . Ce coefficient  $U_p$  prend en compte les ponts thermiques intégrés liés au système.

Le terme de « résistance thermique » ( $R$  s'exprimant en  $m^2.K/W$ ) est généralement employé pour caractériser une couche de matériau ou un produit constituant une paroi. Si plusieurs couches ou produits successifs composent le procédé ou la paroi, les résistances thermiques s'ajoutent. Les résistances thermiques intrinsèques des isolants font l'objet d'une déclaration et peuvent être certifiées.



**La détermination des caractéristiques thermiques utiles des éléments de construction est conforme aux règles Th-Bât en vigueur à la date de publication du présent document (on entend par caractéristique thermique utile des éléments de construction, celle représentative de leur comportement une fois ces derniers intégrés dans l'ouvrage).**

**Les règles Th-Bât sont des règles professionnelles pour l'application de la réglementation thermique. Elles sont élaborées au Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) avec l'appui du ministère chargé du logement et de l'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME).**

**Les règles Th-Bât sont entérinées par la commission Th-Bât qui regroupe les principaux acteurs concernés (syndicats d'industriels, groupements de bureaux d'études, centres techniques, LNE...).**

**Elles sont basées sur les normes européennes et sont mises à jour régulièrement pour accompagner leur évolution.**

### 8.1.2.1. • Valeurs tabulées de résistances thermiques des murs supports

Les valeurs tabulées des coefficients de transmissions thermiques des parois font l'objet des règles TH-Bât.

À titre d'exemple, pour les parois les plus courantes, des valeurs pré-calculées des résistances thermiques en fonction de la nature du mur sont fournies dans le (Tableau 3) ci-après.

Type de mur	Épaisseurs courantes (e en cm)	Conductivité thermique lambda $\lambda$ (W/(m.K))	$R_{\text{mur support}} = e/\lambda$ avec e en m et $\lambda$ en W/(m.K) ( $\text{m}^2\cdot\text{K}/\text{W}$ )		
			Sans enduit	Avec enduit intérieur*	Avec enduit intérieur et extérieur*
<b>Murs supports en contact avec l'extérieur</b>					
Pierre	30	2	0,15	0,17	0,18
	40	2	0,25	0,27	0,23
	50	2	0,18	0,20	0,28
	60	2	0,30	0,32	0,33
Briques pleines ou perforées montées à joints épais	20	0,74	0,27	0,29	0,30
Briques creuses	20	0,50	0,40	0,42	0,43
Blocs béton pleins	20	1,65	0,12	0,14	0,15
Blocs béton creux de granulats courants	20	0,7	0,29	0,30	0,32
Blocs béton creux de granulats légers	20	0,44	0,45	0,47	0,49
Béton banché	20	2	0,10	0,12	0,13
Bois massif (madrif, bois empilé)	15	0,18	0,84	-	-
<b>Contre-cloisons maçonnées</b>					
Plaque de plâtre sur ossature métallique	7,2	-	0,2	-	-
	10	-	0,2	-	-
Carreaux de plâtre plein	5	0,40	0,13	-	-
	7	0,40	0,18	-	-
	10	0,40	0,25	-	-
Briques ou blocs de béton creux avec enduits plâtre	5	0,74	0,07	0,09	0,10
	7	0,74	0,09	0,11	0,13
	10	0,74	0,14	0,15	0,17
* Enduit intérieur : 1 cm d'enduit plâtre. Enduit extérieur : 2 cm d'enduit ciment.					

▲ **Tableau 3** : Résistances thermiques des murs supports. Valeurs pré-calculées des résistances thermiques de murs supports enduits ou non enduits

### Note

La résistance thermique initiale des parois à ossature bois est variable selon l'isolant mis en œuvre. Les performances globales des parois ossature bois incluant un doublage isolant intérieur sont définies dans les fiches « Procédés – Principes de mise en œuvre » (cf. 9.3.).



## 8.1.2.2. • Méthode de calcul

### Formule détaillée

Le coefficient de transmission thermique surfacique  $U_p$  d'une paroi verticale isolée à l'aide d'un doublage se calcule d'après la formule suivante :

$$U_p = U_c + \sum_{i,j} \frac{\psi_i \times L_i + \chi_j}{A}$$

avec :

- $\psi_i$  : coefficient de transmission linéique dû à un élément filant (rail, lisse, chevron, panne, etc.) en W/(m.K) ;
- $L_i$  : linéaire de pont thermique  $\psi_i$  en m ;
- $\chi_j$  : coefficient de transmission ponctuel dû à un élément ponctuel traversant l'isolation (appui, tige, suspente, etc.) en W/K ;
- $U_c$  : coefficient de transmission thermique en partie courante du plancher, en W/(m<sup>2</sup>.K) :

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

avec :

- $R_{se}$  : résistance superficielle extérieure en m<sup>2</sup>.K/W ;
- $R_{si}$  : résistance superficielle intérieure en m<sup>2</sup>.K/W ;
- $\sum_i R_i$  : somme des résistances thermiques de toutes les couches uniformes composant la paroi, en m<sup>2</sup>.K/W.

Les coefficients  $\psi$  et  $\chi$  doivent être déterminés par simulation numérique conformément à la méthode donnée dans les règles Th-Bât, fascicule 5. En l'absence de valeurs calculées numériquement, les valeurs tabulées ci-après peuvent être utilisées.

### Note

La résistance thermique d'une couche uniforme est le rapport entre l'épaisseur utile de cette couche et sa conductivité thermique. Dans le cas d'un matériau en vrac, l'épaisseur utile à prendre en compte pour le calcul de la résistance thermique doit intégrer le phénomène de tassement, s'il existe.

### Formule simplifiée : application aux doublages de murs

La résistance thermique d'une paroi verticale intégrant un système d'isolation par l'intérieur à l'aide d'un doublage  $R_p$  se calcule d'après la formule suivante :

$$R_p = R_{mur\ support} + R_{doublage\ avec\ PTI} \text{ en m}^2.\text{K/W}$$

avec :

- $R_{\text{mur support}}$  : résistance thermique du mur support (voir § 8.1.2.1., tableau 3), en  $\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$  ;
- $R_{\text{doublage avec PTI}}$  : résistance thermique du doublage avec ponts thermiques intégrés (voir fiche du procédé étudié), en  $\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$ .

Le coefficient de transmission thermique surfacique  $U_p$  d'une paroi intégrant un système d'isolation par l'intérieur à l'aide d'un doublage isolant fixé mécaniquement se calcule d'après la formule suivante :

$$U_p = \frac{1}{R_{si} + R_{se} + R_p} \text{ en } \text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$$

avec :

- $R_{si} + R_{se} = 0,17 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$  dans le cas de murs de type I, II ou III (cf. 8.2.4.) ;
- $R_{si} + R_{se} = 0,26 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$  dans le cas de murs de type IV (cf. 8.2.4.).

### Formule simplifiée : application aux planchers hauts légers

La résistance thermique d'une paroi horizontale légère  $R_p$  se calcule d'après la formule suivante :

$$R_p = R_{\text{plancher support}} + R_{\text{doublage avec PTI}} \text{ en } \text{m}^2.\text{K}/\text{W}$$

avec :

- $R_{\text{plancher support}}$  : résistance thermique du plancher support (cf. 6.1.2.), en  $\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$  ;
- $R_{\text{doublage avec PTI}}$  : résistance thermique du doublage avec ponts thermiques intégrés (voir fiche du procédé étudié), en  $\text{m}^2.\text{K}/\text{W}$ .

Le coefficient de transmission thermique surfacique  $U_p$  d'un plancher haut léger se calcule d'après la formule suivante :

$$U_p = \frac{1}{R_{si} + R_{se} + R_p} \text{ en } \text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$$

avec :  $R_{si} + R_{se} = 0,20 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$ .

### Note

La résistance thermique  $R_p$  de la paroi intègre les éventuels ponts thermiques liés aux chevrons, pannes, suspentes, etc.



## 8.1.3. • Ponts thermiques de liaison

### 8.1.3.1. • Introduction

Les ponts thermiques représentent une part plus élevée des déperditions lorsque les parois sont isolées car la part due aux pertes surfaciques diminue.

L'impact des ponts thermiques dépend fortement du type de bâtiment et du traitement ou non des ponts thermiques de liaison : sur une maison individuelle de plain-pied, avec une isolation sous chape, le poids des ponts thermiques de liaison est très faible (< 5 % des déperditions globales des parois), mais sur un collectif de grande hauteur l'impact sera très élevé.

Les ponts thermiques au niveau des encadrements des baies et des planchers bas isolés sous chape sont en général négligeables.

Certains points singuliers sont toutefois difficiles à traiter, en particulier les planchers intermédiaires, les planchers bas isolés en sous-face ainsi que les balcons et les refends du fait que la continuité de l'isolation n'est pas assurée.

### 8.1.3.2. • Méthode de calcul

#### Principe de calcul

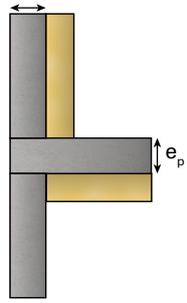
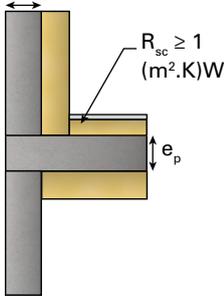
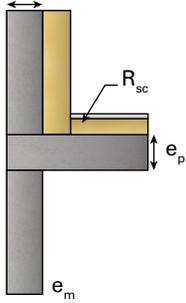
Les ponts thermiques de liaison (PTL) doivent être déterminés par calcul numérique selon le chapitre II du fascicule 5/5 des règles Th-bât ou plus généralement selon la norme NF EN ISO 10211. En l'absence d'un calcul spécifique correspondant au système étudié, les valeurs de ponts thermiques fournies par les tableaux 4 à 11 ci-dessous peuvent être utilisées.

#### Note

Les valeurs indiquées sont issues soit des règles Th-U, soit recalculées numériquement conformément aux règles Th-Bât. De manière générale en ITI, les ponts thermiques de liaison mur-menuiserie sont très faibles.

## Valeurs tabulées

Valeurs par défaut  $\Psi$  : liaison mur-plancher bas

Isolation en sous-face de plancher bas	Isolation en sous-face et sous chape	Isolation sous chape
$15 \text{ cm} \leq e_m \leq 30 \text{ cm}$ 	$15 \text{ cm} \leq e_m \leq 30 \text{ cm}$ 	$15 \text{ cm} \leq e_m \leq 30 \text{ cm}$ 
$\Psi = 0,79 \text{ W}/(\text{m.K})$	$\Psi = 0,25 \text{ W}/(\text{m.K})$	$\Psi = 0,06 \text{ W}/(\text{m.K})$ Si R sous chape $\geq 3 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$

▲ Tableau 4 : Ponts thermiques de liaison mur-plancher bas



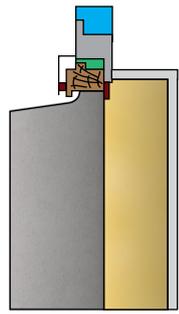
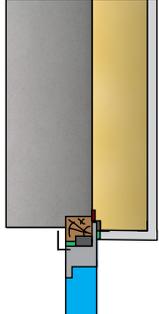
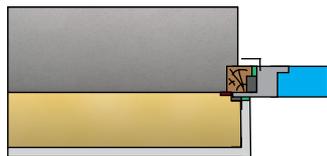
L'isolation sous chape permet de réduire fortement le pont thermique à la liaison entre le mur et le plancher bas, mais il n'est alors plus possible de bénéficier de l'inertie de la dalle. Un compromis est à trouver à l'échelle du bâtiment entre la réduction des déperditions et l'inertie qui joue un rôle important dans le confort d'été.

Valeurs par défaut  $\Psi$  : liaison mur-menuiserie

## NOTE

Les valeurs présentées ci-après sont issues de modélisations numériques réalisées conformément aux règles Th-Bât. Elles sont utilisables dans le cadre d'un calcul réglementaire.

## Pose sur dormant existant

Appui	Linteau	Tableau
		
$\Psi = 0,02 \text{ W}/(\text{m.K})$	$\Psi = 0,03 \text{ W}/(\text{m.K})$	$\Psi = 0,01 \text{ W}/(\text{m.K})$

▲ Tableau 5 : Ponts thermiques de liaison



## Pose en feuillure

Appui	Linéau	Tableau
$\Psi = 0,00 \text{ W}/(\text{m.K})$	$\Psi = 0,18 \text{ W}/(\text{m.K})$	$\Psi = 0,04 \text{ W}/(\text{m.K})$

▲ Tableau 6 : Ponts thermiques de liaison

## Pose en ébrasement

Appui	Linéau	Tableau
$\Psi = 0,09 \text{ W}/(\text{m.K})$ si $R_i^* = 1 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$	$\Psi = 0,26 \text{ W}/(\text{m.K})$	$\Psi = 0,26 \text{ W}/(\text{m.K})$
* $R_i$ représente la résistance thermique minimale au niveau du retour d'isolation. Si $R_i$ est différent de $1 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$ , refaire le calcul conformément aux règles Th-Bât en vigueur.		

▲ Tableau 7 : Ponts thermiques de liaison

Valeurs par défaut  $\Psi$  : liaison mur-plancher intermédiaire

Plancher intermédiaire : dalle béton nue	Plancher intermédiaire : dalle béton isolée sous chape
$\Psi = 0,99 \text{ W}/(\text{m.K})$	$\Psi = 0,88 \text{ W}/(\text{m.K})$

▲ Tableau 8 : Ponts thermiques de liaison mur-plancher intermédiaire

## Valeurs par défaut $\Psi$ : liaison mur-plancher haut

Plancher haut léger Liaison au niveau de la façade	Plancher haut léger Liaison au niveau du pignon	Plancher haut lourd Liaison au niveau de l'acrotère
$\Psi = 0,05 \text{ W}/(\text{m.K})$	$\Psi = 0,08 \text{ W}/(\text{m.K})$	$\Psi = 0,90 \text{ W}/(\text{m.K})$

▲ Tableau 9 : Ponts thermiques de liaison mur-plancher haut

## Valeurs par défaut $\Psi$ : liaison entre murs au niveau d'un angle

Angle sortant	Angle rentrant
$\Psi = 0,02 \text{ W}/(\text{m.K})$	$\Psi = 0,24 \text{ W}/(\text{m.K})$

▲ Tableau 10 : Ponts thermiques de liaison au niveau d'un angle

## Valeurs par défaut $\Psi$ : liaison entre murs au niveau d'un refend

Façade en béton – Refend en béton
$\Psi = 0,92 \text{ W}/(\text{m.K})$

▲ Tableau 11 : Ponts thermiques de liaison mur-refend



### 8.1.4. • Contribution qualitative au confort d'été dans le bâtiment

Durant la saison froide, l'isolation thermique par l'intérieur ne permet pas de profiter de l'inertie thermique du mur support et limite aux autres parois lourdes du bâti (planchers et refends notamment) le stockage de l'énergie solaire pénétrant à l'intérieur du bâtiment par les baies.

Durant la saison chaude, l'isolation thermique de l'enveloppe du bâtiment, associée à de grandes baies vitrées fortement exposées au rayonnement solaire, peut dégrader le confort en été. Cet effet sera d'autant plus important que le niveau d'isolation des parois sera élevé. Afin de limiter cet inconfort, il convient de mettre en œuvre des protections solaires efficaces sur les parois vitrées (occultations, casquettes, etc.) et d'éviter de masquer l'inertie des plafonds, des planchers et des refends.

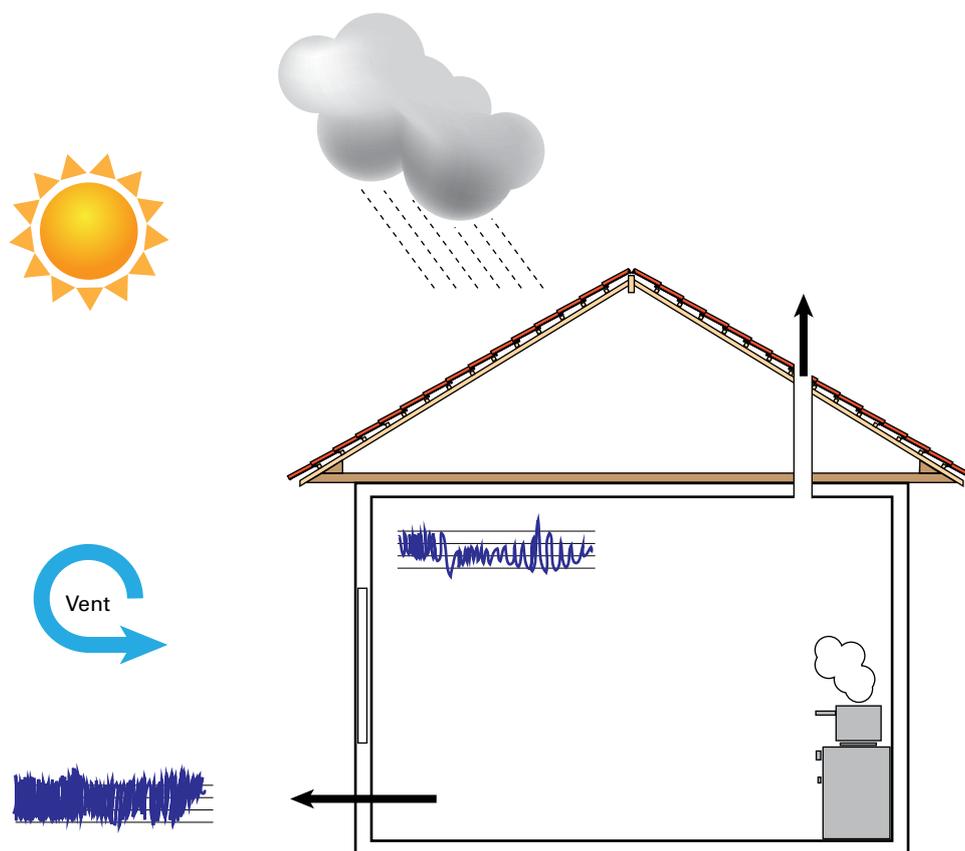
Par ailleurs, plus la performance thermique des bâtiments est importante, plus il est nécessaire de ventiler efficacement les locaux pour évacuer les apports de calories provenant des équipements (ménagers, cuisson, éclairage, médias, etc.), des activités et de l'extérieur.

## 8.2. • Hygrothermie

### 8.2.1. • Notions d'échanges hydriques à travers les parois extérieures du bâtiment

Les parois de bâtiment sont soumises à des sollicitations extérieures et intérieures de nature :

- thermiques (ensoleillement, froid, gel, etc.) ;
- hydriques (vapeur d'eau, eau de pluie, remontée capillaire, etc.).



▲ Figure 32 : Exposition des constructions aux sollicitations thermiques et hydriques

Dans nos climats, l'amplitude de variation de la température extérieure (entre un minimum négatif et un maximum positif) peut atteindre, voire dépasser, 50 °C. L'humidité relative, dans cet intervalle de température, varie de quelques pourcentages à 100 % (limite de gouttelettes d'eau en suspension, brouillard).

Les plages de variation sont beaucoup plus faibles à l'intérieur des locaux chauffés. En hiver, la température intérieure se situe autour de 20 °C (la température conventionnelle dans les réglementations thermiques est de 19 °C). En été, cette température ne devrait dépasser une valeur conventionnelle de référence de 26 °C qu'occasionnellement. Dans le même temps, l'humidité relative intérieure est conditionnée par la teneur en eau de l'air extérieur, par la production de vapeur intérieure (production humaine, production lors de préparations culinaires, les douches, l'apport d'eau sous quelque forme que ce soit), et par la ventilation. Dans les salles de bains, l'humidité relative peut être de 100 % lors ou à la suite d'une douche ou d'un bain.

Avec ces différences d'humidité et de température de part et d'autre de la paroi, des échanges de vapeur d'eau se produisent à travers les parois.

Les constituants des parois de bâtiment absorbent plus ou moins d'eau sous forme liquide ou de vapeur suivant la nature des produits.

Cette absorption d'eau entraîne des modifications des caractéristiques (diminution des caractéristiques mécaniques ou thermiques) et peut



provoquer des développements fongiques dans des matériaux d'origine végétale.

La constitution des parois et leur agencement dans la paroi doivent être étudiés pour limiter ces dégradations.

Les échanges de vapeur d'eau à travers les parois du bâtiment sont fonction des pressions partielles de vapeur d'eau de part et d'autre de la paroi.

En hiver, la température intérieure est supérieure à la température extérieure. De plus, l'intérieur de l'habitation est le siège de production de vapeur. La ventilation, lorsqu'elle existe, permet d'évacuer une partie de cette vapeur d'eau. Ainsi, la pression de vapeur d'eau est plus importante du côté intérieur. Les transferts de vapeur d'eau s'effectueront de l'intérieur vers l'extérieur.

En été, quand il fait très chaud, les transferts d'humidité peuvent s'inverser. Mais les écarts de température entre l'intérieur et l'extérieur sont moins importants qu'en hiver, sauf pour des locaux climatisés.

Tous les produits de bâtiment freinent plus ou moins le transfert de vapeur d'eau, ce qui entraîne des accumulations d'eau plus ou moins prononcées dans les produits constituant la paroi.

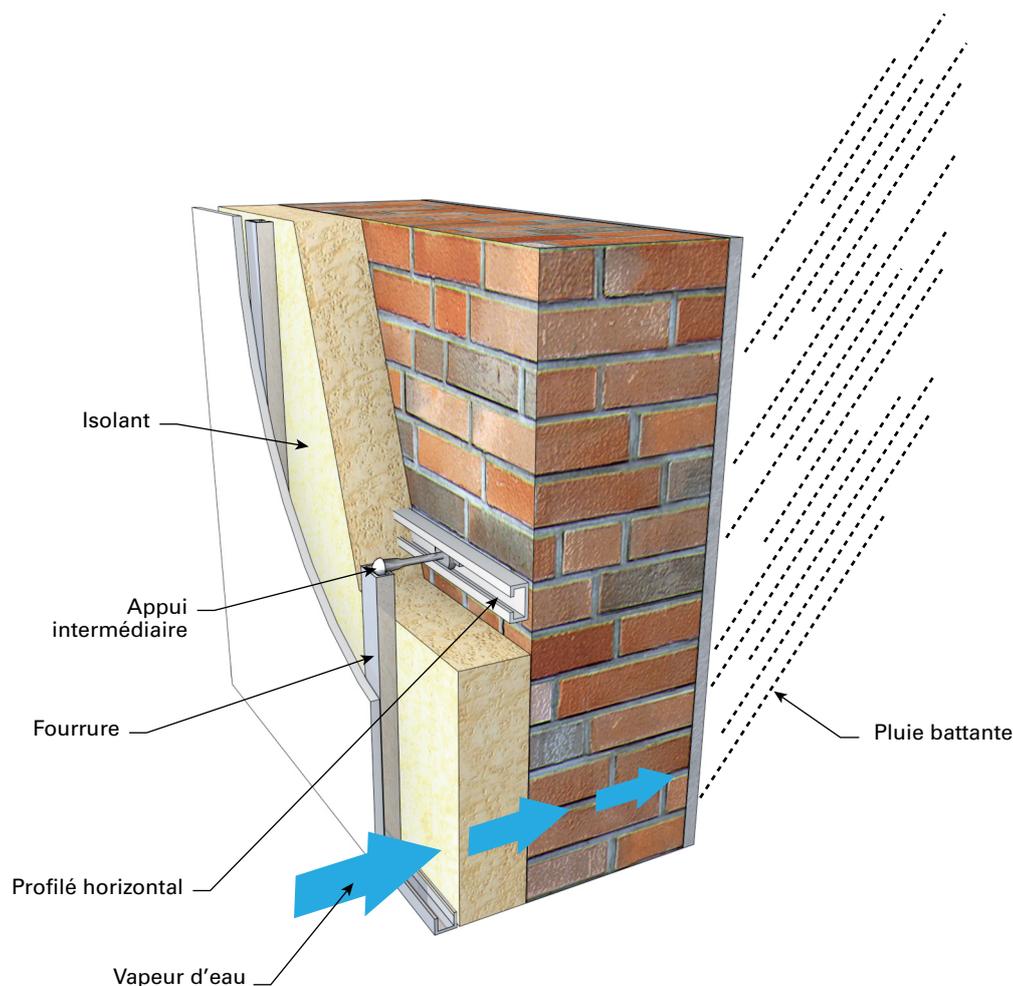
Afin de limiter les quantités d'eau absorbées par les produits et ainsi limiter les risques de condensation et les développements fongiques, il est nécessaire de faciliter les transferts de vapeur d'eau en évitant de positionner des produits résistants aux transferts de vapeur d'eau du côté extérieur ou au milieu d'une paroi.

À ces transferts de vapeur d'eau viennent s'ajouter des absorptions d'eau sous forme liquide provenant de la pluie battante ou de remontées capillaires.

Dans ce cas, l'eau liquide va se répartir dans le produit puis, par capillarité, va gagner toute la paroi et ainsi accroître les phénomènes de condensation et de développement fongique.



**Avant toute réhabilitation ou rénovation, il convient de s'assurer que les murs supports ne présentent pas de remontées capillaires et sont efficacement protégés de la pluie battante (cf. 8.2.4) et (cf. 8.2.5.).**



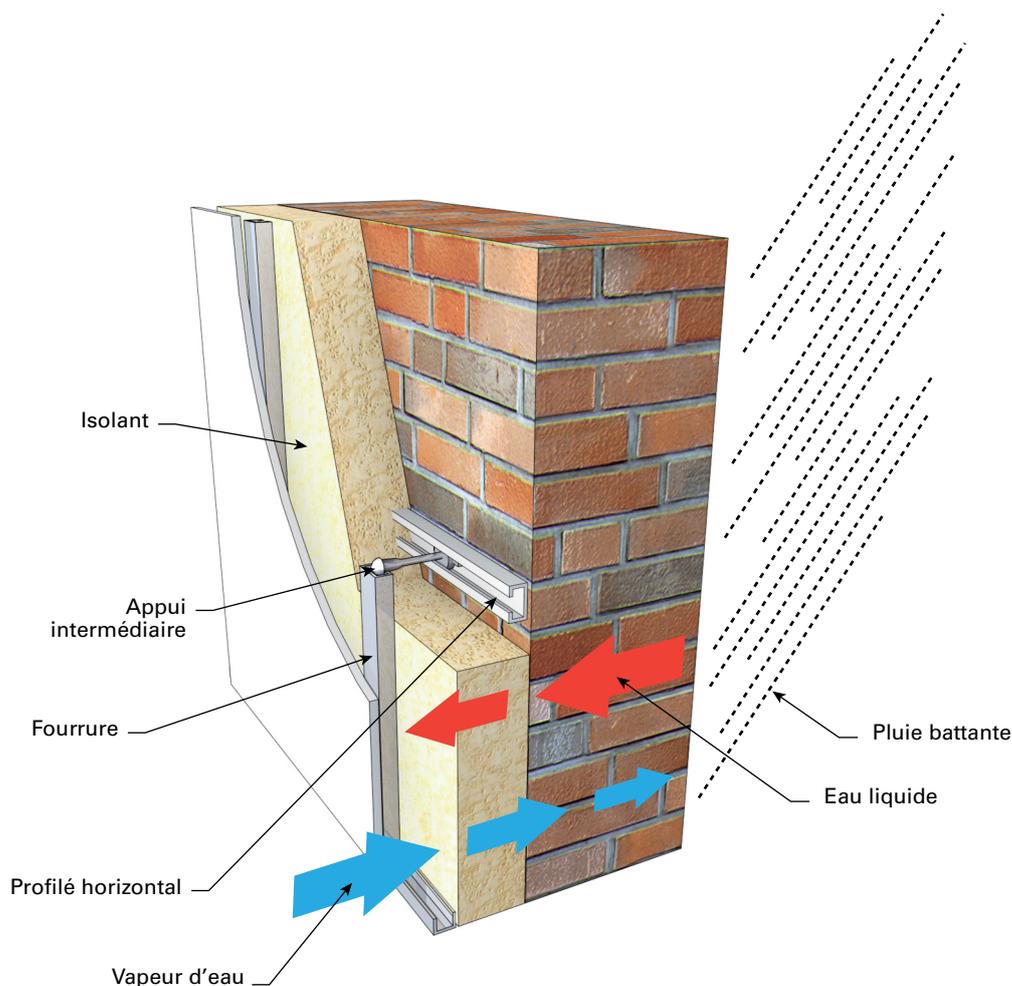
▲ Figure 33 : Transferts hydriques à travers une paroi comportant un enduit extérieur étanche à l'eau

La vapeur d'eau produite dans le local et non extraite par la ventilation traverse la paroi. La vapeur d'eau est plus ou moins freinée par les différents constituants de la paroi suivant leurs caractéristiques.

Une partie de cette vapeur d'eau est absorbée par les produits traversés. Le reste est évacué vers l'extérieur.

L'enduit extérieur appliqué sur les maçonneries empêche l'eau de pluie de pénétrer dans la structure.

Une paroi n'ayant pas d'enduit extérieur (cas des maçonneries apparentes non enduites) et n'ayant pas de protection contre la pluie battante peut absorber beaucoup d'eau sous forme liquide et transférer cette eau vers l'intérieur de la paroi. Il convient d'en tenir compte lors de la conception.



▲ Figure 34 : Transferts hydriques à travers une paroi ne comportant pas d'enduit extérieur

### 8.2.2. • Notion de pare-vapeur

Les parois anciennes comportent des éléments de structure dont la composition n'est pas toujours très bien connue. Suivant la nature des produits utilisés et leur association, les transferts d'humidité sous forme de vapeur et sous forme liquide peuvent être très variables.

Pour limiter les transferts d'humidité de l'intérieur du local où est produite la vapeur d'eau vers l'extérieur de la paroi, une barrière aux transferts de vapeur d'eau peut être placée entre la plaque de parement intérieure et l'isolation.

Cette barrière est un pare-vapeur, parfois encore appelée « frein-vapeur ». Elle peut s'opposer plus ou moins aux transferts de vapeur d'eau suivant sa nature.

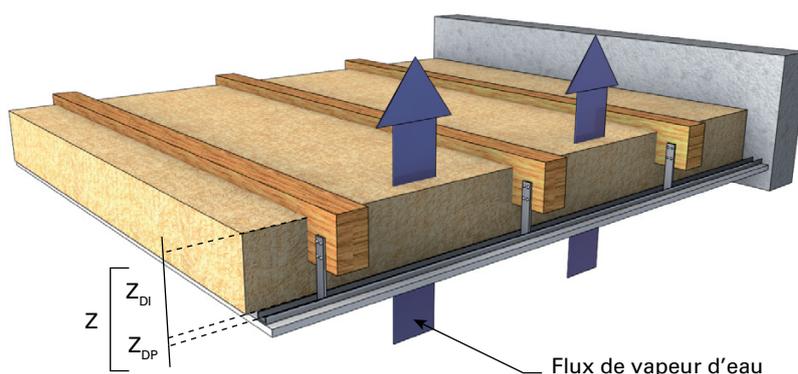
Les grandeurs nécessaires pour comparer les niveaux d'étanchéité à la vapeur d'eau des différents produits et systèmes sont données dans le (Tableau 12) ci-après :

Z	Résistance à la diffusion de vapeur d'eau en $m^2 \cdot h \cdot Pa / mg$ déterminée selon la norme NF EN 12086
---	--



$1/Z$	Perméance à la vapeur d'eau en $m^2 \cdot h \cdot Pa / mg$ $1/Z = \frac{\delta_{air}}{d \times \mu}$
$\delta_{air}$	Perméabilité de l'air à la vapeur d'eau en $mg / (m \cdot h \cdot Pa)$ selon la norme NF EN 12086
$\mu$	Indice de résistance à la diffusion de vapeur d'eau selon la norme NF EN 12086
$d$	Épaisseur du produit en mètre
$Sd$	Épaisseur d'une couche d'air ayant la même perméance que le matériau considéré $Sd = Z \times \delta_{air} = \mu \times d$

▲ **Tableau 12** : Grandeurs nécessaires pour comparer les niveaux d'étanchéité à la vapeur d'eau des produits et des systèmes



▲ **Figure 35** : Résistance à la diffusion de la vapeur  $Z_{DP}$  du parement intérieur et  $Z_{DI}$  de l'isolant

Il est à noter que, dans la littérature, les différents documents normatifs, ou dans les documents des bureaux d'études ou des maîtres d'œuvre, les unités utilisées pour ces grandeurs sont très différentes. Le (Tableau 13) permet de convertir les valeurs d'étanchéité à la vapeur dans les différentes unités :

	$g / (m^2 \cdot h \cdot mmHg)$	$kg / (m^2 \cdot s \cdot Pa)$	$mg / (m^2 \cdot h \cdot Pa)$
<b><math>g / (m^2 \cdot h \cdot mmHg)</math></b>	1	$2,084 \cdot 10^{-9}$	7,502
<b><math>kg / (m^2 \cdot s \cdot Pa)</math></b>	$4,798 \cdot 10^{+8}$	1	$3,6 \cdot 10^{+9}$
<b><math>mg / (m^2 \cdot h \cdot Pa)</math></b>	0,1333	$2,778 \cdot 10^{-10}$	1

▲ **Tableau 13** : Unités de conversion des niveaux d'étanchéité à la vapeur

Les valeurs de résistance à la diffusion et les perméances à la vapeur d'eau indiquées dans le (Tableau 14) donnent un aperçu de la variabilité des valeurs à prendre en compte :

Type de matériaux	Résistance à la diffusion de la vapeur d'eau Z			Perméance à la vapeur d'eau W			Épaisseur équivalente d'air Sd
	Unité			Unité			Unité
	(m <sup>2</sup> .h.mmHg)/g	(m <sup>2</sup> .h.Pa)/mg	(m <sup>2</sup> .s.Pa)/g	g/(m <sup>2</sup> .h.mmHg)	mg/(m <sup>2</sup> .h.Pa)	g/(m <sup>2</sup> .s.Pa)	m
Plaques de plâtre 10 mm d'épaisseur	1	0,13	4,81E+08	1,00	7,50	2,08E-09	0,09
Plaques de plâtre 13 mm d'épaisseur	1,3	0,17	6,25E+08	0,77	5,77	1,60E-09	0,12
Enduit plâtre 15 mm d'épaisseur	1,5	0,20	7,21E+08	0,67	5,00	1,39E-09	0,14
Isolant en laine minérale en panneaux ou rouleaux 200 mm d'épaisseur	2,8	0,37	1,35E+09	0,36	2,68	7,43E-10	0,26
Isolant en vrac en laine minérale ou ouate 200 mm d'épaisseur	4	0,53	1,92E+09	0,25	1,88	5,20E-10	0,37
Isolant en plastique alvéolaire 100 mm d'épaisseur	36	4,80	1,73E+10	0,03	0,21	5,78E-11	3,31
Contreplaqué 5 plis	10	1,33	4,81E+09	0,10	0,75	2,08E-10	0,92
Panneaux de particules bois 15 mm	8,33	1,11	4,00E+09	0,12	0,90	2,50E-10	0,76
Panneaux de particules bois 22 mm	12,5	1,67	6,01E+09	0,08	0,60	1,66E-10	1,15
Béton plein 100 mm épaisseur	110 à 326	14,66 à 43,46	0,53 à 1,60E+11	0,003 à 0,009	0,07 à 0,02	18,9 à 6,25E-12	10 à 30
Enduit mortier de ciment 15 mm épaisseur	11 à 27	1,47 à 3,6	0,53 à 1,30 E + 10	0,04 à 0,09	0,68 à 0,28	18,9 à 7,7 E-11	1 à 2,5

▲ Tableau 14 : Exemples de valeurs de résistance à la diffusion de vapeur d'eau (certaines étant extraites du CPT 3647)

Dans le (Tableau 15) sont indiquées des valeurs de résistance à la diffusion de vapeur d'eau pour des matériaux utilisés couramment.

Type de matériaux	Sd	Résistance à la diffusion de la vapeur d'eau Z		
	Unités	Unités		
	m	(m <sup>2</sup> .s.Pa)/g	(m <sup>2</sup> .h.mmHg)/g	(m <sup>2</sup> .h.Pa)/mg
Kraft PE	3,00	1,6E+10	33	4
PE	18,00 à 90,00	9,4E+10 à 0,7E+11	197 à 984	26 à 131
PET alu métallisé	160,00	8,4E+11	1749	233
PET alu laminé	250,00	1,3E+12	2732	363
Membrane hygrovariable	0,1 à 3	5E+08 à 1,6E+10	1 à 33	0,15 à 4

▲ Tableau 15 : Exemples de valeurs de résistance à la diffusion de vapeur d'eau de différents matériaux

### Note

Parois perspirantes : la notion de « perspiration » n'a pas de définition officielle. C'est pourquoi ce type de paroi n'est pas traité dans ce guide.

## 8.2.3. • Dispositions en vue d'éviter les condensations

Dans ce qui suit, la paroi sera considérée comme protégée de la pluie battante et sans remontée capillaire :

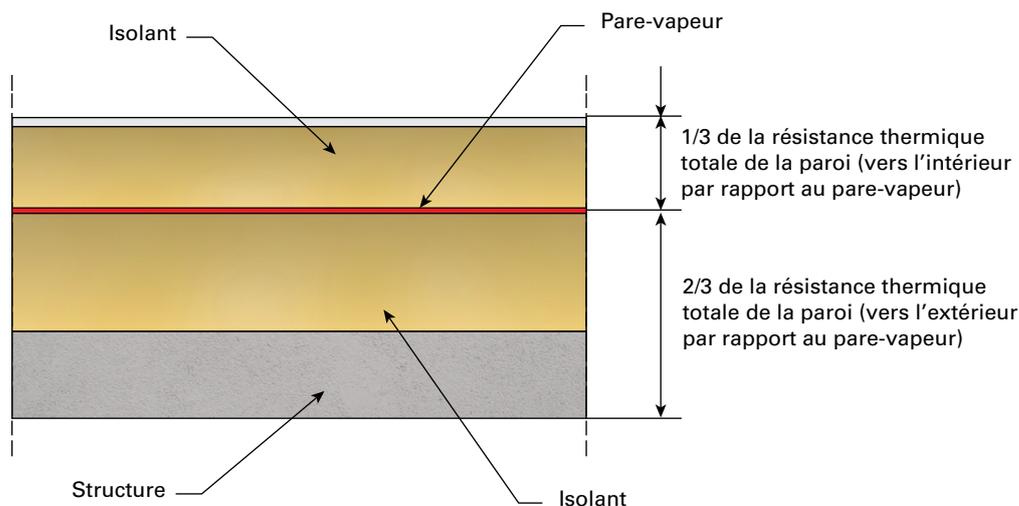
- l'article 6 du DTU 20.1 P4 précise les règles de calcul pour éviter les condensations dans l'épaisseur des murs maçonnés avec isolation thermique intérieure rapportée. Ces règles sont établies en fonction des résistances thermiques et des résistances à la diffusion de la vapeur des composants de la paroi. Le calcul permet de vérifier ou d'adapter la perméabilité à la vapeur du doublage, ce qui conduit dans certains cas à adjoindre un pare-vapeur à l'isolant ou au parement intérieur ;
- le tableau d'emploi des complexes et des sandwiches de doublage, figurant dans la norme NF DTU 25.42 P1-1, dispense de ces calculs. Il précise le domaine d'emploi des complexes et des sandwiches en fonction de leur classe de perméance (P1, P2 ou P3) (Tableau 48) ;
- pour éviter toute dégradation de la paroi des bâtiments anciens, le niveau d'étanchéité à la vapeur d'eau du pare-vapeur pourra être ajusté.

### 8.2.3.1. • Condensation sur la face intérieure de l'isolant

Pour éviter le risque de condensation sur la face intérieure de l'isolant (côté chaud), la résistance thermique de l'isolant RTI (lame d'air éventuelle incluse) doit être supérieure à deux fois la résistance thermique de la paroi intérieure RTP, hors zones très froides.



Dans les zones très froides, des dispositions particulières devront être adoptées.



▲ Figure 36 : Exemple de positionnement d'un pare vapeur situé entre deux couches d'isolant pour éviter la condensation dans l'isolant

### 8.2.3.2. • Condensation dans l'épaisseur de l'isolant

Pas de prescriptions particulières pour :

- les locaux à faible hygrométrie : immeubles de bureaux non conditionnés, externats scolaires, logements équipés de ventilation mécanique contrôlée et de systèmes propres à évacuer les pointes de production de vapeur d'eau dès qu'elles se produisent (hottes, par exemple) ;
- les locaux à moyenne hygrométrie : bâtiments d'habitation, y compris cuisines et salles d'eau, correctement chauffés et ventilés, sans sur-occupation.

Pare-vapeur obligatoire (collé au dos de la plaque ou interposé entre l'isolant et la plaque de plâtre) pour les locaux à forte hygrométrie (bâtiments d'habitation médiocrement ventilés et sur-occupés, certains locaux industriels, etc.).

#### Note

On veillera particulièrement à assurer le renouvellement d'air nécessaire par une ventilation adaptée (mécanique de préférence) afin de limiter le niveau d'hygrométrie de l'air dans les locaux en évacuant la vapeur d'eau.

### 8.2.3.3. • Condensation sur la face intérieure de la paroi extérieure en maçonnerie

Dans le cas des parois extérieures en maçonnerie à forte résistance thermique, ( $3 R_{TM}$  [résistance thermique de la maçonnerie]  $> R_{Ti} + R_{Tp}$ ), aucune prescription n'est imposée.

Dans le cas des parois extérieures à faible résistance thermique ( $3 R_{TM} < R_{Ti} + R_{Tp}$ ), il convient de limiter le flux de vapeur soit en incorporant

systématiquement un pare-vapeur entre l'isolant et le parement intérieur, soit en vérifiant que les matériaux respectent les règles suivantes :

- en dehors des zones très froides (zones où la température de base, calculée conformément aux règles Th-CE, est inférieure à  $-15\text{ °C}$  ou zones d'altitude supérieure à 600 m situées en zone climatique H1 uniquement, telle qu'elle est définie par les règlements en vigueur – actuellement arrêté du 24 mars 1982),  $R_{DP}$  et  $R_{DI}$  étant respectivement les résistances au passage de la vapeur de la paroi intérieure et de l'isolant :

$$\text{si } R_{TM} < 0,086 \text{ m}^2 \cdot \text{°C/W} \text{ alors } \frac{1}{R_{DP} + R_{DI}} < 0,06 \text{ g} / \text{m}^2 \cdot \text{hmmHg}$$

### Note

Compte tenu des valeurs de résistance thermique et des épaisseurs des murs de façade,  $R_{TM}$  est généralement supérieur à  $0,086 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ .

- dans les zones très froides :

- $\frac{1}{R_{DP} + R_{DI}} < 0,015 \text{ g} / \text{m}^2 \cdot \text{hmmHg}$

À défaut de respecter ces règles, il convient d'éviter l'humidification du doublage intérieur. Des dispositifs de récupération et d'évacuation vers l'extérieur doivent être prévus à la partie basse du mur, ce qui est le cas des murs de type III puisque ceux-ci comportent une lame d'air, une récupération et une évacuation.

Pour des parois qui présenteraient des incertitudes sur l'apparition ou non de condensation, des simulations des transferts hygrothermiques sont conseillées.

**Note****Risques de condensation et de dégradation structurelle des abouts de planchers bois encastrés dans des murs extérieurs**

Le rapport « Recherche des risques de condensation dans les parois utilisant des systèmes d'isolation par l'intérieur » (étude RAGE) a mis en évidence que les risques de condensation sont limités lorsque :

- un diagnostic préalable et une évaluation de la situation hygrothermique du mur dans son état initial, composition, exposition, protection contre la pluie battante, taux d'humidité (absorption d'eau de pluie, remontées capillaires, fuites ou infiltrations d'eau etc) ne montrent pas de pathologie,
- des lames d'air communicantes, avec l'air intérieur au droit des pénétrations des poutres, autour de la partie encadrée de la poutre, sont inexistantes afin d'éviter tout transport de vapeur d'eau vers les têtes de poutre,
- une protection efficace, du mur contre toutes sources d'humidité, existe,
- des infiltrations d'humidité, principalement d'eau de pluie, sont inexistantes.

Lors de l'utilisation d'un procédé d'isolation thermique par l'intérieur en laine d'origine minérale (verre ou roche) ou d'origine végétale (fibre de bois, chanvre, cellulose, etc.), il est indispensable d'insérer un pare vapeur entre l'isolant et le revêtement intérieur.

En effet, la résistance à la diffusion à la vapeur d'eau de l'isolant en fibre étant proche de la résistance de l'air à épaisseur équivalente, la paroi extérieure constitue de ce fait une barrière à la vapeur d'eau importante par rapport au reste du mur. Cette barrière mal positionnée peut accroître les risques de condensation à l'interface entre l'isolant et la structure.

En cas de doute, il est toujours recommandé de réaliser des simulations afin de vérifier qu'il n'y a pas de risque de pathologies.

## 8.2.4. • Classement des murs en fonction de leur résistance à la pénétration de la pluie

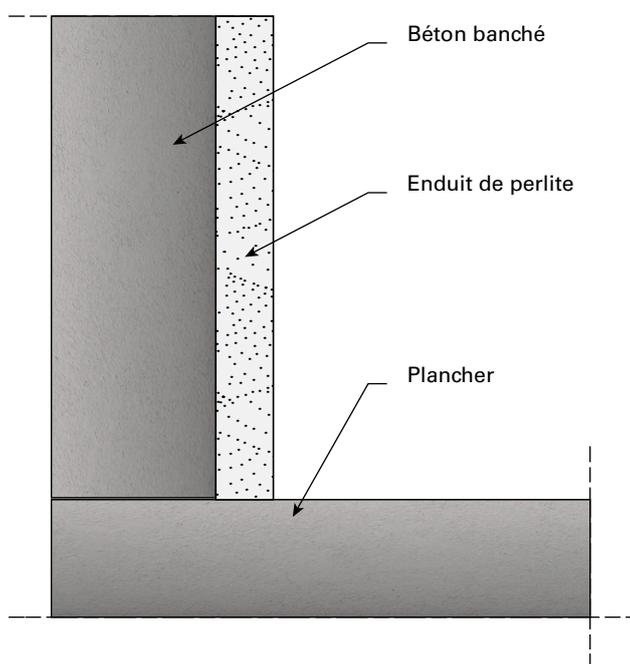
(Extraits de la norme NF DTU 20.1 : « Travaux de bâtiment – Ouvrages en maçonnerie de petits éléments – Parois et murs – Partie 3 : Guide pour le choix des types de murs de façades en fonction du site » et de la norme NF DTU 23.1 « Murs en béton banché – Annexe : Guide pour le choix des types de murs de façade en fonction du site ».)

On distingue quatre types de mur :

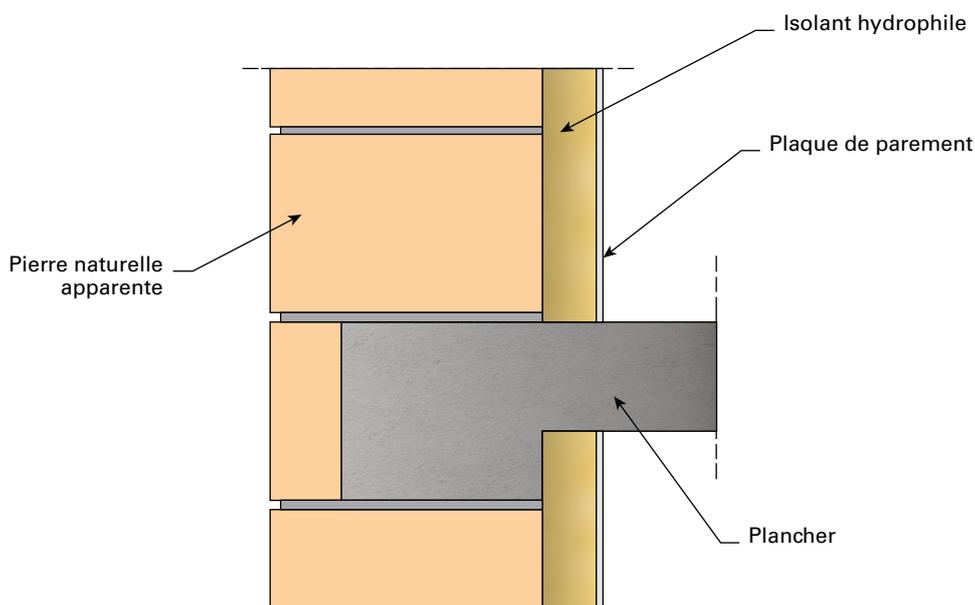
- mur de type I : mur en béton ou en maçonnerie ne comportant ni revêtement étanche sur son parement extérieur ni coupure de capillarité dans son épaisseur ;
- mur de type II :
  - type II : mur en béton banché dans lequel la coupure de capillarité est constituée par une lame d'air ou un isolant non hydrophile,
  - type IIa : mur en maçonnerie dans lequel la coupure de capillarité est constituée par des panneaux isolants non hydrophiles,



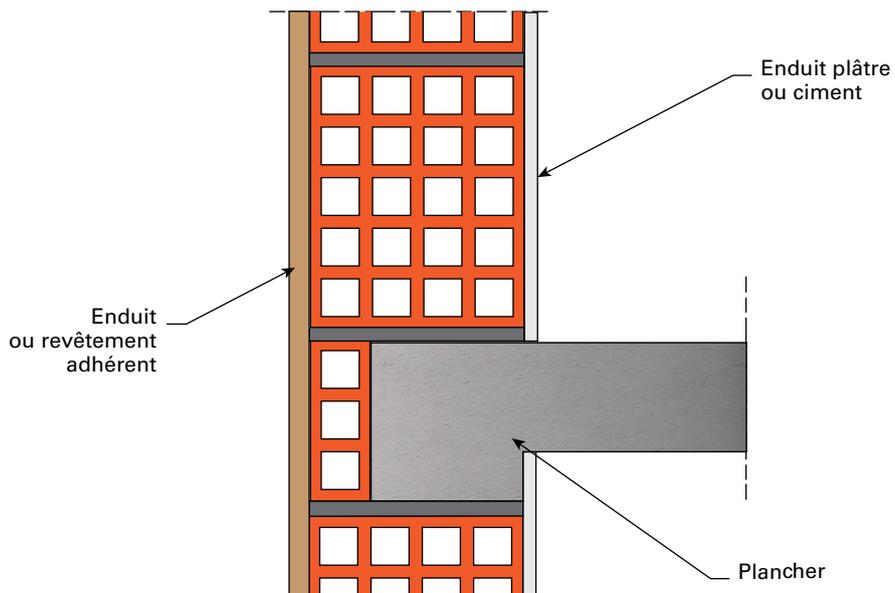
- type IIb : mur en maçonnerie dans lequel la coupure de capillarité est constituée par une lame d'air ;
- mur de type III : mur dans lequel la paroi extérieure en maçonnerie ou en béton, non protégée par un revêtement étanche, est doublée par une seconde paroi séparée de la première par une lame d'air continue à la base de laquelle sont prévus des dispositifs de collecte et d'évacuation vers l'extérieur des eaux d'infiltration éventuelles ;
- mur de type IV : mur dont l'étanchéité à la pluie est assurée par un revêtement étanche situé en avant de la paroi en maçonnerie. L'eau ne peut pénétrer dans la maçonnerie.



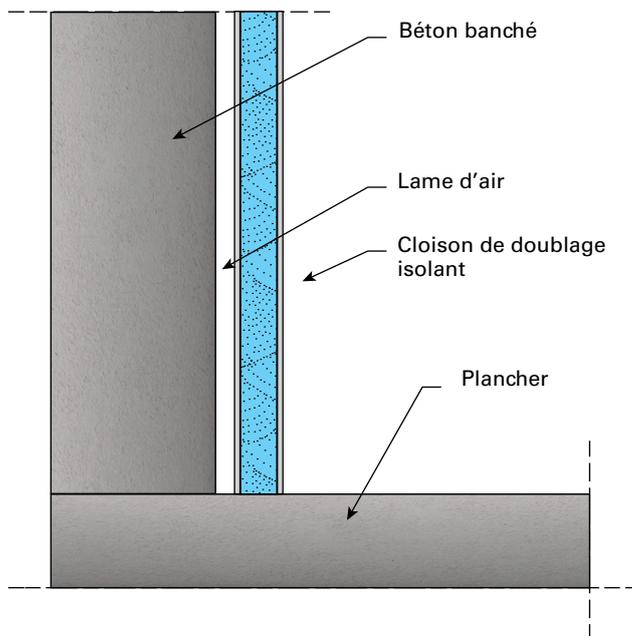
▲ Figure 37 : Exemple de mur en béton de type I



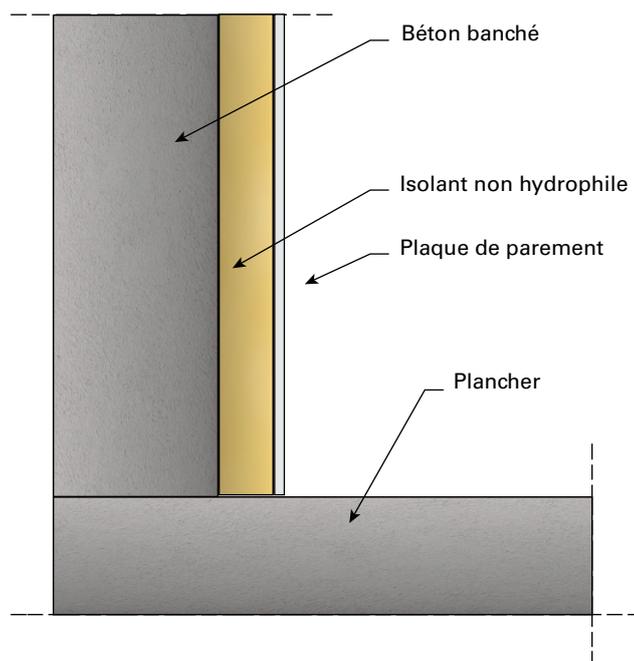
▲ Figure 38 : Exemple de mur de type I en pierre naturelle apparente



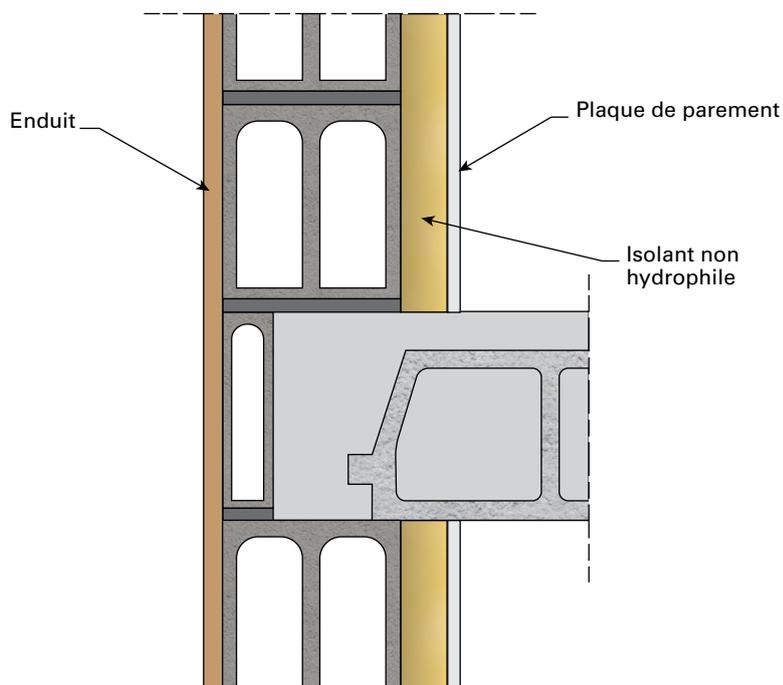
▲ Figure 39 : Exemple de mur de type I en brique de terre cuite



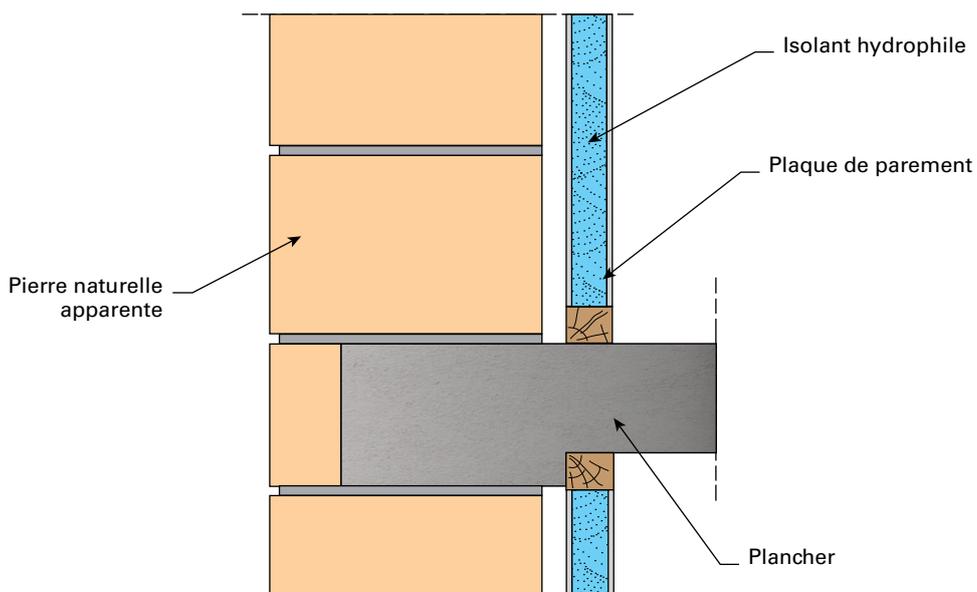
▲ Figure 40 : Exemple de mur en béton de type II



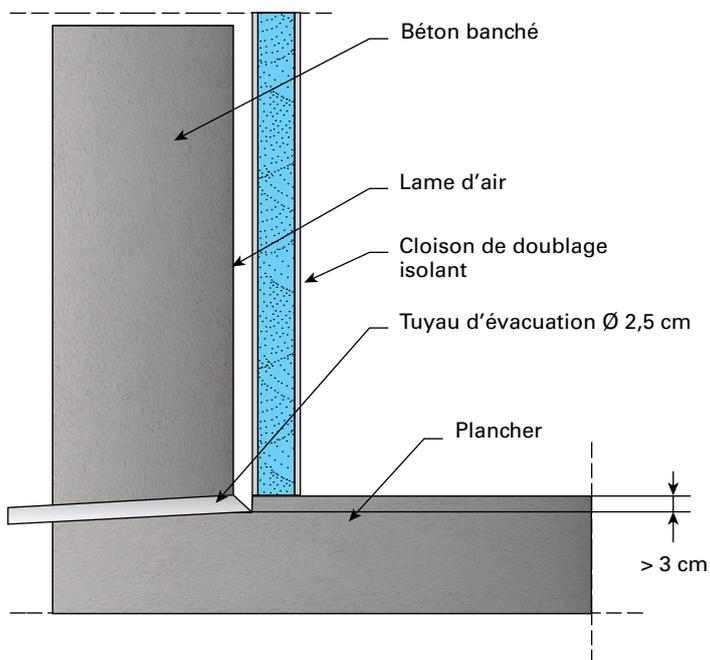
▲ Figure 41 : Autre exemple mur en béton de type II



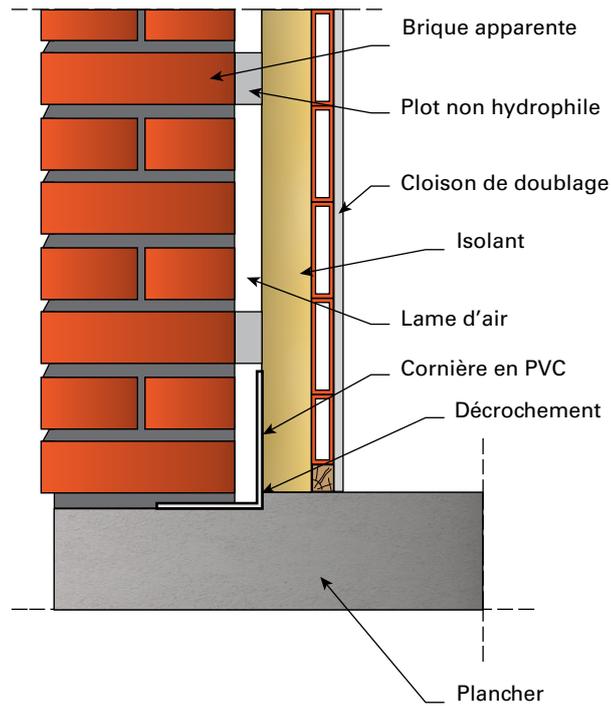
▲ Figure 42 : Exemple de mur maçonné de type IIa



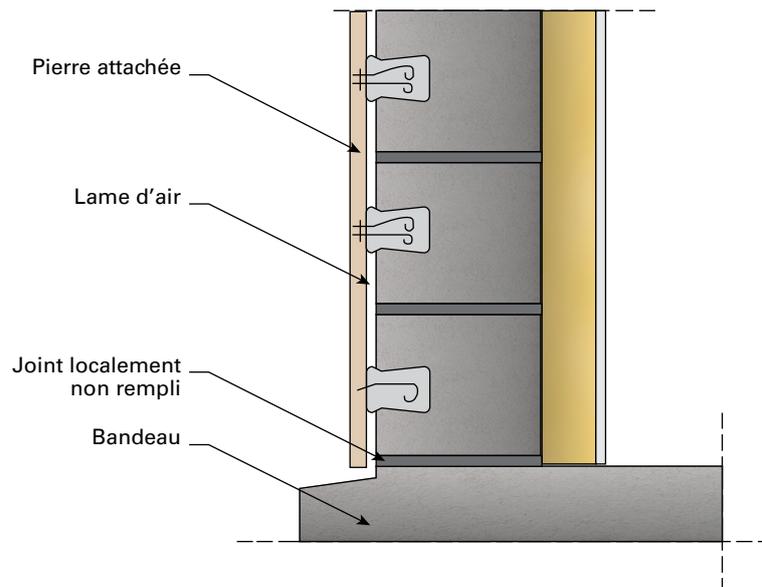
▲ Figure 43 : Exemple de mur maçonné de type IIb en pierre naturelle apparente



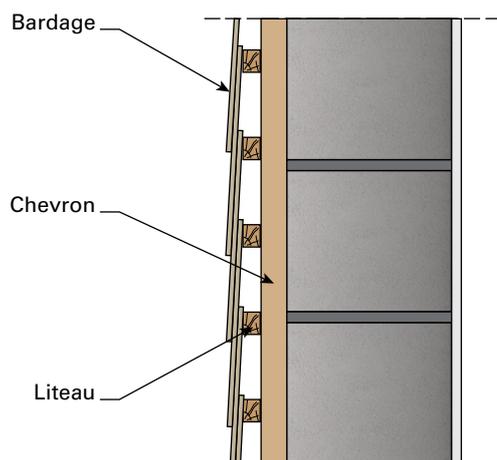
▲ Figure 44 : Exemple de mur béton de type III



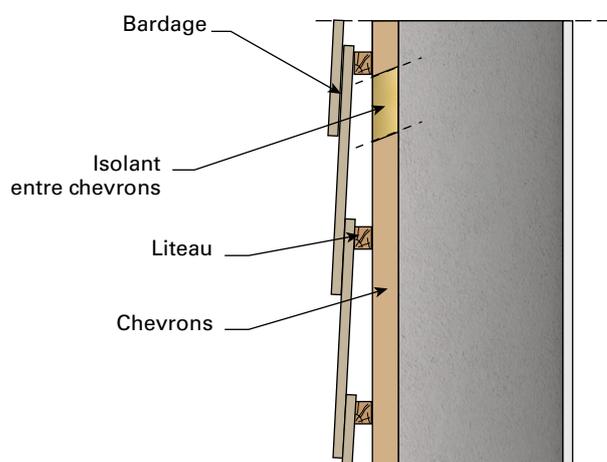
▲ Figure 45 : Exemple de mur maçonné de type III en brique apparente



▲ Figure 46 : Exemple de mur maçonné de type III avec parement extérieur en pierre agrafée



▲ Figure 47 : Exemple de mur maçonné de type IV avec bardage



▲ Figure 48 : Exemple de mur béton de type IV avec bardage

### 8.2.5. • Cas particulier des murs affectés par des remontées capillaires

Dans les murs affectés de remontées capillaires, l'eau est présente sous forme liquide dans l'épaisseur du mur. Cette eau s'évacue d'un côté ou de l'autre de la paroi en fonction de la température et de l'hygrométrie de l'air ambiant. La pose d'un isolant, que ce soit à l'intérieur ou à l'extérieur, modifie considérablement les transferts d'eau liquide. L'eau provenant des remontées capillaires, toujours présente après mise en place de l'isolation, ne pourra plus s'évacuer que d'un côté au lieu des deux précédemment. Il en résultera un risque accru d'accumulation d'eau dans certaines parties de la paroi.

Il n'existe pas de données validées et disponibles sur les traitements à effectuer pour combattre les remontées capillaires. Ces traitements ne relèvent pas de ce guide. On précisera cependant que les murs devront être traités préalablement à la mise en œuvre de l'isolation thermique.

## 8.3. • Étanchéité à l'air

Cette composante de la performance énergétique du bâti doit être prise en compte dès la conception des travaux de rénovation. Outre l'étanchéité à l'air en partie courante des ouvrages, les jonctions périphériques, les liaisons avec les autres ouvrages ou équipements ainsi que les traversées de paroi doivent être soigneusement analysées et traitées avec des matériaux et des mises en œuvre qui assureront l'étanchéité à l'air de façon pérenne.

Les défauts d'étanchéité à l'air des parois verticales ont des causes multiples : défauts de mise en œuvre, dégradation des parements, jonctions avec les autres parois et avec les menuiseries extérieures, percements des parements, traversées ou incorporations d'équipements techniques, etc.

Une bonne coordination des interfaces entre corps de métier est indispensable pour ne pas compromettre l'étanchéité à l'air des ouvrages réalisés.

### 8.3.1. • Les exigences liées au cadre réglementaire et aux labels

Les défauts d'étanchéité à l'air contribuent à un renouvellement d'air non maîtrisé et impactent fortement les consommations d'énergie de chauffage.

Rappel des exigences de référence sur l'enveloppe du bâtiment dans la réglementation thermique globale des bâtiments existants :

- $1,7 \text{ m}^3/(\text{h}.\text{m}^2)$  : bâtiments habitation, bureaux, hôtellerie, restauration, enseignement, établissements sanitaires ;
- $3 \text{ m}^3/(\text{h}.\text{m}^2)$  : autres usages.

Dans le cadre du label Effinergie pour la rénovation des bâtiments résidentiels par exemple, une mesure de la perméabilité doit être effectuée conformément à la norme NF EN 13829 et à son guide d'application GA-P 50-784.

La perméabilité à l'air est exprimée sous forme d'un débit de fuite à une pression de 4 Pa en  $\text{m}^3/\text{h}/\text{m}^2$  de surface donnée selon la méthode de la réglementation et des labels en vigueur.

#### 8.3.1.1. • Étanchéité à l'air des murs maçonnés

Une étude réalisée par la FFB avec le concours du CERIB et du CTMNC montre que les différentes maçonneries enduites à l'extérieur ayant subi un test d'étanchéité à l'air présentent toutes une perméabilité à l'air très faible, moins de 1 % du débit limite de  $0,6 \text{ m}^3/\text{h}.\text{m}^2$  spécifié par la réglementation (valeurs mesurées sous une pression de 4 Pa) pour des enduits non fissurés et moins de 6 % de ce même débit limite pour des enduits fissurés à raison de 1,5 ml de fissure par  $\text{m}^2$  d'enduit, les fissures ayant une épaisseur de 0,5 mm.



L'étude conclut qu'en partie courante, « dans les conditions visées ci-dessus, il n'est pas nécessaire d'envisager la mise en place d'un dispositif supplémentaire d'étanchéité (film plastique complémentaire ou enduit intérieur projeté) ».

L'efficacité de cette étanchéité nécessite le traitement de toutes les pénétrations et de toutes les liaisons avec les autres ouvrages (menuiseries extérieures notamment).

### 8.3.1.2. • Étanchéité à l'air des combles et ventilation des sous-toitures

Dans le cas des combles avec isolation par l'intérieur, le traitement de l'étanchéité à l'air ne peut être assuré par la couverture qui fait traditionnellement l'objet d'une ventilation en sous-face (solution dite de « toiture froide ») ; il est donc reporté côté intérieur de la paroi.

Le chapitre « Liaisons et points singuliers à traiter » (cf. 9.4.) traite des dispositions d'étanchéité à l'air des parois intérieures des combles.

Cette ventilation avec de l'air extérieur a pour objet d'éviter l'apparition de condensations au contact du matériau de couverture pour assurer la durabilité de ce matériau et éviter les dégradations de la charpente bois. Des orifices d'entrée et de sortie de ventilation (linéaires à l'égout et au faîtage, ou ponctuels et répartis sur l'ensemble de la couverture) permettent de créer une ventilation naturelle des combles perdus ou isolés sous rampants (avec des sections d'entrée et de sortie de ventilation et une épaisseur minimale de lame d'air définies dans les différents DTU).

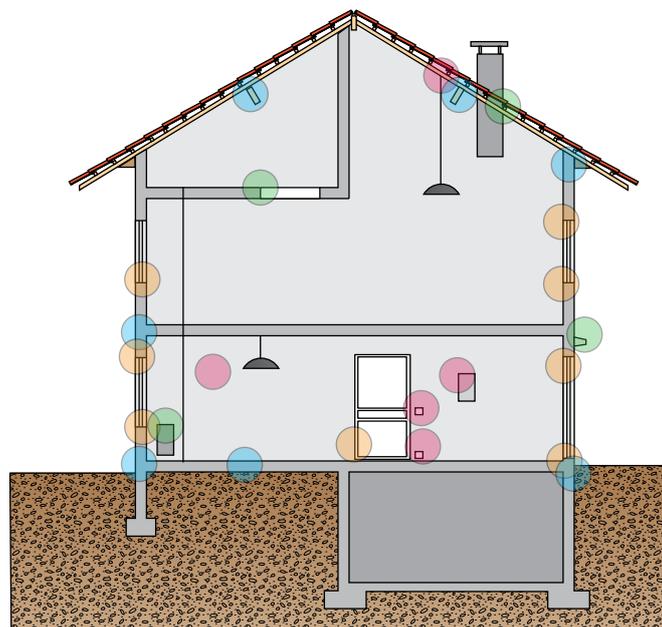
Les couvertures courantes en petits éléments (tuiles, ardoises, etc.) présentent naturellement une perméabilité à l'air moyenne à forte, due aux assemblages entre éléments à simple recouvrement ou avec emboîtement sec et au nombre important d'éléments au mètre carré. Cette perméabilité présente l'intérêt d'améliorer grandement la tenue au vent des petits éléments de couverture par équilibrage de pression.

Le complexe de toiture se caractérise dorénavant par la mise en place d'une isolation très largement renforcée sous rampant (résistance thermique R supérieure ou égale à 7 m<sup>2</sup>K/W, par exemple), bien éloignée de l'expérience ancestrale des combles perdus à la base des règles de l'art en vigueur.

#### Note

En cas de réfection de la couverture et de mise œuvre d'un écran de sous-toiture HPV (haute perméabilité à la vapeur), se reporter au guide RAGE 2012 « Isolation thermique par l'intérieur – Travaux neufs ».

### 8.3.2. • Recensement des défauts d'étanchéité à l'air



- Fuite sur gros œuvre
- Fuite sur jonctions menuiseries
- Fuite sur incorporations électriques
- Fuite sur traversées diverses

▲ Figure 49 : Exemples de localisation des infiltrations d'air parasites

Le diagnostic ayant permis de recenser les défauts d'étanchéité à l'air de la paroi existante, il convient d'y remédier avant la mise en œuvre de l'isolant. On veillera particulièrement à l'étanchéité à l'air des traversées et des jonctions entre les menuiseries extérieures et la paroi à doubler.

Les fuites se situent principalement au droit des liaisons façades-planchers, des menuiseries extérieures, des équipements électriques, des trappes et des éléments traversant les parois.

### 8.3.3. • Dispositions concernant l'étanchéité à l'air des procédés d'isolation thermique par l'intérieur

La mise en œuvre doit être réalisée conformément aux règles de l'art afin d'assurer l'étanchéité à l'air attendue à la réception des ouvrages. De plus, l'entretien et la maintenance des parois (rebouchage des trous lors de percements, réfection des calfeutrements lors d'intervention, etc.) permettent de maintenir la performance de l'étanchéité à l'air du bâtiment dans le temps.

Des essais de perméabilité à l'air ont permis de montrer qu'un doublage (plaque de plâtre, contre-cloison maçonnée) réalisé suivant les



règles de l'art est suffisamment étanche à l'air en partie courante pour répondre à la Réglementation Thermique.

Si le parement contribue à l'étanchéité à l'air de la paroi, toute discontinuité de la plaque de plâtre ainsi que toutes les jonctions avec la structure et les différentes ouvertures doivent faire l'objet de traitement particulier.

Pour le cas particulier du passage des réseaux électriques, une solution performante consiste à placer le tableau électrique à l'intérieur du volume chauffé, puis à réaliser la distribution et la pose des appareillages en avant de l'enveloppe étanche sans jamais la traverser.

La mise en place d'un vide technique de 50 mm entre le plan d'étanchéité et le nu intérieur de la construction permet de s'affranchir pour l'ensemble des passages des câbles électriques du risque de percements accidentels de ce plan d'étanchéité. Ce vide technique, ou plénum, évite également la dégradation des performances de l'isolant car celui-ci ne sera pas comprimé.

Les principales dispositions à mettre en œuvre concernent notamment le traitement des jonctions se situant :

- en tête : sous dalle et sous plafond ;
- en pied : sur sol brut et sur sol fini ;
- avec les menuiseries extérieures et les volets roulants ;
- au droit des incorporations et traversées des parois.

#### Note

Pour le traitement des points singuliers, (cf. 9.4.)

## 8.4. • Dispositions concernant la ventilation des locaux

Dans les logements anciens, le renouvellement d'air se fait en général par les ouvertures de fenêtres, les infiltrations à travers les ouvrants, les imperfections du bâti ou par des systèmes spécifiques existants prévus à cet effet. Sa maîtrise par un dispositif de ventilation contribue à l'économie d'énergie et au maintien de la qualité d'air dans les locaux.

L'humidité relative de l'air doit rester, en moyenne temporelle, inférieure à un taux de l'ordre de 85 % pour éviter le développement des moisissures. La ventilation mécanique permet d'adapter le renouvellement d'air dans le logement afin d'obtenir une bonne qualité d'air intérieure nécessaire pour la santé, d'éviter l'apparition de moisissures tout en maîtrisant la dépense énergétique liée au renouvellement d'air. L'ouverture des fenêtres fait partie des habitudes, celle-ci permet également un complément d'air neuf.

Les réglementations applicables aux bâtiments existants exigent la maîtrise de l'apport et de l'extraction d'air ainsi que le traitement ou amélioration de l'étanchéité à l'air de l'enveloppe du bâti.

Les entrées d'air et les bouches d'extraction doivent être nettoyées régulièrement afin de maintenir un débit d'air adapté aux besoins.



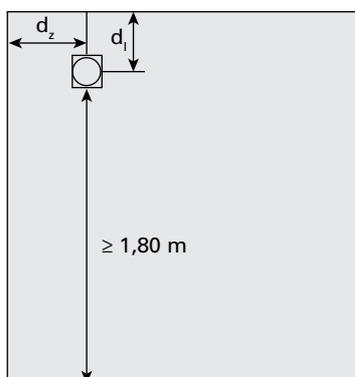
**Le renforcement de l'isolation thermique (parois pleines et menuiseries extérieures) ayant le plus souvent pour conséquence d'augmenter l'étanchéité à l'air du bâti, les entrées d'air existantes devront être redimensionnées en vue de maintenir un niveau d'échange compatible avec les impératifs de salubrité des locaux.**

### Note

Le niveau de performance du système de ventilation existant ou à mettre en place devra être évalué selon différents critères : performance énergétique, impact sur le confort thermique, acoustique, qualité de l'air dans les locaux, qualité du fonctionnement de la ventilation dans les locaux du bâtiment.

## 8.4.1. • Dispositions concernant les groupes d'extraction

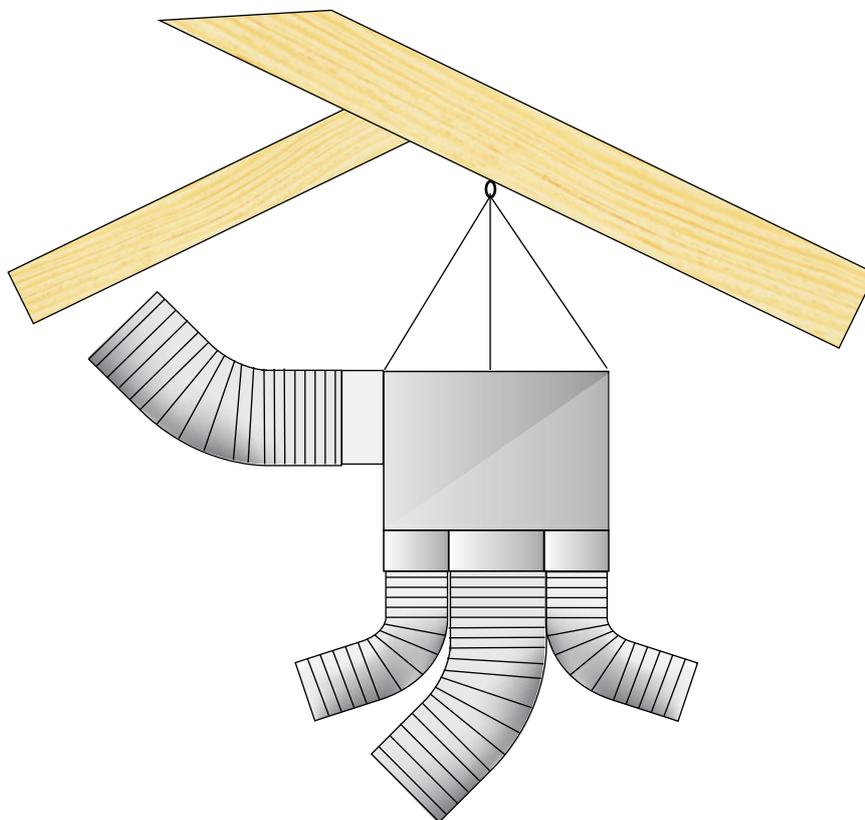
- Mise en œuvre conforme au § 6.1 de la norme NF DTU 68.3 P1-1-1 et au § 7.3 P1-1-2 de la norme NF DTU 68.3 P1-1-2.
- Emplacement des dispositifs d'extraction (NF C15-100) : respect des distances minimales  $d_1$  et  $d_2$  par rapport aux parements intérieurs des doublages et plafonds, compte tenu de l'encombrement de l'isolation thermique rapportée à l'intérieur.



▲ Figure 50 : Positionnement du dispositif d'extraction dans les pièces humides

- Fixation (NF EN 1 236) : supports de fixation adaptés aux sollicitations manuelles ou mécaniques, aux opérations de nettoyage.
- Groupe d'extraction dans les combles. Afin de limiter la propagation des vibrations, le groupe d'extraction doit être :

- soit désolidarisé du support (sol, mur, plafond, etc.) en interposant entre le caisson et le plancher support un matériau élastique (plots ou tapis, par exemple) ;
- soit suspendu à la charpente par des fils, sans être en contact avec la charpente ou le mur.



▲ Figure 51 : Exemple de suspension d'un groupe d'extraction à la charpente dans des combles perdus

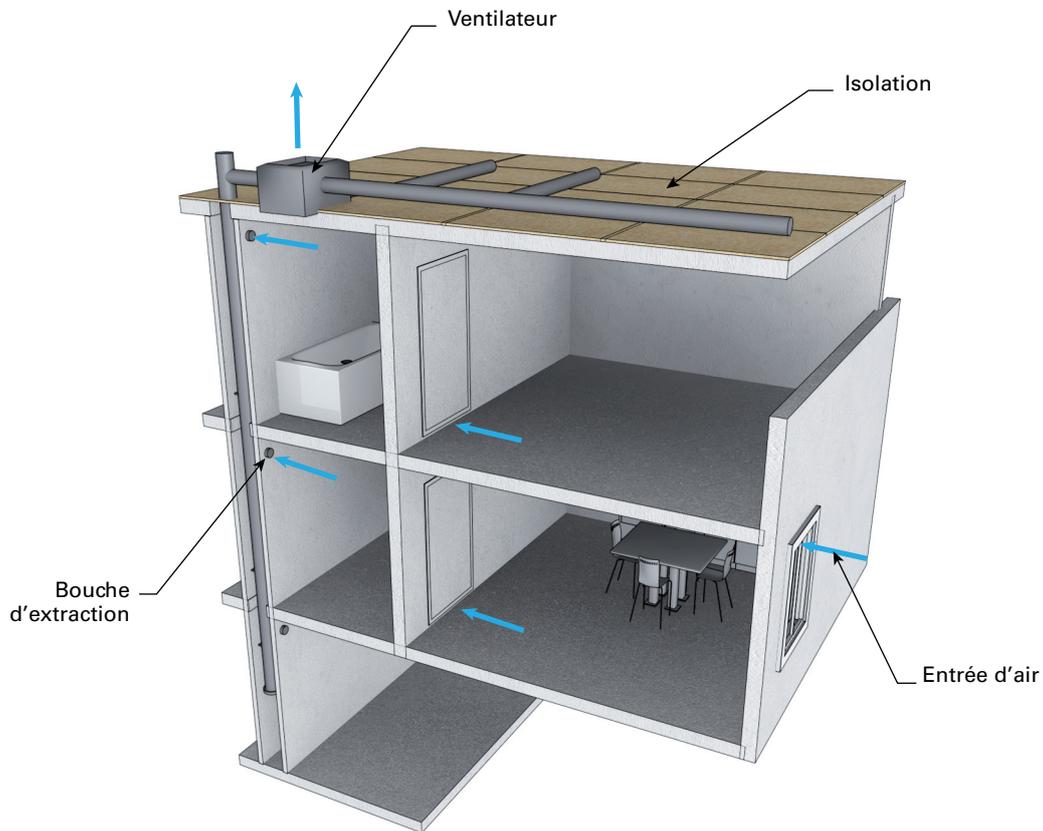
### 8.4.2. • Dispositions concernant les entrées d'air

- Mise en œuvre conforme au § 6.1 de la norme NF DTU 68.3 P1-1.
- Percement des orifices dans l'enveloppe de la construction présentant, dans toute la traversée, une section égale ou supérieure. Tout percement est susceptible d'avoir des conséquences négatives sur les performances, notamment face aux exigences de perméabilité à l'air et d'étanchéité à l'eau.

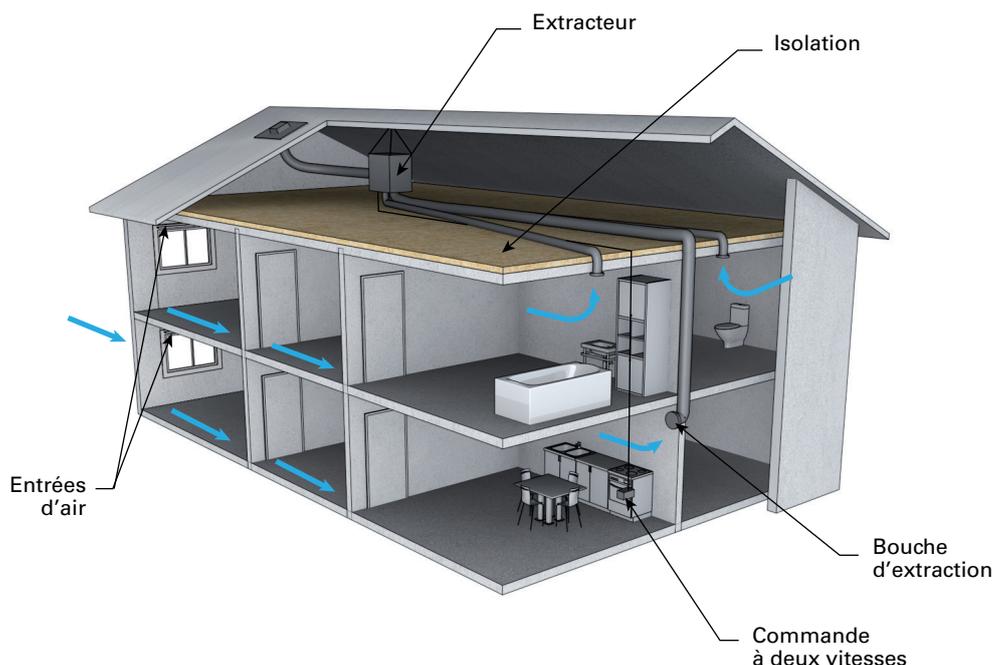
### 8.4.3. • Dispositions concernant les réseaux d'air

- Mise en œuvre de l'étanchéité à l'air du réseau conforme à l'annexe C de la norme NF DTU 68.3 P1-1 ; choix des matériaux spécifiés au § 3.3 de la norme NF DTU 68.3 P1-2.
- Étanchéité à l'air du réseau : utilisation d'accessoires (bandes rétractables, adhésives, joints autour des conduits).

- Jonction entre composants de ventilation, paroi support, manchette de raccordement éventuelle, conduits.
- Isolation thermique des gaines situées hors des volumes chauffés.
- Mise en œuvre des gaines sans point bas susceptibles de collecter des condensats.



▲ Figure 52 : Exemple de réseau d'air d'un immeuble collectif



▲ Figure 53 : Exemple de réseau d'air implanté dans les combles perdus d'une maison individuelle

### 8.4.3.1. • Dispositions concernant les composants de rejet d'air ou de prise d'air neuf

Mise en œuvre conforme à la norme NF DTU 68.3 P1-1-1 § 6.5.1.



**Les rejets d'air et la reprise d'air neuf ne sont admis ni dans les combles, ni dans les garages, ni dans les vides sanitaires.**

## 8.5. • Isolement acoustique

### 8.5.1. • Contexte réglementaire dans l'existant

Il n'existe pas actuellement de réglementation acoustique de l'existant. Cependant, un des principes de base des règles de construction (souvent repris dans les règlements de copropriété) dans les opérations de rénovation ou de réhabilitation est de ne pas dégrader la situation existante. En cas de litige (notamment pour déterminer la performance existante), le bâtiment après travaux doit au moins atteindre les performances réglementées (quand elles existent) à la date du dépôt du permis de construire. La jurisprudence dans le domaine tend même à montrer que le maître d'ouvrage se doit, lors de travaux, de chercher à atteindre les exigences minimales des réglementations en cours.



La réglementation acoustique est basée sur une obligation de résultat et non de moyen. Ce n'est donc pas la performance du procédé d'isolation thermique par l'intérieur (ITI) qui est réglementée mais la performance finale du bâtiment principalement en termes d'isolement entre logements et d'isolement de façade. Il est toutefois nécessaire de connaître la performance de chaque composant pour s'assurer du respect de la réglementation de l'ensemble.

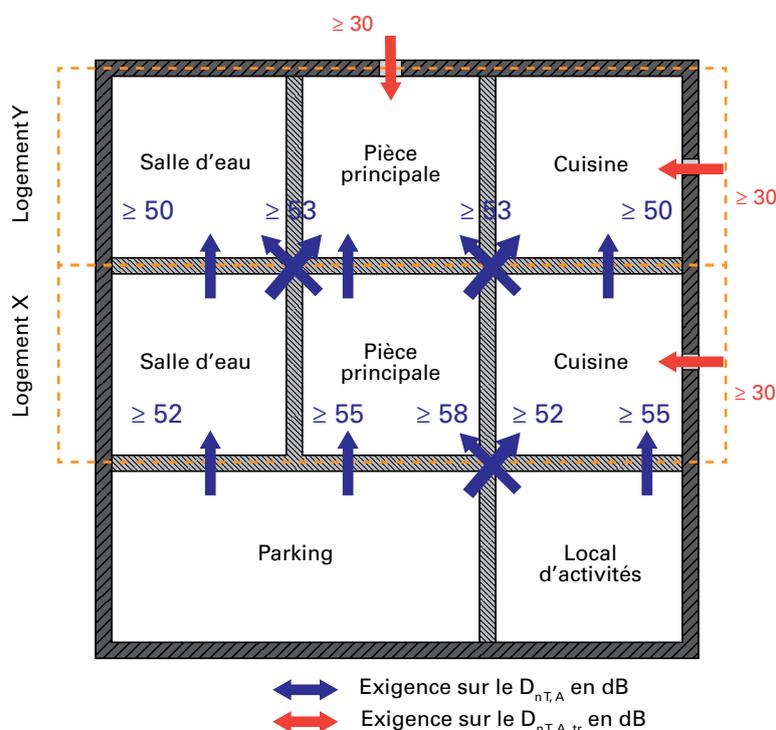
Quatre domaines d'emploi sont à ce jour concernés par la réglementation :

- les bâtiments d'habitation (arrêté du 30 juin 1999) ;
- les établissements de santé (25 avril 2003) ;
- les établissements d'enseignement (25 avril 2003) ;
- les hôtels (25 avril 2003).

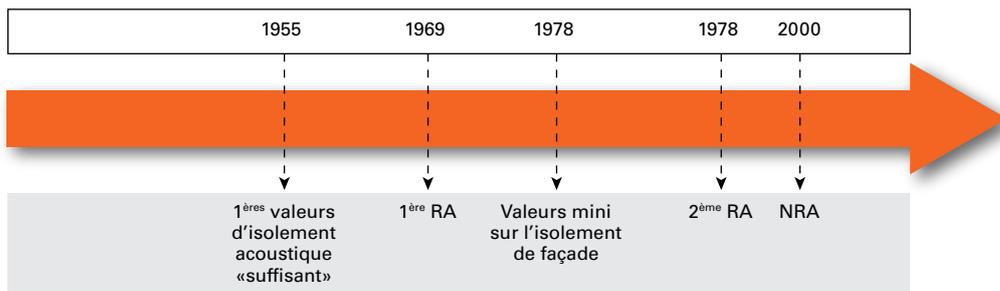
Les principaux indices réglementés impactés par l'isolation thermique par l'intérieur sont :

- l'isolement acoustique  $D_{nT,A}$  ( $=D_{nT,w} + C$ ) en dB (ou isolement intérieur) ;
- l'isolement acoustique  $D_{nT,A,tr}$  ( $=D_{nT,w} + C_{tr}$ ) en dB (ou isolement de façade).

Les valeurs seuils de la réglementation acoustique des bâtiments d'habitation (arrêté du 30 juin 1999) sont résumées dans la (Figure 54) ci-après :



▲ Figure 54 : Principaux niveaux d'isolement au bruit aérien réglementés dans les bâtiments d'habitation en France



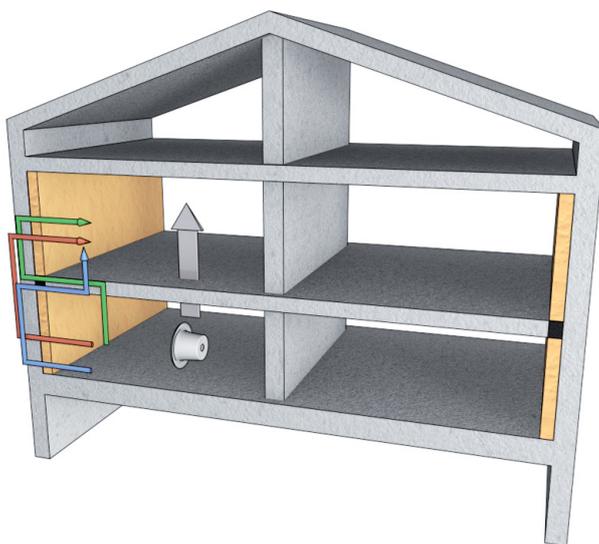
RA : Réglementation Acoustique

NRA : Nouvelle Réglementation Acoustique

▲ Figure 55 : Chronologie des réglementations acoustiques françaises dans le domaine du bâtiment d'habitation

## 8.5.2. • Influence des doublages thermiques sur l'isolement acoustique entre locaux

Contrairement aux idées reçues, le doublage par l'intérieur a un rôle assez faible sur l'isolement de façade, mais primordial sur l'isolement acoustique entre logements car il influe fortement sur les transmissions latérales qu'il diminuera ou augmentera selon qu'il est thermique ou thermo-acoustique (Figure 56).



▲ Figure 56 : Impact des doublages sur l'isolement entre pièces : modification des transmissions latérales

Dans une opération de réhabilitation ou de rénovation, la recherche de l'impact acoustique des travaux envisagés n'est pas toujours aisée. Si certains cas classiques restent cependant calculables, il est souvent d'usage de respecter quelques règles de base pour prévenir des problèmes particuliers. Par exemple, lors de la réhabilitation thermique d'un bâtiment collectif, l'utilisation systématique de doublages thermo-acoustiques pour ne pas dégrader l'isolement entre pièces est un point important.

### 8.5.3. • Préservation de l'équilibre entre isolement entre locaux et isolement vis-à-vis de l'extérieur

En acoustique, le confort est aussi une question d'équilibre entre le niveau sonore provenant de l'extérieur et celui provenant des autres locaux. Si les bruits venant de l'extérieur sont souvent les premiers cités dans les sondages liés à la gêne sonore, ils sont impersonnels et donc souvent mieux tolérés que les bruits provenant des locaux avoisinants.



**La réglementation acoustique est normalement conçue pour garantir cet équilibre, mais lors d'opérations de réhabilitation ou de rénovation, cet équilibre peut être rompu lorsque seule l'enveloppe fait l'objet de travaux. Ainsi, le simple remplacement des menuiseries existantes (y compris entrée d'air et coffre de volet roulant), souvent peu étanches, par des menuiseries à frappe neuves (dont l'étanchéité est mieux maîtrisée) permet de faire des gains importants sur l'isolement acoustique de la façade, et ce, même si le doublage intérieur dégrade l'indice d'affaiblissement acoustique du mur de façade. C'est ainsi que les bruits intérieurs (équipements ou voisinage), initialement masqués par le bruit extérieur, pourront émerger et être perçus comme une nuisance.**

**De plus, si le doublage choisi est uniquement thermique (et dégrade la performance acoustique du mur support), il va augmenter les transmissions latérales, donc dégrader l'isolement entre les logements, accentuant du même coup cette nuisance.**

**Il en résultera au final une dégradation, souvent significative, du confort acoustique dans des opérations tout juste réhabilitées.**



**Le recours à des doublages de type thermo-acoustique et la limitation de l'amélioration de l'isolement acoustique des façades permettent de limiter ce risque. Une autre solution, beaucoup plus lourde, consiste à retrouver le contexte d'une construction neuve en réalisant une réhabilitation complète du bâtiment (intérieur et extérieur) avec l'assistance d'un bureau d'études acoustiques.**



### 8.5.4. • Performances acoustiques intrinsèques du procédé

L'approche acoustique des systèmes différera selon leur nature. Deux grandes familles sont à distinguer :

- la première porte sur tous les systèmes de doublage (horizontaux ou verticaux) mis en œuvre sur des parois « lourdes » (voile de béton, mur maçonné, plancher poutrelle et entrevous, etc.). La performance est évaluée en termes d'amélioration de l'indice d'affaiblissement acoustique  $\Delta R$  du doublage vis-à-vis de son support. Il est à noter que la valeur obtenue dépend de la performance de la paroi support ;
- la seconde famille correspond à des doublages sur des murs à ossature légère, ou des plafonds en combles perdus ou aménagés. La performance est évaluée par l'indice d'affaiblissement acoustique du système complet.

#### 8.5.4.1. • Performance acoustique des doublages sur supports lourds

L'efficacité acoustique d'un doublage dépend de la paroi support sur laquelle il est monté. En France, trois supports de référence verticaux et un support de référence horizontal sont retenus :

- béton de 16 cm (référence au niveau de la norme ISO 10140-5) ;
- brique creuse 20 x 20 x 5 enduit une face ;
- parpaing creux 20 x 20 x 5 enduit une face ;
- plancher béton de 14 cm (référence au niveau de la norme ISO 10140-5).

Le voile de béton de 160 mm, qui est le support de référence dans la norme, est généralement le support le plus pénalisant (en termes de  $\Delta R$  associé pour le doublage) et donc celui souvent retenu par défaut.

Lors d'une opération de réhabilitation et en cas de doute sur le mur support ou si celui-ci est enduit sur la face qui sera doublée, il convient de prendre par défaut la performance acoustique ( $\Delta R$ ) du doublage sur voile de béton de 16 cm.

#### 8.5.4.2. • Performance acoustique des complexes de doublages collés

La performance de ces systèmes dépend fortement du module d'élasticité de l'isolant.

Dans leur grande majorité, les mousses à cellules fermées (PU, XPS, PSE non élastifié) ont un module d'élasticité important. Cela implique que les complexes ainsi constitués dégraderont l'indice d'affaiblissement de leur paroi support. En revanche, ceux réalisés avec des isolants plus souples (PSE élastifié [PSEE] ou laine minérale [LM]) amélioreront l'indice d'affaiblissement acoustique de ces parois.

### 8.5.4.3. • Performance acoustique des contre-cloisons maçonnées

Les contre-cloisons maçonnées étant généralement réalisées avec des produits assez rayonnants (briques plâtrières, carreaux de plâtre, etc.), il convient, notamment dans les logements collectifs, de limiter les transmissions latérales en périphérie de ces contre-cloisons en les désolidarisant du gros œuvre en tête ou en pied.

Ce type de technique est à proscrire sur chape flottante.

### 8.5.4.4. • Performance acoustique des systèmes de doublage avec ossature indépendante de la paroi

La performance acoustique dépend principalement de la nature et de la composition du parement, de la distance entre ce parement et la paroi support et de la nature et de l'épaisseur de l'isolant situé dans la lame d'air.

### 8.5.4.5. • Performance acoustique des systèmes de doublage sur ossature non indépendante

Ces systèmes se comportent de façon assez similaire à ceux du paragraphe précédent, à l'exception des différents points de connexion qui créent des courts-circuits plus ou moins pénalisants. L'impact de ces courts-circuits dépend fortement de leur densité au mètre carré et de leur souplesse. Il existe ainsi, notamment pour les plafonds suspendus, des dispositifs antivibratiles permettant de limiter cet effet.

Toutefois, ces dispositifs ne présentent pas la même efficacité sur planchers « légers » que sur planchers lourds et leur efficacité est assez rarement évaluée sur ce type de plancher.

### 8.5.4.6. • Performance acoustique des systèmes d'isolation par l'intérieur sur des éléments à ossature légère

Les systèmes couverts par ce chapitre portent aussi bien sur des doublages de murs à ossature bois que sur des planchers légers ou des charpentes de combles isolés par l'intérieur à l'aide d'un plafond sur ossature (bois ou métal).

S'agissant de l'isolement vis-à-vis de l'extérieur (façade et combles), le respect de l'exigence de base ( $D_{nT,A,tr} \geq 30$  dB) nécessite généralement un indice d'affaiblissement acoustique  $R_w + C_{tr}$  supérieur ou égal à 38 dB pour la paroi opaque.

Si cette performance est assez réaliste avec des systèmes standard de type plaque de plâtre (BA13) intérieure avec 200 mm d'isolant thermique poreux à cellules ouvertes (laine minérale, végétale, animale, etc.) et un parement extérieur (tuile, bardage, etc.), il n'en est pas de même pour des systèmes à base de mousse à cellules fermées



rigides ou élastifiées. En effet, outre le fait qu'ils ne peuvent être fixés mécaniquement, les complexes avec isolant en PSE élastifié n'auraient aucune efficacité acoustique dans ce type de configuration. Ce qui rend inapproprié (pour des raisons acoustiques) l'usage de complexes à base de mousse rigide (ou panneau sandwich) vissés sur ossature en combles aménagés ou perdus s'ils ne sont pas associés à un isolant thermique à cellules ouvertes en complément (laine minérale, végétale ou animale, par exemple).

### 8.5.5. • Points singuliers : traitement des jonctions

La recherche d'amélioration de l'étanchéité à l'air est un objectif commun à l'acoustique et à l'efficacité énergétique d'un bâtiment. En cela, les évolutions récentes conduisant à un plus grand nombre de contrôles devraient être bénéfiques sur le plan acoustique.

L'étanchéité des jonctions des doublages avec les équipements devra être préférentiellement réalisée avec des produits souples conservant leur élasticité dans le temps. L'usage de la mousse expansive de polyuréthane pour le traitement de points singuliers est à proscrire dès lors qu'une performance acoustique est recherchée.

## 8.6. • Sécurité incendie

### 8.6.1. • Généralités

La sécurité incendie dans les bâtiments vise à assurer aux personnes une protection efficace dans des situations critiques et tend ainsi à prévenir des sinistres faisant de multiples victimes.

Les trois catégories principales de mesures sont les suivantes :

- des mesures de prévention évitant la naissance du feu, sa transmission vers d'autres locaux ou vers les tiers si le foyer initial est intérieur, ou vers l'extérieur du bâtiment si le feu provient de l'extérieur ;
- des dispositions concernant l'évacuation des occupants et leur protection par des moyens incorporés au bâtiment ;
- des dispositions permettant l'accès aisé et l'intervention des services de lutte contre l'incendie.

Les principaux règlements de sécurité incendie applicables sont les suivants :

- bâtiments d'habitation : arrêté du 31 janvier 1986 modifié (ministère du Logement) ;
- établissements recevant du public : arrêté du 25 juin 1980 modifié (ministère de l'Intérieur) ;

- immeubles de grande hauteur : arrêté du 30 décembre 2011 (ministère de l'Intérieur + cosignataires) ;
- immeubles de bureaux notamment : Code du travail – arrêté du 5 août 1992 modifié (ministères du Logement, du Travail et de l'Agriculture) ;
- autres règlements spécifiques ou au cas par cas : ouvrages exceptionnels, établissements pénitentiaires, parcs de stationnement, ICPE, etc.

Parmi l'ensemble des mesures de prévention figurant dans ces règlements, il est notamment fait mention d'exigences en matière de réaction au feu, d'une part, et de résistance au feu, d'autre part.

### Définition simple de la réaction au feu

La réaction au feu est l'aptitude d'un produit ou d'un matériau à contribuer au développement d'un incendie (feu dans sa phase naissante).

Les moyens permettant de déterminer les performances de réaction au feu d'un produit ou d'un matériau sont essentiellement constitués par des essais.

Les méthodes applicables et les moyens de preuve des performances sont fixés par l'arrêté du 21 novembre 2002 modifié du ministère de l'Intérieur.

### Définition simple de la résistance au feu

La résistance au feu est la durée pendant laquelle un produit ou un élément de construction et d'ouvrage assure sa fonction malgré l'action du feu (feu dans sa phase développée).

Les moyens permettant de déterminer les performances de résistance au feu d'un produit ou d'un élément de construction et d'ouvrage sont élaborés par des essais, des calculs, des procédures mixant essais et calculs, et des avis d'experts.

Les méthodes applicables et les moyens de preuve des performances sont fixés par l'arrêté du 22 mars 2004 modifié du ministère de l'Intérieur.

## 8.6.2. • Les isolants intérieurs et les aspects phénoménologiques

Pour ce qui concerne les aspects phénoménologiques, il convient de rappeler que la plupart des feux qui surviennent dans un bâtiment ont pour origine la combustion d'un élément de mobilier ou d'équipement. Le flux de chaleur émis par ce type de foyer sollicite les revêtements des parois et fait croître leur température d'autant plus rapidement que l'inertie thermique des parois est faible.





Cela a deux conséquences :

- quelle que soit la nature de l'isolant thermique utilisé en isolation intérieure (matériau combustible ou non combustible), celui-ci va limiter la diffusion de la chaleur au travers des parois et ainsi favoriser un accroissement rapide de la température du milieu gazeux dans le local et des surfaces des parois, ce qui contribue à réduire le délai d'embrasement généralisé du contenu combustible du local ;
- si, de plus, l'isolant thermique est un matériau combustible, celui-ci va entrer rapidement en pyrolyse active, c'est-à-dire émettre des gaz combustibles et des fumées, l'inflammation pariétale précoce et généralisée déclenchant l'embrasement général du contenu de la pièce avec émission supplémentaire abondante de chaleur et de fumées.

Pour se prémunir contre l'occurrence précoce, voire très précoce (plastiques alvéolaires non ignifugés), de ces dangers (débits calorifiques élevés, fumées, gaz nocifs, déplétion d'oxygène), un principe de base en habitation est d'habiller les panneaux isolants thermiques, quelle que soit leur nature, par des plaques de parement suffisamment épaisses et constituées d'un matériau suffisamment dense afin de retarder l'échauffement de l'interface parement-matériau isolant. Par ce moyen :

- a) on donne à l'enveloppe interne du local, et donc au local lui-même, une inertie thermique suffisante qui permet de ne pas réduire exagérément le délai d'embrasement généralisé du fait de la construction elle-même ;
- b) on retarde la pyrolyse et la contribution au feu des isolants plastiques alvéolaires, ce qui permet de disposer, pour l'évacuation du local dans lequel le feu a pris naissance, d'un délai comparable à celui qu'offrirait une construction non isolée ou isolée par l'extérieur.

### 8.6.3. • Mesures préventives de protection contre le feu des isolants

#### 8.6.3.1. • Bâtiments d'habitation

Du point de vue du droit applicable, l'article 16 de l'arrêté conjoint des ministères de l'Intérieur et du Logement du 31 janvier 1986 relatif à la sécurité incendie dans l'habitat neuf est dédié à l'isolation des parois par l'intérieur et renvoie aux indications du guide d'emploi des isolants combustibles dans les logements (*e-Cahiers du CSTB* n° 3231, juin 2000) qui fait donc partie intégrante du dispositif réglementaire.

Par contre, la mise en sécurité incendie de l'habitat ancien ne fait pas, à ce jour, l'objet d'un texte réglementaire. Toutefois, les dispositions constructives du guide peuvent s'appliquer, par voie contractuelle,



aux travaux d'isolation des bâtiments existants. Par ailleurs, le paragraphe 1.4.4.1 de la circulaire du 13 décembre 1982, relative à la sécurité des personnes en cas de travaux de réhabilitation ou d'amélioration des bâtiments d'habitation existants, y renvoie.

Pour les bâtiments d'habitation de la 1<sup>re</sup> famille et dans les situations où l'on peut s'y ramener (dernier niveau des bâtiments collectifs), la considération des deux objectifs précités a) et b) est suffisante car seuls les occupants du logement sinistré ou des logements du même palier, au dernier niveau, sont menacés par le feu et leur évacuation peut être quasi immédiate.

Dans les bâtiments d'habitation collectifs (3<sup>e</sup> et 4<sup>e</sup> familles), pour les niveaux autres que le dernier, le scénario à considérer est plus complexe : en effet, il convient, outre de satisfaire aux objectifs ci-dessus, d'éviter l'enfumage rapide des dégagements communs, voire de logements situés à des niveaux plus élevés, pendant un temps suffisant afin de permettre l'évacuation de ces logements et l'intervention des secours par l'intérieur de l'immeuble. De ce fait, il convient d'examiner ici non seulement des paramètres tels que les délais d'inflammation pariétale et d'embrasement général, mais aussi les débits et les quantités de fumées et de gaz toxiques susceptibles d'être dégagés, pendant une durée conventionnelle d'incendie, et qui résulteraient, pour partie, d'une pyrolyse de l'isolation thermique incorporée à la construction.

Il est évident que si les habillages de l'isolation sont eux-mêmes combustibles, ceux-ci doivent être tels qu'ils ne favorisent pas eux-mêmes la survenance précoce de l'embrasement.

Le guide d'emploi des isolants combustibles dans les logements (*e-Cahiers du CSTB* n° 3231, juin 2000) indique, selon les familles d'habitation, le type et la position verticale ou horizontale de la paroi isolée par l'intérieur, les durées de protection requises et les solutions constructives admises sans justification.

Les Avis Techniques ou les DTA précisent la conformité avec cette réglementation des procédés d'isolation thermique par l'intérieur non traditionnels.

### 8.6.3.2. • Établissements recevant du public

Du point de vue du droit applicable, l'article AM8 de l'arrêté du ministre de l'Intérieur du 6 octobre 2004 modifié (voir son annexe I) relatif à la sécurité incendie dans les établissements recevant du public est dédié à l'isolation des parois par l'intérieur. Il est directement associé à son annexe II qui est constituée par le guide d'emploi des isolants combustibles dans les établissements recevant du public. L'ensemble forme le dispositif réglementaire.

Les mesures préventives retenues par le premier paragraphe de l'article AM8 sont :

- soit une limitation du pouvoir calorifique des isolants, voire de leur production fumigène (utilisation de produits classés au moins A2 – s2,d0 ou A2FL – s1) ;



- soit la protection par un écran de tout isolant combustible susceptible d'être exposé au feu. Cet écran a pour fonction de retarder la pénétration du flux thermique dans un tel produit afin d'en différer la pyrolyse active et/ou la fusion.

Par convention est appelé :

- « isolant combustible », tout produit d'isolation non classé au moins A2 – s2,d0 ou A2FL – s1 ;
- « écran », un écran de protection thermique.

Le guide introduit :

- les solutions constructives avec écran qui peuvent être mises en œuvre sans justification (cf. article II.1) ;
- la possibilité d'utilisation d'autres écrans, justifiés selon les dispositions de l'article II.2 ;
- enfin, la possibilité d'autres solutions constructives après justification, ainsi que prévu par le deuxième paragraphe de l'article AM8.

Les Avis Techniques ou les DTA précisent la conformité à ces réglementations des procédés d'isolation thermique par l'intérieur non traditionnels.

## 8.7. • Impacts environnementaux et sanitaires

Cette partie traite de la conformité des procédés d'isolation thermique par l'intérieur avec les réglementations et les prescriptions environnementales et sanitaires du projet.

L'arrêté du 23 décembre 2013 précise les modalités d'application du décret du 23 décembre 2013 relatif à la Déclaration Environnementale (DE) qui devra accompagner la commercialisation des produits de construction utilisés dans le secteur du bâtiment, dès lors que la promotion de ces produits comportera des allégations sur leurs aspects environnementaux.

Les données environnementales et sanitaires des isolants et des procédés d'isolation sont présentées sous la forme de fiches de données environnementales et sanitaires (FDES) conformes aux dispositions de la norme NF EN 15804 « Contribution des ouvrages de construction au développement durable – Déclarations environnementales sur les produits – Règles régissant les catégories de produits de construction » et son complément national, la norme XP P01-064.



### 8.7.1. • Fiche de déclaration environnementale et sanitaire des isolants et des doublages

Les caractéristiques environnementales et sanitaires des produits de construction sont issues de l'analyse de leur cycle de vie (ACV) qui couvre l'extraction des matériaux en carrière, la fabrication des produits, leur transport, leur vie en œuvre, le traitement des déchets de chantier et la déconstruction du bâtiment.

Le résultat de cette analyse de cycle de vie des produits de construction, réalisée de manière normalisée, constitue une partie de la fiche de déclaration environnementale et sanitaire (FDES). L'évaluation de la performance environnementale des bâtiments (PEB) a rendu nécessaire la production de ces FDES.

L'évaluation de la qualité environnementale des bâtiments (QEB) et, par conséquent, la recherche des labels HQE du bâti ont rendu nécessaire la production de ces déclarations.

La création et la mise à disposition de ces fiches relèvent à ce jour d'une démarche volontaire. Elles sont le plus souvent mises à disposition dans la base INIES, base de données française de référence sur les caractéristiques environnementales et sanitaires des produits de construction ([www.inies.fr](http://www.inies.fr)).

### 8.7.2. • Réglementations environnementales et sanitaires

Il convient tout d'abord de rappeler que les réglementations thermiques des bâtiments existants relèvent aussi des préoccupations environnementales à travers, notamment, la réduction des émissions de CO<sub>2</sub>.

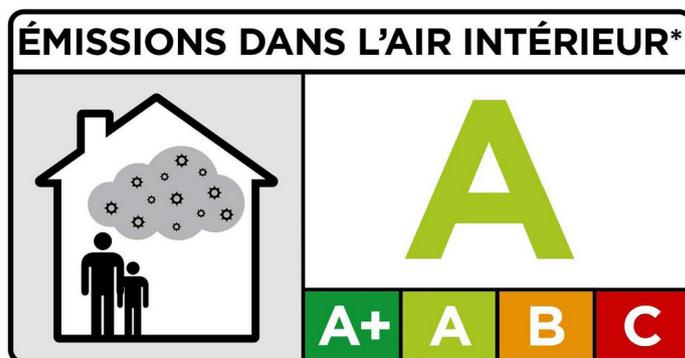
L'étiquetage des émissions de polluants volatils des produits de construction et de décoration fait l'objet d'une réglementation applicable depuis le 1<sup>er</sup> septembre 2013. Il s'agit du décret n° 2011-321 du 23 mars 2011 et de l'arrêté d'application du 19 avril 2011 relatif à l'étiquetage des produits de construction ou de revêtement de mur ou de sol et des peintures et vernis sur leurs émissions de polluants volatils, modifié par l'arrêté du 20 février 2012.

Les cloisons, les faux-plafonds, les produits d'isolation, les portes, les fenêtres et les produits destinés à la pose ou à la préparation de ces produits sont concernés.

Le décret instaure l'obligation d'indiquer sur une étiquette, placée sur le produit ou sur son emballage, ses caractéristiques d'émission, une fois mis en œuvre, en substances volatiles polluantes. Il s'agit d'une autodéclaration. Le fabricant est responsable de l'exactitude des informations mentionnées sur l'étiquette, qu'il obtient par le moyen de son choix. Un essai d'émission selon la série des normes ISO 16000 constitue le mode de preuve en cas de contrôle.



L'étiquette accompagnant le produit informe sur le niveau d'émission de substances volatiles dans l'air intérieur, présentant un risque de toxicité par inhalation, sur une échelle de classe allant de A+ (très faibles émissions) à C (fortes émissions).



▲ Figure 57 : Modèle d'étiquette extrait de l'arrêté

Le ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie a mis en ligne une page : « Mode d'emploi de l'étiquetage » sur son site : [www.developpement-durable.gouv.fr/Chapitre-I-Mode-d-emploi-de-l.html](http://www.developpement-durable.gouv.fr/Chapitre-I-Mode-d-emploi-de-l.html).

Enfin, tous les produits de construction sont soumis depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2010 à l'arrêté du 30 avril 2009 relatif aux conditions de mises sur le marché des produits de construction et de décoration contenant des substances cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques de catégorie 1 ou 2 et à l'arrêté du 28 mai 2009 modifiant l'arrêté du 30 avril 2009. Les produits de construction satisfont aux exigences de ces arrêtés si leurs émissions à 28 jours en composés cancérigènes, mutagènes ou reprotoxiques de catégorie 1 ou 2 sont inférieures à 1 µg.m<sup>-3</sup> selon la série des normes ISO 16000.

## 8.8. • Stabilité et durabilité

### 8.8.1. • Doublages horizontaux ou inclinés

Il convient de déterminer les sollicitations mécaniques (poids propre, effets du vent) apportées par les doublages horizontaux ou inclinés, puis de vérifier la capacité des supports (charpentes, planchers et/ou plafonds existants) à reprendre ces charges.

Les préconisations concernant la vérification des éléments porteurs sont définies plus haut (cf. 7.3.2.).

#### 8.8.1.1. • Poids de l'isolation rapportée : poids du système de doublage

Le poids au mètre carré des composants des systèmes de doublage (isolant, ossature, parement) est calculé. Ce poids est ensuite majoré, conformément aux dispositions des normes DTU, pour tenir compte des effets du vent et des surcharges dues aux équipements éventuels. En fonction de l'écartement des ossatures supports du doublage et de

l'entraxe des suspentes, on détermine enfin la charge rapportée par chaque suspente à la structure porteuse. Les couples profilés-suspentes sont indissociables. Il est nécessaire de vérifier que la charge par suspente est inférieure à la charge admissible du couple profilé suspente.

### Note

La charge admissible du couple profilé-suspente est égale au tiers de la charge de rupture de cet assemblage (cf. art. 5.2.6 du DTU 25.41 P1-2).

### 8.8.1.2. • Effets du vent sur le dimensionnement des ossatures

Dans la plupart des cas (cf. art. 6.2.2.2.1 de la norme NF DTU 25.41 P1.1), les charges à prendre en compte sont :

- le poids propre de l'ossature et des parements, plaques, complexes, etc. ;
- une surcharge de 10 daN/m<sup>2</sup> qui tient compte des effets moyens dus au vent ;
- la masse surfacique de l'isolant ;
- une charge ponctuelle complémentaire de 2 daN par surface minimale de 1,20 m x 1,20 m pour la fixation d'objets.

### Note

Une surcharge d'effets moyens dus au vent inférieure à 10 daN/m<sup>2</sup> peut être prise en compte si une étude justifie que l'action du vent ne pourra dépasser cette valeur. Par défaut, les portées maximales sont calculées avec la surcharge de 10 daN/m<sup>2</sup>.

Dans certains cas particuliers (profilés spéciaux, charges importantes dues au vent), une justification par calcul ou essai est nécessaire. C'est notamment le cas des plafonds horizontaux exposés à des pressions de vent supérieures à 10 daN/m<sup>2</sup> et qui nécessitent un dimensionnement spécifique ainsi que la mise en œuvre de dispositifs de blocage au droit de chaque suspente, s'opposant ainsi au soulèvement du plafond.

### 8.8.2. • Doublages verticaux

Les doublages doivent présenter un comportement satisfaisant vis-à-vis :

- des sollicitations de service (chocs d'usage, pression due au vent, etc.) avec une absence de dégradations ;
- des sollicitations extrêmes (chocs de sécurité) avec un non-effondrement, même partiel, de la paroi.

Les spécifications sont décrites dans les trois documents suivants :

- Eurocode 1 : Actions sur les structures (définitions des catégories de zone) ;



- normes NF DTU 25.41, 25.42 et 31.2 ;
- guide pour la présentation des éléments du dossier de demande d'Avis Technique relative à un procédé de cloison distributive ou de doublage de murs.

L'appréciation de l'aptitude à l'emploi des doublages de mur passe par la justification de la résistance aux sollicitations suivantes :

- comportement aux chocs de corps mous simulant la chute d'une personne contre la paroi ;
- comportement aux chocs de corps durs simulant l'impact d'un objet ;
- comportement sous une pression répartie simulant l'impact d'un différentiel de pression sur l'ouvrage ;
- comportement après plusieurs battements d'une porte intégrée dans l'ouvrage ;
- comportement des fixations d'éléments chargés sur l'ouvrage.

### 8.8.2.1. • Résistance aux chocs

Le dimensionnement des contre-cloisons et des doublages verticaux doit assurer la résistance aux chocs des ouvrages verticaux selon les types de locaux.

#### Comportement aux chocs de corps mous

Pour les contre-cloisons en plaques de plâtre sur ossature métallique verticale visées par le DTU 25.41, les exigences de comportement aux chocs de corps mous sont réputées satisfaites pour les configurations de cloisons de doublage de murs définies dans le tableau 16 ci-après.

Exposition aux chocs des locaux	Constitution des contre-cloisons		Hauteur maximale
	Parement	Ossature	
<b>Cas A</b> Emploi dans des logements individuels (maisons individuelles, parties privatives des logements collectifs) et dans les bureaux dont les chocs d'occupation ne sont pas supérieurs à ceux des logements	1 plaque BA13 ou 1 plaque BA15	Montants simples ou doubles sans appui intermédiaire sur le support	3,90 m avec montants M100 doublés tous les 0,60 m (art. 6.4.1 du DTU 25.41 P1.1)
		Montants simples ou doubles avec appui intermédiaire sur le support	6,00 m avec montants à entraxe de 0,60 m et appuis à entraxe maximal de 1,50 m (art. 6.4.2 du DTU 25.41 P1.1)
		Fourrures avec appuis intermédiaires clipsés	2,70 m avec un appui à mi-hauteur (art. 6.4.3 du DTU 25.41 P1.1)
<b>Cas B</b> Emplois autres que ceux visés dans le cas A	1 plaque BA18 ou 2 plaques BA13 ou 2 plaques BA15	Montants simples ou doubles sans appui intermédiaire sur le support	3,90 m avec montants M100 doublés tous les 0,60 m (art. 6.4.1 du DTU 25.41 P1.1)

▲ **Tableau 16** : Dispositions constructives des contre-cloisons en plaques de plâtre sur ossature métallique vis-à-vis des chocs

**Note**

Des hauteurs maximales supérieures et une extension au cas B de certains montages peuvent être admises sur justification de leur comportement mécanique.

Les DTU ou les Avis Techniques et les DTA précisent les épaisseurs ou les constitutions minimales des autres types de contre-cloisons.

### Comportement aux chocs de corps durs

Pour les parements en plaques de plâtre de type A (standard), le diamètre de l'empreinte laissée par une bille de 500 g chutant d'une hauteur de 50 cm ne doit pas être supérieur à 20 mm.

Les DTU ou les Avis Techniques et les DTA précisent les duretés de surface des autres types de contre-cloisons.

### 8.8.2.2. • Comportement sous des pressions réparties

Les DTU ou les Avis Techniques et les DTA précisent, en fonction de l'épaisseur des contre-cloisons maçonnées ou de la composition des contre-cloisons sèches, les hauteurs maximales compatibles avec les effets des pressions dues au vent.

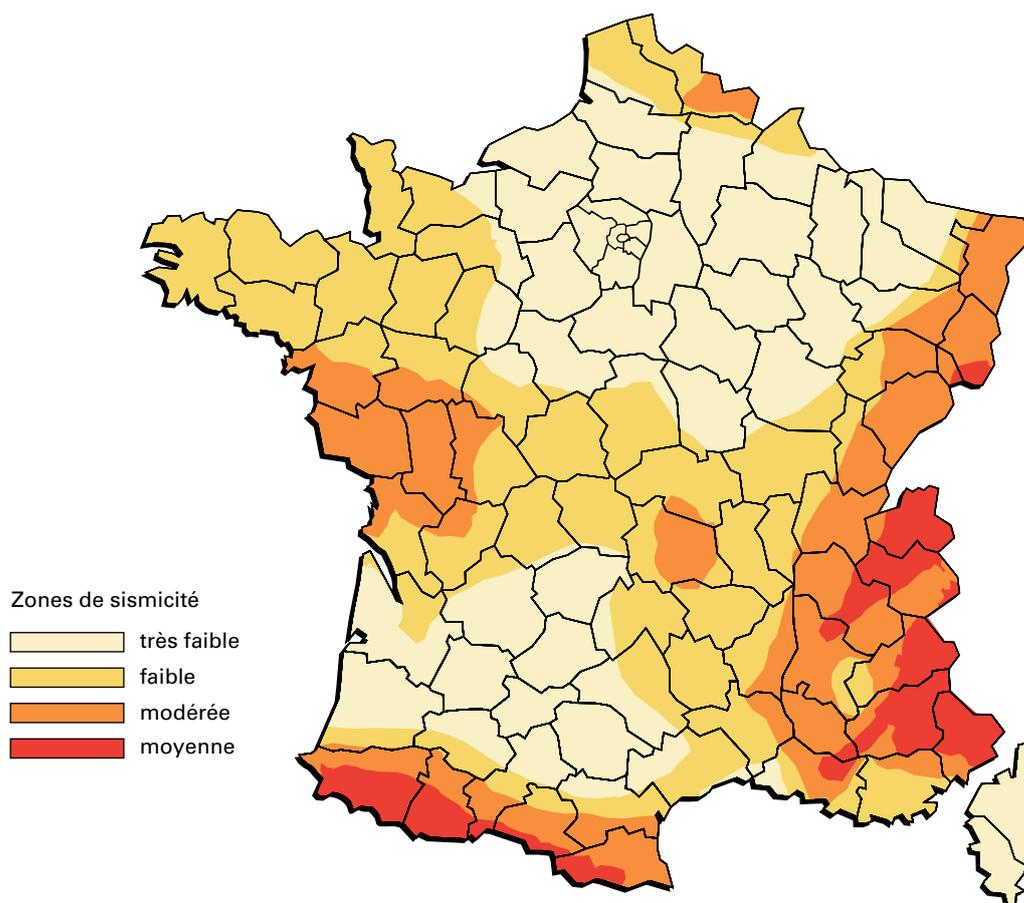
## 8.9. • Comportement sous sollicitations sismiques

Le territoire national est découpé en cinq zones sismiques :

- zone 1 : sismicité très faible ;
- zone 2 : sismicité faible ;
- zone 3 : sismicité modérée ;
- zone 4 : sismicité moyenne ;
- zone 5 : sismicité forte.

Le décret n° 2010-1255 délimite précisément les zones sismiques par département, canton et commune.

Une représentation simplifiée est portée sur la carte (Figure 58).



▲ Figure 58 : Carte du zonage sismique

L'arrêté du 22 octobre 2010 modifié définit quatre catégories d'importance pour les bâtiments :

- catégorie d'importance I : bâtiments dont la défaillance ne présente qu'un risque minime pour les personnes ou l'activité économique ;
- catégorie d'importance II : bâtiments dont la défaillance présente un risque moyen pour les personnes ;
- catégorie d'importance III : bâtiments dont la défaillance présente un risque élevé pour les personnes et ceux présentant le même risque en raison de leur importance socioéconomique ;
- catégorie d'importance IV : bâtiments dont le fonctionnement est primordial pour la sécurité civile, pour la défense ou pour le maintien de l'ordre public.

### Informations relatives aux éléments non structuraux



**Pour les bâtiments existants, la réglementation sismique ne s'applique que dans le cas de travaux lourds (art. 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié). Dans ce cadre-là, les valeurs par défaut à prendre pour les calculs sont définies dans l'arrêté.**

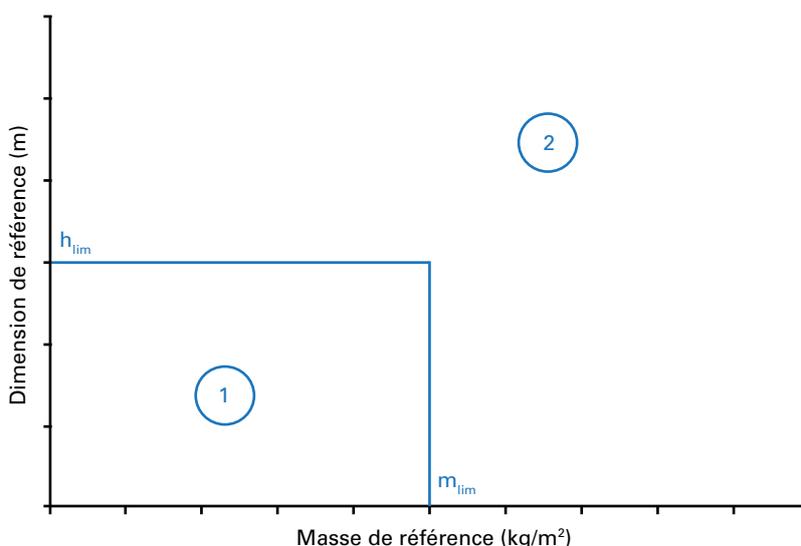


Conformément au guide <sup>1</sup> « Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti – Justifications parasismiques pour le bâtiment "à risque normal" », les éléments de second œuvre (non structuraux) nécessitant une analyse de comportement sismique sont définis par deux critères :

- une dimension de référence de l'élément  $h_{lim}$  représentant la distance verticale entre le point haut de l'élément et l'aire de chute potentielle située directement sous l'élément ;
- la masse surfacique de l'élément  $m_{lim}$ .

Pour une dimension de référence inférieure à  $h_{lim}$  et une masse inférieure à  $m_{lim}$ , le risque est considéré comme faible et il n'est pas exigé de prendre en compte l'action sismique dans la conception et le dimensionnement de l'élément (région 1).

Dans le cas contraire (région 2), si la dimension de référence est supérieure à  $h_{lim}$  ou si la masse surfacique de l'élément est supérieure à  $m_{lim}$ , les éléments doivent faire l'objet d'une prise en compte du risque sismique.



▲ Figure 59 : Délimitation des régions 1 et 2 en fonction des masses  $m_{lim}$  et des dimensions  $h_{lim}$

■ 1 Disponible sur : [www.territoires.gouv.fr](http://www.territoires.gouv.fr) et/ou [www.developpement-durable.gouv.fr](http://www.developpement-durable.gouv.fr).



Les valeurs de  $h_{lim}$  et  $m_{lim}$  sont données dans le (Tableau 17) ci-après (extrait de l'art. 1.1.2 du guide « Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti – Justifications parasismiques pour le bâtiment "à risque normal" ») :

Familles d'éléments non structuraux du cadre bâti	Hauteur et masse de référence
Cloisons et doublages	<ul style="list-style-type: none"> <li><math>h_{lim} = 3,5</math> m</li> <li><math>m_{lim} = 25</math> kg/m<sup>2</sup></li> </ul>
Plafonds suspendus	Plafonds suspendus à l'aide d'une ossature : <ul style="list-style-type: none"> <li><math>h_{lim} = 3,5</math> m</li> <li><math>m_{lim} = 25</math> kg/m<sup>2</sup></li> </ul> Plafonds suspendus par système d'accroche non rigide : tous les éléments de cette famille doivent faire l'objet d'une analyse sismique ( $h_{lim} = 0$ m ; $m_{lim} = 0$ kg/m <sup>2</sup> )

▲ Tableau 17 : Domaine d'application par famille, notamment valeurs de  $h_{lim}$  et de  $m_{lim}$

Le (Tableau 18) ci-après donne des exemples de types de bâtiments selon la catégorie d'importance.

Catégorie d'importance	Exemples de type de bâtiments (voir arrêté du 22 octobre 2010 modifié)
I	Bâtiments sans activité humaine durable
II	Habitations individuelles ERP 4 <sup>e</sup> et 5 <sup>e</sup> catégories (sauf établissements scolaires) Bâtiments d'habitation collective ( $\leq 28$ m) Bâtiments de bureaux et d'usage commercial non ERP ( $\leq 28$ m, $\leq 300$ personnes) Bâtiments à activité industrielle ( $\leq 300$ personnes)
III	Établissements scolaires, ERP 1 <sup>re</sup> , 2 <sup>e</sup> et 3 <sup>e</sup> catégories Bâtiments à habitation collectifs ( $> 28$ m) Bâtiments de bureaux ( $> 28$ m) Bâtiments à usage commercial non ERP ( $> 300$ personnes) Bâtiments d'activité industrielle ( $> 300$ personnes) Bâtiments sanitaires et sociaux Bâtiments de production d'énergie
IV	Bâtiments de sécurité civile et défense Bâtiments de services communication Bâtiments de circulation aérienne, établissements de santé Bâtiments d'eau potable Bâtiments de distribution d'énergie Bâtiments de centres météorologiques

▲ Tableau 18 : Exemples de types de bâtiments selon la catégorie d'importance

En l'absence de justificatifs, le guide ENS précise les domaines d'emploi des éléments non structuraux pour lesquels l'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié ne requiert pas de dispositions parasismiques.

	Ouvrages de catégorie I	Ouvrages de catégorie II	Ouvrages de catégorie III	Ouvrages de catégorie IV
Zone 1				
Zone 2				*
Zone 3		*	*	*
Zone 4		*	*	*

\* Domaines d'emploi nécessitant une justification des dispositions parasismiques (application des règles PS en cas de travaux lourds)

▲ Tableau 19 : Périmètre d'application du guide pour les éléments non structuraux mis en œuvre dans un bâtiment existant

# Phases de réalisation de l'ouvrage et gestion des interfaces

# 9



Cette partie précise les différentes phases de réalisation des ouvrages, les différents intervenants et les principes et précautions de mise en œuvre des procédés d'isolation thermique examinés. Il souligne les différents points critiques.

Les procédés d'isolation thermique par l'intérieur sont présentés sous forme de fiches qui peuvent être consultées et extraites individuellement. Les procédés examinés correspondent aux techniques les plus courantes.

## 9.1. • Préparation des travaux

Il est rappelé qu'un travail de diagnostic conséquent doit être réalisé en amont (cf. 7.) ; un résumé des différentes phases du diagnostic est donné en [ANNEXE A].

### 9.1.1. • Ordre des travaux

- 1. Élimination des composants susceptibles de contenir de l'amiante.
- 2. Réfection des supports dégradés conformément au diagnostic réalisé.
- 3. Modification ou installation des équipements techniques complémentaires.
- 4. Approvisionnement et stockage des produits à l'abri et sur des supports plans conformément aux DTU concernés.
- 5. Mise en œuvre des procédés d'isolation thermique.
- 6. Réception des travaux.



La réception des supports (charpentes, parois horizontales et verticales) est indispensable avant la mise en œuvre des procédés d'isolation (cf. 7.3.2.). En particulier les charpentes, les planchers ou les faux-planchers et les plafonds existants doivent pouvoir supporter la surcharge du procédé d'isolation thermique rapporté en sous-face et permettre la fixation mécanique (chevilles, tirefonds, etc.) des accessoires de suspension (suspentes, cavalier, etc.).

Dans le cas du collage de complexes d'isolation thermique en pose verticale, on doit s'assurer que l'état de surface de la paroi support est compatible avec ce type de mise en œuvre (défauts de planimétrie inférieurs à 15 mm, absence de pulvérulence, d'huile de décofrage, de revêtements fermés [peinture, laque, etc.]). Au besoin, des tests d'adhérence permettant de justifier de la bonne tenue des plots de mortiers adhésifs seront réalisés. Lorsque l'état des supports ne permet pas le collage, on aura recours à une fixation mécanique des complexes ou bien on leur substituera des contre-cloisons avec ou sans appuis intermédiaires.

### 9.1.2. • Gestion et traitement des déchets de démolition et de construction

La réglementation spécifique aux déchets du BTP s'est étoffée récemment avec la loi du 12 juillet 2010 dite « loi Grenelle 2 » et la directive cadre du 19 novembre 2008 relative aux déchets.

Le sujet réglementaire le plus crucial en ce qui concerne la gestion des déchets du BTP est celui de la responsabilité :

« Vous produisez ou détenez des déchets de chantiers, vous êtes responsables de leur devenir. »

C'est le sens de l'article L. 541-2 du Code de l'environnement.

Il appartient donc à l'ensemble des acteurs de prendre les dispositions nécessaires jusqu'à l'élimination finale des déchets. Le périmètre de la répartition des rôles et des responsabilités varie selon le type de maître d'ouvrage (particulier, grand donneur d'ordre, etc.) et le type de chantier (construction, démolition-réhabilitation). Dans tous les cas, il appartient au maître d'ouvrage de formaliser ses exigences et ses attentes et au maître d'œuvre (le cas échéant) et aux entreprises de proposer des solutions.

Le secteur du bâtiment et les travaux d'isolation par l'intérieur (déconstruction et mise en œuvre) produisent trois types de déchets :

- des déchets inertes ;
- des déchets non dangereux, également appelés DIB (déchets industriels banals) ;
- des déchets dangereux.

Les listes des produits entrant dans chaque catégorie de déchets et les différentes infrastructures d'accueil adaptées à leur traitement sont

précisées dans les textes réglementaires. Une liste pour information est jointe en [ANNEXE D].

Le traitement des déchets doit être pris en compte dans l'évaluation des coûts et la préparation des travaux.

Lorsqu'ils sont à la charge de l'entreprise d'isolation thermique, l'entreposage (bennes, sacs), le tri et l'enlèvement en décharge des déchets de démolition et de construction doivent s'effectuer conformément aux dispositions réglementaires en fonction de la nature des produits.

L'entreprise doit pouvoir attester du respect de ces dispositions.

## 9.2. • Spécificités du chantier : sécurité des travailleurs et prévention des risques sanitaires et écologiques

### 9.2.1. • Présence d'amiante

Les produits susceptibles de contenir de l'amiante doivent être recherchés, identifiés et localisés. La liste de ces produits fait l'objet de l'annexe 13-9 du Code de la santé publique. Obligatoire pour tout immeuble dont le permis de construire a été délivré avant le 1<sup>er</sup> juillet 1997, le dossier technique amiante (DTA) doit être communiqué à toutes les entreprises ayant à intervenir dans le bâtiment (loi SRU 2000-1208, arrêté du 22 août 2002 et décret 2011-629). La dépose des produits contenant de l'amiante doit être réalisée, préalablement aux travaux d'isolation thermique, par des entreprises qualifiées.

### 9.2.2. • Recueil des données environnementales des produits à mettre en œuvre

Les produits de construction et de revêtement de murs et de sols, les peintures ainsi que les vernis doivent faire l'objet d'un étiquetage sur leurs émissions de polluants volatils. L'étiquetage, à la charge du fabricant ou du distributeur, doit accompagner ces produits.

Les produits de construction peuvent faire par ailleurs l'objet d'une déclaration environnementale conforme aux dispositions de la norme NFP 01-010. Cette déclaration prend alors la forme d'une fiche de déclaration environnementale et sanitaire (FDES).

### 9.2.3. • Fiches de données sécurité (FDS)

Ces fiches doivent être établies et tenues à disposition par les fabricants chaque fois que les produits de construction présentent un risque pour la santé. Le contenu et le format de ces fiches sont conformes au règlement (CE) n° 1907/2006, dit « règlement REACH »,



du Parlement européen. Reflétant l'état des connaissances du fabricant à la date indiquée, les informations contenues dans les FDS concernent :

- l'identification du produit et du producteur ;
- l'identification des dangers ;
- la composition du produit et des informations sur les composants ;
- les premiers secours ;
- les mesures de lutte contre l'incendie ;
- les mesures à prendre en cas de rejet accidentel ;
- les mesures relatives à la manipulation et le stockage ;
- le contrôle de l'exposition et les protections individuelles ;
- les propriétés physiques et chimiques du produit ;
- la stabilité et la réactivité du produit ;
- les informations toxicologiques ;
- l'écologie ;
- les considérations relatives à l'élimination ;
- le transport ;
- les informations réglementaires ;
- les autres informations utiles.

L'attention des utilisateurs est attirée sur les risques éventuellement encourus lorsqu'un produit est utilisé à d'autres usages que ceux pour lesquels il est conçu. La fiche FDS ne dispense en aucun cas l'utilisateur de connaître et d'appliquer l'ensemble des textes réglementant son activité.

Si le produit est utilisé en tant que composant d'un autre produit, les informations s'y trouvant peuvent ne pas être applicables.

### 9.3. • Fiches techniques

Dans la suite, divers cas de figure sont présentés sous forme de fiches. Ces 14 fiches correspondent aux différents procédés de mise en œuvre de l'isolation thermique les plus fréquemment rencontrés.

La liste des fiches est récapitulée dans la (Figure 2).

**[FICHE 1] : Principes de mise en œuvre de l'isolation thermique dans les combles perdus : cas de l'isolant posé déroulé sur des plafonds ou des planchers**

**[FICHE 2] : Principes de mise en œuvre de l'isolation thermique dans les combles perdus : cas de l'isolant à base de laine minérale ou de fibres végétales en vrac soufflé sur des plafonds ou des planchers**



**[FICHE 3] : Principes de mise en œuvre de l'isolation thermique dans les combles perdus : cas des panneaux et des rouleaux d'isolants (laine minérale, fibres végétales ou textiles) en plafond horizontal sous plancher**

**[FICHE 4] : Principes de mise en œuvre de l'isolation thermique dans les combles aménagés : cas de l'isolation des plafonds inclinés ou horizontaux. Procédés avec plaques-panneaux, lambris bois sur ossature bois ou métallique**

**[FICHE 5] : Principes de mise en œuvre de l'isolation thermique dans les combles aménagés : cas de l'isolation des plafonds inclinés ou horizontaux. Procédés avec plaques-panneaux, lambris bois sur ossature bois ou métallique et membrane d'étanchéité à l'air sans écran hpv sous toiture**

**[FICHE 6] : Principes de mise en œuvre de l'isolation thermique dans les combles aménagés : cas de l'isolation des plafonds inclinés ou horizontaux. Procédé avec complexes et sandwichs de doublage plaques de plâtre – isolant vissées sur ossature bois ou métal**

**[FICHE 7] : Principes de mise en œuvre de l'isolation thermique dans les combles aménagés : cas de l'isolation thermique des pieds-droits**

**[FICHE 8] : Principes de mise en œuvre de l'isolation thermique des parois verticales : cas des complexes d'isolation thermique (plaque-isolant) collés ou fixés mécaniquement sur mur béton ou maçonné**

**[FICHE 9] : Contre-cloisons avec parement en plaques de plâtre et panneaux ou rouleaux de laine minérale<sup>1</sup> sur ossature métallique avec appuis intermédiaires clipsés, en doublage de mur béton ou maçonné (NF DTU 25.41)**

**[FICHE 10] : Contre-cloisons avec parement plaques de plâtre et panneaux ou rouleaux de laine minérale<sup>1</sup>, sur ossature métallique sans appui intermédiaire, en doublage de mur béton ou maçonné (NF DTU 25.41)**

**[FICHE 11] : Contre-cloisons avec parement plaques de plâtre et panneaux ou rouleaux de laine minérale<sup>1</sup>, sur ossature bois, en doublage de mur béton ou maçonné**

**[FICHE 12] : Contre-cloison avec parement plaques de plâtre, panneaux ou rouleaux de laine minérale<sup>1</sup> et membrane d'étanchéité sur ossature métallique en doublage de mur béton ou maçonné**

**[FICHE 13] : Panneaux et rouleaux de laine minérale avec parement intérieur en doublage sur contre-lattage bois de murs à ossature bois (DTU 31.2)**

**[FICHE 14] : Principes de mise en œuvre de l'isolation thermique dans les combles perdus : cas de l'isolant posé déroulé sur des plafonds ou des planchers**

.....  
 ■ 1 D'autres isolants peuvent être utilisés mais nécessitent une évaluation technique (Document technique d'application) ou une étude de faisabilité.



## Fiche 1 – Principes de mise en œuvre de l'isolation thermique dans les combles perdus : cas de l'isolant posé déroulé sur des plafonds ou des planchers



**Il est important de respecter scrupuleusement les règles de l'art de mise en œuvre pour permettre d'atteindre dans l'ouvrage fini les performances déclarées et/ou certifiées des isolants.**

Les configurations examinées sont les suivantes :

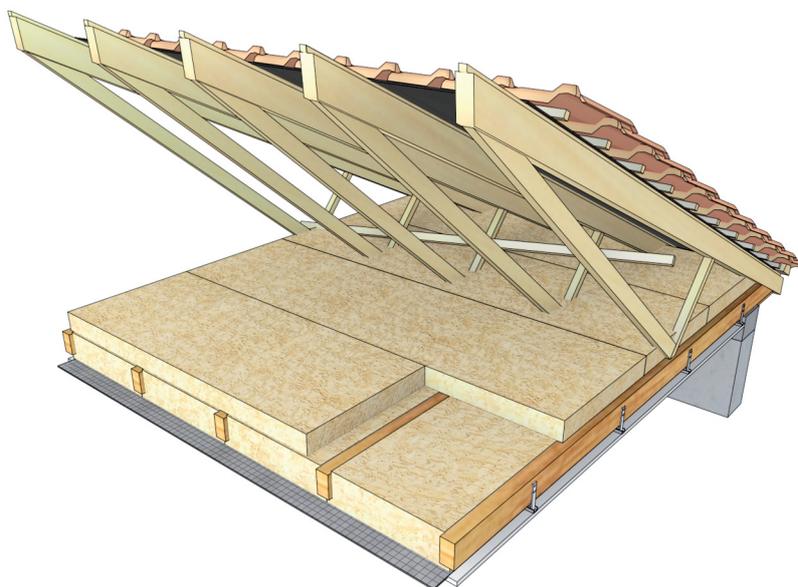
- isolation sur plancher bois ;
- isolation sur plafond, cas des charpentes traditionnelles ;
- isolation sur plafond, cas des fermettes industrielles en W .



▲ Figure 60 : Isolation en combles perdus sur plancher bois



▲ Figure 61 : Isolation en combles perdus sur plafond : cas des charpentes traditionnelles



▲ Figure 62 : Isolation en combles perdus sur plafond : cas des charpentes industrielles en W



## Description succincte

Ces techniques consistent à intégrer des panneaux ou des rouleaux d'isolants sur le plancher de combles perdus ou entre les éléments d'ossature du plancher ou, en l'absence de plancher, sur le plafond des locaux situés sous les combles perdus. En fonction de la performance souhaitée, il est possible de mettre en œuvre une ou plusieurs couches d'isolants.

Les isolants utilisés sont principalement des laines minérales. D'autres isolants peuvent également être utilisés (panneaux en plastique alvéolaire ou isolants d'origine végétale ou animale).

Pour les procédés utilisant des isolants combustibles, il convient de vérifier que les parois supports existantes répondent aux critères des guides de l'isolation par l'intérieur des bâtiments d'habitation et des ERP du point de vue des risques en cas d'incendie.

On veillera particulièrement à la mise en œuvre des panneaux isolants qui doivent être positionnés bord à bord. Dans le cas de plusieurs couches d'isolants, la pose doit être réalisée à joints décalés ou croisés.

Si des panneaux isolants sont déjà mis en œuvre, voir la partie diagnostic.

## Statut et référentiels des produits et du procédé

Pour les matériaux isolants posés sur plafonds en plaques de plâtre, les prescriptions de mise en œuvre sont définies dans la norme NF DTU 25.41 P1.1.

Pour les matériaux isolants tels que les laines minérales, il convient de se reporter aux Avis Techniques, aux DTA et au CPT (*e-Cahiers* n° 3647 et n° 3560\_V2) définissant les prescriptions de mise en œuvre des procédés d'isolation thermique rapportée en planchers de greniers et combles perdus faisant l'objet d'un Avis Technique, d'un DTA ou d'un Constat de traditionnalité.

Pour les autres matériaux, notamment les matériaux biosourcés, les prescriptions de mise en œuvre sont définies dans les Avis Techniques.

## Valeurs tabulées des ponts thermiques intégrés

Il n'y a pas de ponts thermiques intégrés si les panneaux sont bien jointifs et non interrompus par un élément en bois ou en métal.

Les valeurs de résistance thermique des isolants figurent dans les certificats ACERMI.

## Exemple(s) d'application pour une isolation thermique sur plancher bois

Hypothèse : support en bois de 22 mm d'épaisseur.



		Conductivité thermique utile de l'isolant (W/(m.K))					
		0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050
Épaisseur de l'isolant (mm)	100	4,12*	3,46*	2,98*	2,62*	2,34*	2,12*
	150	6,12	5,12	4,41*	3,87*	3,46*	3,12*
	200	8,12	6,79	5,84	5,12	4,57	4,12*
	250	10,12	8,46	7,27	6,37	5,68	5,12
	300	12,12	10,12	8,69	7,62	6,79	6,12
	350	14,12	11,79	10,12	8,87	7,90	7,12
	400	16,12	13,46	11,55	10,12	9,01	8,12

\* Ces valeurs de résistance thermique sont inférieures au seuil de 4,50 m<sup>2</sup>.K/W fixé par la RT par élément pour les planchers de combles perdus.

▲ **Tableau 20** : Résistance thermique de la paroi étudiée, plancher bois compris (m<sup>2</sup>.K/W)

## Risques de condensation

### Faut-il ou non un pare-vapeur ?

L'utilité et les caractéristiques du pare-vapeur sont déterminées selon les prescriptions du *e-Cahiers du CSTB* n° 3647 intitulé « Mise en œuvre des procédés d'isolation thermique rapportée en planchers de greniers et combles perdus faisant l'objet d'un Avis Technique, d'un Document technique d'application ou d'un Constat de traditionnalité ».

Pour déterminer si un pare-vapeur est nécessaire, il convient de calculer la résistance à la diffusion de la vapeur d'eau de la paroi (Z).

Il sera tenu compte du fait que l'isolant est recouvert ou non par le dessus.

$$Z = Z_{DI} + Z_{DP}$$

- Unités : m<sup>2</sup>.h.mmHg/g ou m<sup>2</sup>.h.Pa/mg.
- Règle de conversion :
  - $X \text{ g}/(\text{m.h.mmHg}) = (X/133.3).10^3 \text{ mg}/(\text{m.h.Pa})$  ;
  - $X \text{ m}^2.\text{h.mmHg}/\text{g} = (X*133.3).10^{-3} \text{ m}^2.\text{h.Pa}/\text{mg}$ .

où :

- $Z_{DI}$  correspond à la résistance à la diffusion de vapeur de l'isolant (épaisseur/ $\delta$ ) ;
- $Z_{DP}$  correspond à la résistance à la diffusion de vapeur du plancher ou du plafond ;
- $\delta$  correspond à la perméabilité à la vapeur d'eau de l'isolant.

Types de matériau	$Z_{DP}$ m <sup>2</sup> .h.mmHg/g	Sd m
Plaques de plâtre de 9,5 à 12,5 mm d'épaisseur	1	0,09 et 0,012
Contreplaqué 5 plis	10	0,92
Panneaux de particules bois 15 mm	8,33	0,76
Panneaux de particules bois 22 mm	12,5	1,15
Enduit plâtre épaisseur 15 mm	1,4	0,14
Béton plein (épaisseur 15 cm), soit 333 x 0,15	50	50
Enduit mortier de ciment épaisseur 15 mm	300	27,55

▲ **Tableau 21** : Exemples de valeurs de  $Z_{DP}$  (extraites du CPT 3647)



Les valeurs minimales de  $Z$ ,  $Z_{\text{mini}}$ , dépendent (art. 4.3.1 du CPT, *e-Cahiers* n° 3647) :

- de l'existence ou non d'une surface de répartition au-dessus de l'isolant ;
- du type de matériau de couverture ;
- du rapport entre la section des ventilations et la surface projetée horizontale de la couverture ;
- du niveau d'hygrométrie des locaux ;
- de la zone climatique (hors zone très froide ou en zone très froide).

Si  $Z$  est supérieur à  $Z_{\text{mini}}$ , il n'est pas nécessaire de mettre en œuvre un pare-vapeur.

Si  $Z$  est inférieur à  $Z_{\text{mini}}$ , il est nécessaire de mettre en œuvre un pare-vapeur.

Plus particulièrement, le (Tableau 22) précise, pour une isolation en laine minérale de combles perdus en pose horizontale, la pertinence de la présence d'un pare-vapeur.

Techniques d'isolation	Présence d'un pare-vapeur**	
	Il existe : -un plancher bois (ou autre) au-dessus de l'isolation ou/et -il existe un écran de sous- toiture non ventilé à sous- face*	Autre cas
Sur plancher béton	Oui	Non
Sur plancher bois par-dessus les solives	Oui	Non
Sur plancher bois	Oui	Oui
Sur plancher bois en une couche entre fermettes	Oui	Non
Sur plancher bois en deux couches entre et sous fermettes	Oui	Non
Sous plancher béton	Technique exclue	Technique exclue
Faux comble reliant des rampants isolés	Oui	Oui

\* Les Avis Techniques ou homologations d'écran de sous-toiture non ventilé à leur sous-face exigent la présence d'un pare-vapeur.  
\*\* En zone très froide, la présence d'un pare-vapeur est obligatoire.

▲ **Tableau 22** : Cas des isolants en laines minérales réalisés sur planchers de combles hors cas de la zone très froide (Source CPT n° 3560\_V2)

### Si un pare-vapeur est nécessaire

Si un pare-vapeur est nécessaire, celui-ci est placé du côté chaud du plancher, en sous-face de l'isolation.

**Note**

Dans le cas de bâtiments ossature bois conformes à la norme NF DTU 31.2, la mise en œuvre d'un film pare-vapeur en plafond sous combles perdus est obligatoire. Il convient d'assurer la continuité du film pare-vapeur entre les parois verticales et les plafonds. Les spécifications concernant les produits et les prescriptions de mise en œuvre sont définies dans la norme NF DTU 31.2.



**Dans le cas de deux couches de panneaux isolants, la pose est réalisée à joints décalés ou croisés. L'isolant doit être posé jusqu'au bord de la paroi verticale ou de la panne sablière et être remonté sur la panne lorsqu'elle est à niveau. Si la deuxième couche d'isolant possède un couche polyéthylène ou tout autre revêtement faisant office de pare-vapeur, celui-ci doit être suffisamment perforé (au moins un trou tous les cm<sup>2</sup>) ou scarifié (au moins une scarification tous les 10 cm sur toute la longueur du produit) de façon à laisser passer la vapeur d'eau et éviter les risques de condensation entre les deux couches d'isolants.**

## Étanchéité à l'air

Le diagnostic ayant permis de recenser les passages d'air éventuels parasites de la paroi support de l'isolant (plancher ou plafond), il convient d'y remédier avant la mise en œuvre de l'isolation.

Il convient d'assurer l'étanchéité à l'air par le moyen le plus approprié (pour un plancher maçonné, par exemple, on procédera au colmatage des zones potentielles de passage d'air avec des produits appropriés comme les mortiers à base de ciment ou de plâtre). En présence de plancher bois sans plafond ou avec plafond en lambris bois, une membrane d'étanchéité à l'air ou tout autre produit faisant l'objet pour cet usage d'un Avis Technique ou d'un DTA en cours de validité devra être mis en œuvre sur le plancher.

**Note**

La membrane d'étanchéité à l'air pourra également faire fonction de pare-vapeur si ses caractéristiques de perméabilité à la vapeur satisfont aux critères précisés dans le paragraphe précédent.

Le traitement des jonctions entre les lés, des jonctions périphériques et des traversées sera réalisé conformément aux dispositions de l'Avis Technique du procédé. La compatibilité entre les différents produits et la compatibilité des couples adhésifs-supports doivent être assurées.

En présence de plafonds existants fixés sous charpente bois, on rebouchera les perforations ponctuelles avec un mortier adhésif à base de plâtre et les fissures et les jonctions périphériques avec une bande et des enduits pour plaques de plâtre.

**Note**

Dans le cas de constructions à ossature bois relevant de la norme NF DTU 31.2, l'étanchéité à l'air est assurée par la mise en œuvre d'un film continu faisant office de pare-vapeur conformément aux spécifications du DTU 31.2.

Si le plafond existant doit être déposé, on se référera aux solutions décrites dans le guide RAGE 2012 « Isolation thermique par l'intérieur – Travaux neufs ».

## Principaux points singuliers à traiter

Les principaux points singuliers à traiter sont les suivants :

- traitement de la trappe d'accès ;
- traitement des spots électriques incorporés dans les plafonds ;
- traitement des systèmes de ventilation : le groupe de ventilation doit être hors du volume destiné à recevoir l'isolant et à une hauteur suffisante. L'isolation thermique des combles ne peut se substituer au calorifugeage des gaines ;
- traitement des jonctions avec les conduits de fumées ;
- canalisations d'eau en charge (mise hors gel des canalisations dans les combles perdus).

Ces dispositions sont détaillées au § « Liaisons et points singuliers à traiter » (cf. 9.4.).

## Stabilité et durabilité

Dans le cas de planchers légers ou de plafonds suspendus, il convient de s'assurer que les masses rajoutées (isolants, équipements, etc.) sont compatibles avec leur dimensionnement.

Dans le cas de plafonds suspendus à base de plaques de plâtre, les dimensionnements de la norme NF DTU 25.41 sont donnés pour des charges admissibles d'isolant de 6, 10 et 15 daN/m<sup>2</sup>. Si le poids d'isolant excède 15 daN/m<sup>2</sup>, une étude spécifique doit être menée pour assurer la stabilité du plafond.

Le couple fourrure-suspente ou montant-suspente constitue un système indissociable dont la charge de rupture mesurée en laboratoire dans les conditions d'essais définies à l'annexe D de la norme NF DTU 25.41 P1-2 doit être au moins égale au triple de la charge de service de la suspente, avec un minimum de 75 daN. Les performances obtenues doivent faire l'objet d'un rapport d'essais intégrant les références, les caractéristiques et un schéma de la suspente.

## Isolation acoustique

Si l'utilisation d'isolants de type poreux (laine d'origine minérale, animale, végétale, etc.) dans ce type de procédé permet généralement d'augmenter l'isolement entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment et

d'atteindre le niveau de base requis en construction neuve (30 dB), il n'en est pas de même pour les mousses isolantes à cellules fermées (PSE, PU, XPS, etc.). En conséquence, lorsqu'une amélioration de l'isolement acoustique vis-à-vis de l'extérieur est recherchée, il est déconseillé d'utiliser ce type d'isolant, surtout au-dessus d'une pièce principale (chambre, salon, etc.).

## Sécurité incendie

### Protection des isolants combustibles

Le guide d'emploi des isolants combustibles dans les logements (*e-Cahiers du CSTB* n° 3231, juin 2000) et l'annexe II « Guide d'emploi des isolants combustibles dans les ERP » de l'article AM8 de l'arrêté du 6 octobre 2004 précisent les durées de protection requises et listent les écrans admis sans justification. Les autres types d'écran doivent faire l'objet d'un essai de comportement au feu.

Les Avis Techniques ou les DTA précisent la conformité avec cette réglementation des procédés d'isolation thermique par l'intérieur non traditionnels.

### Conduits de fumée et conduit de cheminée

La présence d'un conduit de cheminée nécessite une étude particulière. Les dispositions définies dans le DTU 24.1 (travaux de fumisterie) concernant la réalisation des conduits de fumées individuels et collectifs, tubages, etc. et destinées à évacuer les produits de combustion des appareils prévus pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire doivent être respectées.

Il convient également, le cas échéant, de se reporter aux prescriptions des Avis Techniques relatifs aux conduits d'évacuation des fumées.

Les conduits maçonnés sont autoportants et n'ont aucun contact avec la structure. Dans le cas contraire, les éléments supportant le conduit seront incombustibles (remplissage de trémie en béton ou écarteur métallique, par exemple).

Pour l'insertion dans une structure, une distance de sécurité entre la face externe du conduit et les matériaux combustibles avoisinants doit être respectée.

Cette distance de sécurité est déterminée en fonction de la résistance thermique ( $R_u$ ) de la paroi du conduit et de sa classe de température ( $T$ ) et varie entre 2 cm et 16 cm. (Cf. 9.4.8.) : « Traitement des jonctions avec les conduits de fumées ».

À noter que la norme NF DTU 24.1 recommande de ne pas isoler la partie non combustible faisant la liaison entre le conduit et les matériaux combustibles, aussi bien en traversée de plancher qu'en traversée de charpente de couverture.



## Incorporation de sources de chaleur dans les plénums

Il n'est pas permis d'installer dans l'épaisseur de l'isolation du matériel électrique non protégé susceptible de créer une source de chaleur continue tel que spots, transformateurs, etc. (cf. norme C15-100). L'insertion, sans précaution particulière, de spots électriques dans des plafonds isolés thermiquement risque de dégrader l'étanchéité à l'air du parement et de produire des échauffements locaux d'autant plus importants que la résistance thermique de l'isolant sera élevée. Ces échauffements pourront conduire à la dégradation irréversible de l'isolant et à une combustion lente ou à une inflammation de l'isolant. L'encapsulage de ces spots dans une coquille préfabriquée ou reconstituée à partir de produits non combustibles est nécessaire quel que soit le type d'isolant tant pour l'étanchéité à l'air que pour la sécurité contre l'incendie. (Cf. 9.4.9.) : « Incorporations de sources de chaleur dans les plénums ».

Les Avis Techniques ou les DTA peuvent prévoir des dispositions particulières relatives à la mise en œuvre de ces équipements, sous réserve de justifications appropriées (notamment conservation de l'étanchéité à l'air, risques d'échauffement, etc.).

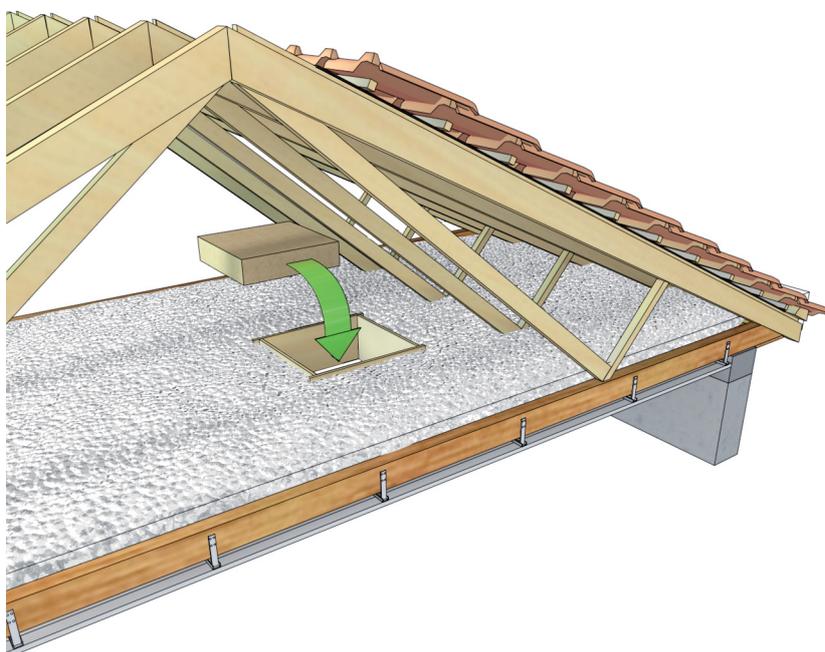
Les appareils d'éclairage ne doivent pas être encastrés dans les plafonds suspendus pris en compte pour la détermination de la résistance au feu des planchers et des charpentes

Les systèmes de chauffage par plafond rayonnant utilisant des films chauffants électriques doivent faire l'objet d'Avis Techniques qui définissent les dispositions de mise en œuvre.

## Fiche 2 – Principes de mise en œuvre de l'isolation thermique dans les combles perdus : cas de l'isolant à base de laine minérale ou de fibres végétales en vrac soufflé sur des plafonds ou des planchers



**Il est important de respecter scrupuleusement les règles de l'art de mise en œuvre pour permettre d'atteindre dans l'ouvrage fini les performances déclarées et/ou certifiées des isolants.**



▲ **Figure 63** : Exemple de configuration d'isolation sur planchers ou plafonds de combles perdus à base d'isolant en vrac

### Description

Cette technique consiste à recouvrir la surface d'un plancher ou d'un plafond suspendu de combles non aménageables à l'aide d'un isolant en vrac. Ces procédés d'isolation thermique sont mis en œuvre par soufflage à l'aide de machines pneumatiques.

En fonction de la performance souhaitée, le soufflage des produits en vrac permet d'obtenir une couche homogène d'isolant. Si ce n'est pas le cas, il y a une perte thermique. Le soufflage des isolants permet une bonne répartition de l'isolant autour des éléments de la charpente.

Pour les procédés utilisant des isolants combustibles, il convient de vérifier que les parois supports existantes répondent aux critères des



guides de l'isolation par l'intérieur des bâtiments d'habitation et des ERP du point de vue des risques en cas d'incendie.

Une distance minimale de 60 mm doit être respectée entre la sous-face de fermette et le support (plafond-plancher) pour assurer une continuité de l'isolant sur toute la surface du support et assurer une performance thermique sans défaut. Cette disposition peut ne pas s'appliquer lorsque le support est solidaire des solives.

L'épaisseur installée est l'épaisseur au moment de la pose. La mesure de l'épaisseur sera réalisée conformément à la méthode définie dans le *e-Cahiers du CSTB* n° 3693 visé ci-après. La masse d'isolant mise en œuvre est déterminée en multipliant le nombre de sacs utilisés lors du soufflage par le poids de ces sacs.

Le tassement « s » est la réduction de l'épaisseur au cours du temps du fait des variations cycliques de l'humidité et des conditions climatiques. « s » est exprimé en pourcentage de l'épaisseur installée. Ce pourcentage est donné dans les certificats ACERMI des isolants.

Si des panneaux isolants sont déjà mis en œuvre, ceux-ci doivent être retirés.

Une fiche « chantier » doit être établie à la fin du chantier. Elle précise notamment le type et la référence commerciale de l'isolant, le numéro d'Avis Technique, l'épaisseur utile et la résistance thermique installée. Un exemplaire de cette fiche accompagné des étiquettes des sacs est agrafé dans le comble à un endroit facile d'accès pour lecture.

## Statut et référentiels des produits et du procédé

Les procédés d'isolation thermique par soufflage d'isolant en vrac font l'objet d'Avis Techniques ou de DTA.

Les points communs de mise en œuvre de ces procédés ont été intégrés dans le cahier des prescriptions techniques communes de mise en œuvre des procédés d'isolation thermique de combles par soufflage d'isolant en vrac (*e-Cahiers du CSTB* n° 3693, avril 2011).

Les particularités propres à chaque procédé sont précisées dans les Avis Techniques ou les DTA.

### Note

La mise en œuvre par déversement manuel n'est visée ni dans les Avis Techniques ou les DTA, ni dans ce guide.

Les valeurs de résistance thermique de l'isolant en vrac figurent dans les certificats ACERMI.

## Valeurs tabulées des ponts thermiques intégrés

Isolant soufflé sur plafond en plaques de plâtre sur ossature métallique suspendue sous fermettes bois.

Épaisseur d'isolant utile (mm)	100	400
$\chi_{suspente}$ (W/K)	0,003	0,000
$\psi_{rail}$ (W/[m.K])	0,000	0,000
$\psi_{fermette}$ (W/[m.K])	0,012	0,005

▲ **Tableau 23** : Ponts thermiques intégrés de la paroi étudiée

Pour le calcul de la résistance thermique, c'est l'épaisseur utile  $e_{\text{utile}}$  du procédé qui est prise en compte ; elle tient compte du tassement « s ».

$$e_{\text{utile}} = e_{\text{installée}} \times (1-s)$$

## Exemple d'application pour un plafond isolé entre fermettes avec un isolant en vrac

Hypothèses :

Résistance thermique du revêtement intérieur en plaque de plâtre BA13	0,05 m <sup>2</sup> .K/W
Entraxe des fermettes	0,6 m
Entraxe des suspentes	1,20 m
Densité de suspentes (1/1,20 x 0,50)	1,67 m <sup>2</sup>

▲ **Tableau 24** : Hypothèses

		Conductivité thermique utile de l'isolant (W/[m.K])				
		0,030	0,035	0,040	0,045	0,050
Épaisseur de l'isolant (mm)	100	3,10	2,71*	2,40*	2,15*	1,95*
	150	4,57	3,97*	3,52*	3,15*	2,86*
	200	6,00	5,22	4,62	4,15*	3,77*
	250	7,43	6,47	5,74	5,15	4,68
	300	8,90	7,76	6,87	6,17	5,60
	350	10,44	9,09	8,05	7,23	6,56
	400	12,08	10,50	9,29	8,33	7,55

\* Ces valeurs de résistance thermique sont inférieures au seuil de 4,50 m<sup>2</sup>.K/W fixé par la RT par élément pour les planchers de combles perdus.

▲ **Tableau 25** : Résistances thermiques de la paroi étudiée (m<sup>2</sup>.K/W)

## Risques de condensation

Faut-il ou non un pare-vapeur ?

L'utilité et les caractéristiques du pare-vapeur sont déterminées selon les prescriptions du *e-Cahiers du CSTB* n° 3647 intitulé « Mise en œuvre des procédés d'isolation thermique rapportée en planchers de greniers et combles perdus faisant l'objet d'un Avis Technique, d'un DTA ou d'un Constat de traditionnalité ».

Pour déterminer si un pare-vapeur est nécessaire, il faut calculer la résistance à la diffusion de la vapeur d'eau de la paroi (Z).

$$Z = Z_{DI} + Z_{DP}$$



- Unités :  $\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg} / \text{g}$  ou  $\text{m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa} / \text{mg}$
- Règle de conversion :
  - $X \text{ g} / (\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg}) = (X / 133.3) \cdot 10^3 \text{ mg} / (\text{m} \cdot \text{h} \cdot \text{Pa})$  ;
  - $X \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{mmHg} / \text{g} = (X \cdot 133.3) \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot \text{h} \cdot \text{Pa} / \text{mg}$ .

où :

- $Z_{\text{DI}}$  correspond à la résistance à la diffusion de vapeur de l'isolant ;
- $Z_{\text{DP}}$  correspond à la résistance à la diffusion de vapeur du plancher.

Les valeurs minimales de  $Z$ ,  $Z_{\text{mini}}$ , dépendent (art. 4.3.1 du CPT, *e-Cahiers* n° 3647) :

- de l'existence ou non d'une surface de répartition au-dessus de l'isolant ;
- du type de matériau de couverture ;
- du rapport entre la section des ventilations et la surface projetée horizontale de la couverture ;
- du niveau d'hygrométrie des locaux ;
- de la zone climatique (hors zone très froide ou en zone très froide).

Si  $Z$  est supérieur à  $Z_{\text{mini}}$ , il n'est pas de nécessaire de mettre en œuvre un pare-vapeur.

Si  $Z$  est inférieur à  $Z_{\text{mini}}$ , il est nécessaire de mettre en œuvre un pare-vapeur.

### Si un pare-vapeur est nécessaire

Si un pare-vapeur est nécessaire, celui-ci est placé de façon continue du côté chaud du plancher, en sous-face du procédé d'isolation thermique.

La mise en œuvre de ce pare-vapeur est décrite dans les Avis Techniques ou les DTA.

### Note

Dans le cas de bâtiments ossature bois conformes à la norme NF DTU 31.2, la mise en œuvre d'un film pare-vapeur en plafond sous combles perdus est obligatoire. Il convient d'assurer la continuité du film pare-vapeur entre les parois verticales et les plafonds. Les spécifications concernant les produits et les prescriptions de mise en œuvre sont définies dans la norme NF DTU 31.2.

## Étanchéité à l'air

Le diagnostic ayant permis de recenser les défauts d'étanchéité à l'air de la paroi existante, il convient d'y remédier avant la mise en œuvre du procédé d'isolation thermique par soufflage.



Les produits en vrac, de par leur nature, sont perméables à l'air. Avec ce type de technique, c'est le plancher ou le plafond suspendu qui doivent assurer l'étanchéité à l'air. L'étanchéité à l'air doit également être assurée au niveau de la jonction entre le plancher et la paroi verticale.

En présence d'un plancher maçonné, on procédera au colmatage des défauts d'étanchéité avec des produits appropriés (mortiers à base de ciment ou de plâtre).

En présence de plancher bois sans plafond, l'étanchéité à l'air ne pouvant être assurée par le seul platelage, la mise en place d'une membrane ou de tout autre produit faisant l'objet pour cet usage d'un Avis Technique ou d'un DTA en cours de validité peut s'avérer nécessaire. Dans ce cas, les raccords entre lés, avec la maçonnerie ainsi que le traitement des traversées, doivent être réalisés conformément aux dispositions prévues dans les Avis Techniques. La compatibilité entre les différents produits et la compatibilité des couples adhésifs-suppôts doivent être assurées.

En présence de plafonds existants fixés sous charpente bois, on rebouchera les perforations ponctuelles avec un mortier adhésif à base de plâtre et les fissures et les jonctions périphériques avec une bande et des enduits pour plaques de plâtre.

Si le plafond existant doit être déposé, on se référera aux solutions décrites dans le guide RAGE 2012 « Isolation thermique par l'intérieur – Travaux neufs ».

## Principaux points singuliers à traiter

Les principaux points singuliers à traiter sont les suivants :

- traitement de la trappe d'accès ;
- mise en place de déflecteurs ;
- traitement des spots électriques incorporés dans les plafonds ;
- traitement des systèmes de ventilation : le groupe de ventilation doit être hors du volume destiné à recevoir l'isolant et à une hauteur suffisante. Le soufflage d'isolant ne peut pas se substituer au calorifugeage des gaines ;
- traitement des jonctions avec les conduits de fumées ;
- traitement des canalisations d'eau en charge (mise hors gel des canalisations dans les combles perdus).

Ces dispositions sont détaillées au § « Liaisons et points singuliers à traiter » (cf. 9.4.).

## Stabilité et durabilité

Dans le cas de planchers légers ou de plafonds suspendus, il convient de s'assurer que les masses rajoutées (isolants, équipements, etc.) sont compatibles avec le dimensionnement de celui-ci.



Dans le cas de plafonds suspendus à base de plaques de plâtre, les dimensionnements de la norme NF DTU 25.41 sont donnés pour des charges admissibles d'isolant de 6, 10 et 15 daN/m<sup>2</sup>. Si le poids d'isolant excède 15 daN/m<sup>2</sup>, une étude spécifique doit être menée pour assurer la stabilité du plafond.

Le couple fourrure-suspente ou montant-suspente constitue un système indissociable dont la charge de rupture mesurée en laboratoire dans les conditions d'essais définies à l'annexe D du DTU 25.41 P1-2 doit être au moins égale au triple de la charge de service de la suspente, avec un minimum de 75 daN. Les performances obtenues doivent faire l'objet d'un rapport d'essais intégrant les références, les caractéristiques et un schéma de la suspente.

## Isolation acoustique

Ces isolants étant poreux, ils permettent généralement, dans ce type de système, d'obtenir l'isolement de base (30 dB) entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment.

## Sécurité incendie

### Protection des isolants combustibles

Le guide d'emploi des isolants combustibles dans les logements (*e-Cahiers du CSTB* n° 3231, juin 2000) et l'annexe II « Guide d'emploi des isolants combustibles dans les ERP » de l'article AM8 de l'arrêté du 6 octobre 2004 précisent les durées de protection requises et listent les écrans admis sans justification. Les autres types d'écran doivent faire l'objet d'un essai de comportement au feu.

Les Avis Techniques ou les DTA précisent la conformité avec cette réglementation des procédés d'isolation thermique par l'intérieur non traditionnels.

### Conduits de fumée et de cheminée

La présence d'un conduit de cheminée nécessite une étude particulière. Les dispositions définies dans la norme NF DTU 24.1 (travaux de fumisterie) concernant la réalisation des conduits de fumée individuels et collectifs, tubages, etc. destinés à évacuer les produits de combustion des appareils prévus pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire doivent être respectées.

Il convient également, le cas échéant, de se reporter aux prescriptions des Avis Techniques relatifs aux conduits d'évacuation des fumées.

Les conduits maçonnés sont autoportants (aucun contact avec la structure) ou, dans le cas contraire, les éléments supportant le conduit seront incombustibles (remplissage de trémie en béton ou écarteur métallique, par exemple).

Pour l'insertion dans une structure, une distance de sécurité entre la face externe du conduit et les matériaux combustibles avoisinants doit être respectée.

Cette distance de sécurité est déterminée en fonction de la résistance thermique ( $R_u$ ) de la paroi du conduit et de sa classe de température ( $T$ ) et varie entre 2 cm et 16 cm. (cf. 9.4.8.) : « Traitement des jonctions avec les conduits de fumée ».

À noter que le DTU 24.1 recommande de ne pas isoler la partie non combustible faisant la liaison entre le conduit et les matériaux combustibles, aussi bien en traversée de plancher qu'en traversée de charpente de couverture.

### **Incorporation de sources de chaleur dans l'isolant**

Il n'est pas permis d'installer dans l'épaisseur de l'isolation du matériel électrique non protégé susceptible de créer une source de chaleur continue tel que spots, transformateurs, etc. (cf. norme C15-100). L'insertion, sans précaution particulière, de spots électriques dans des plafonds isolés thermiquement risque de dégrader l'étanchéité à l'air du parement et de produire des échauffements locaux d'autant plus importants que la résistance thermique de l'isolant sera élevée. Ces échauffements pourront conduire à la dégradation irréversible de l'isolant et à une combustion lente ou à une inflammation de l'isolant. L'encapsulage de ces spots dans une coquille préfabriquée ou reconstituée à partir de produits non combustibles est nécessaire quel que soit le type d'isolant tant pour l'étanchéité à l'air que pour la sécurité contre l'incendie.

Les Avis Techniques ou les DTA peuvent prévoir des dispositions particulières relatives à la mise en œuvre de ces équipements, sous réserve de justifications appropriées (notamment conservation de l'étanchéité à l'air, risques d'échauffement, etc.). (Cf. 9.4.9.) : « Incorporations de sources de chaleur dans les plénums ».

Les appareils d'éclairage ne doivent pas être encastrés dans les plafonds suspendus pris en compte pour la détermination de la résistance au feu des planchers et des charpentes.

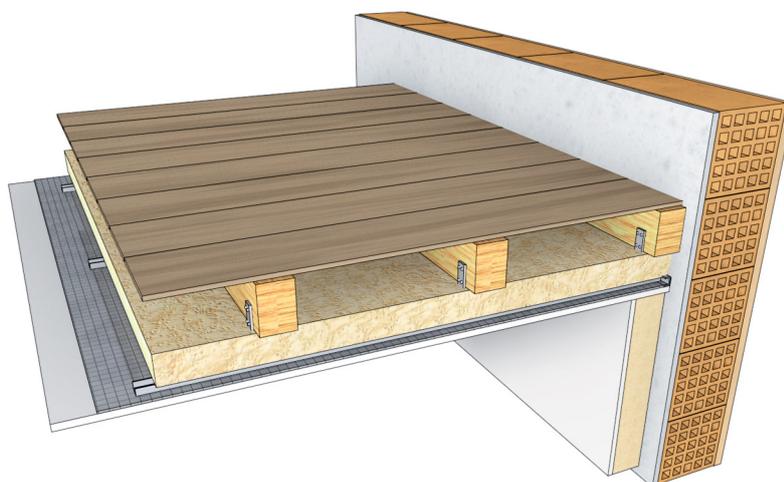
Les systèmes de chauffage par plafond rayonnant utilisant des films chauffants électriques doivent faire l'objet d'Avis Techniques qui définissent les dispositions de mise en œuvre.



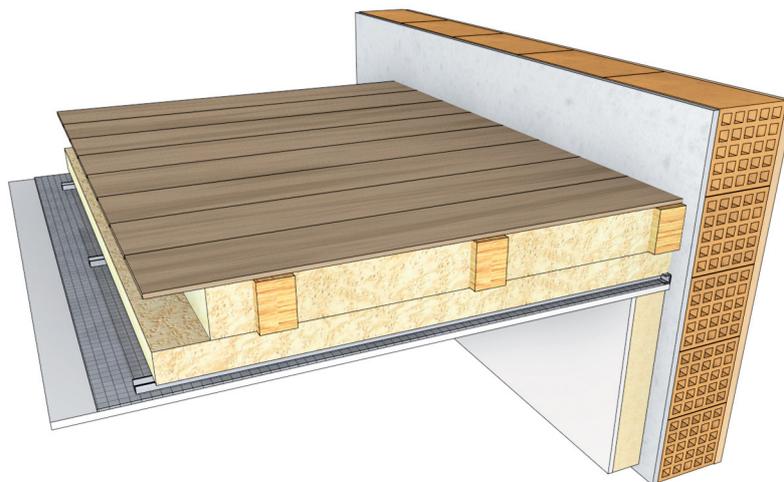
### Fiche 3 – Principes de mise en œuvre de l'isolation thermique dans les combles perdus : cas des panneaux et des rouleaux d'isolants (laine minérale, fibres végétales ou textiles) en plafond horizontal sous plancher



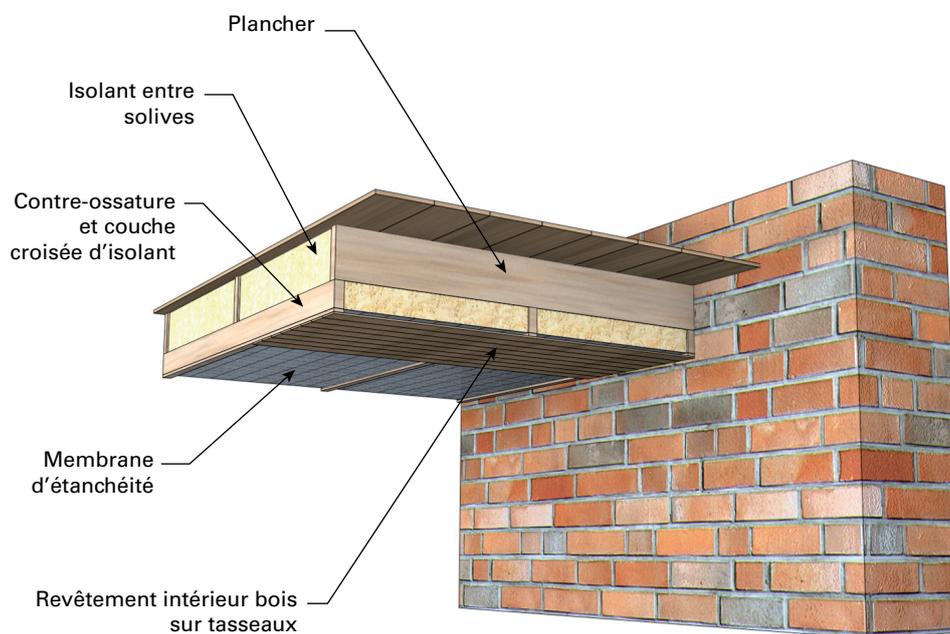
**Il est important de respecter scrupuleusement les règles de l'art de mise en œuvre pour permettre d'atteindre dans l'ouvrage fini les performances déclarées et/ou certifiées des isolants.**



▲ Figure 64 : Isolation thermique sous plancher bois de combles perdus : isolant sous solives, plafond en plaque de plâtre sur ossature métallique



▲ Figure 65 : Isolation thermique sous plancher bois de combles perdus : isolant entre solives et sous solives, plafond en plaque de plâtre sur ossature métallique



▲ Figure 66 : Isolation thermique sous plancher bois de combles perdus : isolant entre solives et sous solives, plafond avec revêtement intérieur bois sur tasseaux



## Description

Ces techniques consistent à réaliser, sous le plancher des combles perdus, un plafond en plaques de plâtre sur ossature métallique ou revêtement intérieur bois (plaque-lambris) sur ossature bois et à incorporer dans le plénum sous le plancher et/ou entre les éléments d'ossature du plancher des panneaux ou des rouleaux d'isolant. En fonction de la performance souhaitée, il est possible de disposer l'isolant en une ou plusieurs couches.

Les isolants sont composés de panneaux semi-rigides ou de rouleaux de laine minérale ou de produits d'origine végétale ou textile issus le plus souvent de filières de recyclage.

Pour les procédés utilisant des isolants combustibles, il convient de vérifier que le parement du plafond répond aux critères des guides de l'isolation par l'intérieur des bâtiments d'habitation et des ERP du point de vue des risques en cas d'incendie.

On veillera particulièrement à la mise en œuvre des panneaux isolants qui doivent être bord à bord.

Si des panneaux isolants sont déjà mis en œuvre, voir la partie diagnostic.

## Statut et référentiels des produits et du procédé

La mise en œuvre des plafonds en plaques de plâtre et des matériaux isolants normalisés incorporés dans les plénums est définie dans la norme NF DTU 25.41 P1-1.

La mise en œuvre des revêtements intérieur bois (plaque-lambris) sur ossature bois est définie dans la future norme NF DTU 36.2 et les prescriptions concernant les matériaux isolants intégrés dans les plénums définies dans la norme NF DTU 31.2.

Les matériaux isolants tels que les laines minérales et, par extension, certains produits d'origine végétale (chanvre, lin, cellulose, etc.), font également l'objet d'Avis Techniques, de DTA ou de Constats de traditionnalité et d'un CPT (*e-Cahiers* n° 3647) définissant les prescriptions de mise en œuvre des procédés d'isolation thermique rapportée en planchers de greniers et combles perdus faisant l'objet d'un Avis Technique, d'un DTA ou d'un Constat de traditionnalité.

Pour les autres matériaux ou les mises en œuvre, les prescriptions sont définies dans les Avis Techniques.

## Valeurs tabulées des ponts thermiques intégrés

Épaisseur d'isolant (mm)	Solives de 75 x 230 (mm <sup>2</sup> )	
	100*	300**
$\chi_{suspente}$ (W/K)	0,001	0,000
$\Psi_{rail}$ (W/[m.K])	0,004	0,001
$\Psi_{solive}$ (W/[m.K]) si isolation entre solives	0,043	0,036

\* 100 mm entre solives.  
\*\* 200 mm entre solives et 100 mm sous solives.

▲ **Tableau 26** : Ponts thermiques intégrés de la paroi étudiée (isolation entre solives et sous plancher)

### Exemple 1 : 100 mm d'isolant entre solives

#### Hypothèses :

– résistance thermique du parement plaques de plâtre BA13	0,05 m <sup>2</sup> .K/W
– dimensions des solives	75 x 230 mm <sup>2</sup>
– entraxe de solives de 500 mm	0,5 m
– entraxe de rails	0,5 m
– densité de suspentes (1/1,20 x 0,50)	1,67m <sup>2</sup>

▲ **Tableau 27** : Hypothèses

Épaisseur totale (mm)	100	Conductivité thermique de l'isolant (W/[m.K])					
		0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050
		2,83*	2,47*	2,20*	1,98*	1,80*	1,65*

\* Ces valeurs de résistance thermique sont inférieures au seuil de 4,50 m<sup>2</sup>.K/W fixé par la RT par élément pour les planchers de combles perdus.

▲ **Tableau 28** : Résistance thermique de la paroi étudiée

### Exemple 2 : 300 mm d'isolant dont 200 mm entre solives et 100 mm sous les solives

Hypothèses : les hypothèses sont les mêmes que pour l'[Exemple 1 : 100 mm d'isolant entre solives] (Tableau 27).

Épaisseur totale (mm)	300	Conductivité thermique de l'isolant (W/[m.K])					
		0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050
		5,95	5,40	4,95	4,56	4,23*	3,95*

\* Ces valeurs de résistance thermique sont inférieures au seuil de 4,50 m<sup>2</sup>.K/W fixé par la RT par élément pour les planchers de combles perdus.

▲ **Tableau 29** : Résistance thermique de la paroi étudiée (m<sup>2</sup>.K/W)

## Risques de condensation

### Faut-il ou non un pare-vapeur ?

L'utilité et les caractéristiques du pare-vapeur sont déterminées selon les prescriptions du *e-Cahier du CSTB* n° 3560\_V2 intitulé « Isolation thermique des combles : isolation en laine minérale faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un Constat de traditionalité ».



Pour déterminer si un pare-vapeur est nécessaire, il convient de calculer la résistance à la diffusion de la vapeur d'eau de la paroi (Z) .

Plus particulièrement, le (Tableau 22) précise, pour une isolation en laine minérale de combles perdus en pose horizontale, la pertinence de la présence d'un pare-vapeur en dehors des zones très froides dans lesquelles le pare-vapeur est obligatoire (Source : *e-Cahier du CSTB* n° 3560\_V2 intitulé « Isolation thermique des combles : isolation en laine minérale faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un Constat de traditionalité »).

### Si un pare-vapeur est nécessaire

Si un pare-vapeur est nécessaire, celui-ci est placé du côté chaud du plancher, en sous-face de l'isolation.

Il peut être précollé au dos des plaques de plâtre ou fixé par adhésif sous l'ossature avant vissage des plaques de plâtre.

Dans le cas de revêtement intérieur bois (plaque-lambris) sur ossature bois, le pare-vapeur est fixé par agrafage sur l'ossature bois et maintenu par les supports du revêtement (tasseaux).



**Dans le cas de deux couches de panneaux isolants, la pose est réalisée à joints décalés ou croisés. Si la couche supérieure d'isolant possède un couché polyéthylène ou tout autre revêtement faisant office de pare-vapeur, celui-ci doit être suffisamment perforé (au moins un trou tous les cm<sup>2</sup>) ou scarifié (au moins une scarification tous les 10 cm sur toute la longueur du produit) de façon à laisser passer la vapeur d'eau et éviter les risques de condensation entre les deux couches d'isolants.**

### Note

Dans le cas de bâtiments ossature bois conformes à la norme NF DTU 31.2, la mise en œuvre d'un film pare-vapeur en plafond sous combles perdus est obligatoire. Il convient d'assurer la continuité du film pare-vapeur entre les parois verticales et les plafonds. Les spécifications concernant les produits et les prescriptions de mise en œuvre sont définies dans la norme NF DTU 31.2.

## Étanchéité à l'air

Le diagnostic ayant permis de recenser les défauts éventuels d'étanchéité à l'air du plancher des combles, il convient d'y remédier avant mise en œuvre de l'isolation.

En présence d'un plancher maçonné, on procédera au colmatage des défauts d'étanchéité avec des produits appropriés (mortiers à base de ciment ou de plâtre).

En présence d'un plancher bois, celui-ci étant par construction plus ou moins perméable à l'air, l'étanchéité à l'air sera assurée soit par le



parement en plaque de plâtre, soit par une membrane d'étanchéité à l'air sous Avis Technique ou tout autre produit faisant l'objet pour cet usage d'un Avis Technique ou d'un DTA en cours de validité.

Dans le cas d'un plafond sans membrane, les traversées du parement en plaques de plâtre seront limitées au minimum et soigneusement étanchées avec, selon les cas, un mortier adhésif à base de plâtre ou un mastic. Les jonctions du plafond avec les parois verticales seront traitées conformément aux dispositions des normes NF DTU 25.41 et 25.42. (cf. 9.4.1.) « Jonctions entre plafonds et parois verticales ».

Dans le cas d'un plafond avec membrane d'étanchéité et parement plaques de plâtre, la mise en œuvre de la membrane, le traitement des jonctions entre les lés, les jonctions périphériques et les traversées seront réalisés conformément aux dispositions de l'Avis Technique du procédé.

Dans le cas d'un plafond avec revêtement intérieur bois (plaque-lambris), la mise en œuvre d'une membrane d'étanchéité est indispensable pour assurer l'étanchéité à l'air.

La membrane est fixée sur une contre-ossature (ou directement sur les solives dans le cas d'une couche unique d'isolant) par agrafage. Les tasseaux supports de revêtement intérieur assurent la fixation définitive et permettent de ménager un vide technique. Le traitement des jonctions entre les lés, des jonctions périphériques et des traversées sera réalisé conformément aux dispositions de l'Avis Technique du procédé.

## Principaux points singuliers à traiter

Les principaux points singuliers à traiter sont les suivants :

- traitement des jonctions avec les parois verticales ;
- traitement de la trappe d'accès ;
- traitement des spots électriques incorporés dans les plafonds ;
- traitement des jonctions avec les conduits de fumées ;
- traitement des canalisations d'eau en charge (mise hors gel des canalisations dans les combles perdus).

Ces dispositions sont détaillées au § « Liaisons et points singuliers à traiter » (cf. 9.4.).

## Stabilité et durabilité

Dans le cas d'un plancher léger, il convient de s'assurer que les masses rajoutées (plafond, isolant) sont compatibles avec le dimensionnement de celui-ci.

Dans le cas de plafonds suspendus à base de plaques de plâtre, les dimensionnements de la norme NF DTU 25.41 sont donnés pour des charges d'isolant admissibles de 6, 10 et 15 daN/m<sup>2</sup>. Si le poids d'isolant excède 15 daN/m<sup>2</sup>, une étude spécifique doit être menée pour assurer la stabilité du plafond.



Le couple fourrure-suspente ou montant-suspente constitue un système indissociable dont la charge de rupture mesurée en laboratoire dans les conditions d'essais définies à l'annexe D du DTU 25.41 P1-2 doit être au moins égale au triple de la charge de service de la suspente, avec un minimum de 75 daN. Les performances obtenues doivent faire l'objet d'un rapport d'essais intégrant les références, les caractéristiques et un schéma de la suspente.

## Isolation acoustique

Ce type de procédé permet généralement d'obtenir l'isolement acoustique de base (30 dB) entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment.

La performance acoustique de ce type de procédé sera d'autant plus élevée que les parements seront lourds et étanches, que l'espace entre les deux parements sera important et que le nombre de connexions entre le plafond et le plancher sera faible. Des montages avec des systèmes d'ossature primaire permettent, en supprimant toute connexion entre le plancher et le plafond, d'améliorer la performance acoustique. L'utilisation de fixations antivibratiles entre plancher léger et plafond n'est pas forcément efficace, ces dispositifs systèmes étant dédiés au découplage de plafond sous des planchers lourds.

## Sécurité incendie

### Protection des isolants combustibles

Le guide d'emploi des isolants combustibles dans les logements (*e-Cahiers du CSTB* n° 3231, juin 2000) et l'annexe II « Guide d'emploi des isolants combustibles dans les ERP » de l'article AM8 de l'arrêté du 6 octobre 2004 précisent les durées de protection requises et listent les écrans admis sans justification. Les autres types d'écran doivent faire l'objet d'un essai de comportement au feu.

Les Avis Techniques ou les DTA précisent la conformité avec cette réglementation des procédés d'isolation thermique par l'intérieur non traditionnels.

### Incorporation de sources de chaleur dans les plénums

Il n'est pas permis d'installer dans l'épaisseur de l'isolation du matériel électrique non protégé susceptible de créer une source de chaleur continue tel que spots, transformateurs, etc. (cf. norme C15-100). L'insertion, sans précaution particulière, de spots électriques dans des plafonds isolés thermiquement risque de dégrader l'étanchéité à l'air du parement et de produire des échauffements locaux d'autant plus importants que la résistance thermique de l'isolant sera élevée. Ces échauffements pourront conduire à la dégradation irréversible de l'isolant et à une combustion lente ou à une inflammation de l'isolant. L'encapsulation de ces spots dans une coquille préfabriquée ou reconstituée à partir de produits non combustibles est nécessaire quel que soit le type d'isolant tant pour l'étanchéité à l'air que pour la sécurité contre l'incendie (cf. 9.4.9.) : « Incorporations de sources de chaleur dans les plénums ».

Les Avis Techniques ou les DTA peuvent prévoir des dispositions particulières relatives à la mise en œuvre de ces équipements, sous réserve de justifications appropriées (notamment conservation de l'étanchéité à l'air, risques d'échauffement, etc.).

Les appareils d'éclairage ne doivent pas être encastrés dans les plafonds suspendus pris en compte pour la détermination de la résistance au feu des planchers et des charpentes.

Les systèmes de chauffage par plafond rayonnant utilisant des films chauffants électriques doivent faire l'objet d'Avis Techniques qui définissent les dispositions de mise en œuvre.

### **Conduits de fumée et de cheminée**

La présence d'un conduit de cheminée nécessite une étude particulière. Les dispositions définies dans la norme NF DTU 24.1 (travaux de fumisterie) concernant la réalisation des conduits de fumée individuels et collectifs, des tubages, etc. et destinées à évacuer les produits de combustion des appareils prévus pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire doivent être respectées.

Il convient également, le cas échéant, de se reporter aux prescriptions des Avis Techniques relatifs aux conduits d'évacuation des fumées.

Les conduits maçonnés sont autoportants (aucun contact avec la structure) ou, dans le cas contraire, les éléments supportant le conduit seront incombustibles (remplissage de trémie en béton ou écarteur métallique, par exemple).

Pour l'insertion dans une structure, une distance de sécurité entre la face externe du conduit et les matériaux combustibles avoisinants doit être respectée.

Cette distance de sécurité est déterminée en fonction de la résistance thermique ( $R_u$ ) de la paroi du conduit et de sa classe de température ( $T$ ) et varie entre 2 cm et 16 cm (cf. 9.4.8.) : « Traitement des jonctions avec les conduits de fumées ».

Il est à noter que la norme NF DTU 24.1 recommande de ne pas isoler la partie non combustible faisant la liaison entre le conduit et les matériaux combustibles, aussi bien en traversée de plancher qu'en traversée de charpente de couverture.



## Fiche 4 – Principes de mise en œuvre de l'isolation thermique dans les combles aménagés : cas de l'isolation des plafonds inclinés ou horizontaux. Procédés avec plaques de plâtre ou lambris sur ossature bois ou métallique



**Il est important de respecter scrupuleusement les règles de l'art de mise en œuvre pour permettre d'atteindre dans l'ouvrage fini les performances déclarées et/ou certifiées des isolants.**



▲ **Figure 67** : Isolation thermique de rampant et pied-droit en combles aménagés, charpente traditionnelle, parement non représenté, sur ossature bois



▲ Figure 68 : Isolation thermique de rampant et pied-droit en combles aménagés, charpente traditionnelle et plancher bois, parement sur ossature acier



▲ Figure 69 : Isolation thermique de rampant et pied-droit en combles aménagés, fermettes industrielles en A, parement sur ossature acier (représentation avec plancher béton)



## Description

Les (Figure 67), (Figure 68) et (Figure 69) illustrent les trois types de configuration de charpente et de constitution de plafond et de pied-droit présentés dans cette fiche :

- charpente bois traditionnelle avec parement de plafond et pied-droit sur ossature bois, plancher lourd ;
- charpente bois traditionnelle avec parement de plafond et pied-droit sur ossature métallique, plancher bois ;
- charpente industrialisée composée de fermettes en A avec parement de plafond et pied-droit sur ossature métallique, plancher lourd.

Les procédés d'isolation thermique visés consistent à installer des panneaux ou des rouleaux d'isolant en une ou deux couches sur les rampants et les pieds-droits des combles aménagés, puis à les habiller d'un parement (plaques, panneaux, lambris) fixé sur une ossature secondaire bois ou métallique.

Les isolants utilisés sont principalement des laines minérales. D'autres isolants peuvent également être utilisés (panneaux en plastique alvéolaire, isolants d'origine végétale ou animale).

Lorsqu'une couche d'isolant est disposée entre les chevrons ou les arbalétriers des fermettes, une lame d'air continue d'au moins 2 cm d'épaisseur doit être ménagée pour assurer une ventilation de la sous-face de la couverture.

Pour les procédés utilisant des isolants combustibles, il convient de vérifier que le parement intérieur du plafond et du pied-droit répond aux critères des guides de l'isolation par l'intérieur des bâtiments d'habitation et des ERP du point de vue des risques en cas d'incendie.

On veillera particulièrement à la mise en œuvre des panneaux isolants qui doivent être positionnés bord à bord.

Les produits isolants en rouleau ou en panneau comportant un surfaçage pare-vapeur sont mis en œuvre avec cette face toujours positionnée côté intérieur.

Si des panneaux isolants sont déjà mis en œuvre, voir la partie diagnostic.

Description du traitement des pieds-droits : voir [FICHE 7].

## Statut et référentiels des produits et du procédé

La mise en œuvre des plafonds et des pieds-droits en plaques de plâtre et celle des matériaux isolants normalisés incorporés sont définies dans la norme NF DTU 25.41 P1.1.

La mise en œuvre des revêtements intérieur bois (lambris) sur ossature bois est définie dans la future norme NF DTU 36.2 et les



prescriptions concernant les matériaux isolants intégrés dans les plénums définies dans la norme NF DTU 31.2.

Les matériaux isolants tels que les laines minérales et, par extension, certains produits d'origine végétale (chanvre, lin, cellulose, etc.) font également l'objet d'Avis Techniques, de DTA ou de Constats de traditionnalité et d'un CPT (*e-Cahiers* n° 3560\_V2) définissant les prescriptions de mise en œuvre des procédés d'isolation thermique des combles.

Pour les autres matériaux, les prescriptions sont définies dans les Avis Techniques.

## Valeurs tabulées des ponts thermiques intégrés

### Cas 1 : isolation entre pannes et sous pannes

	Dimensions pannes	75x200 mm <sup>2</sup>	100x300 mm <sup>2</sup>
	Épaisseur d'isolant (mm)	260 dont 200 entre pannes et 60 sous pannes	360 dont 300 entre pannes et 60 sous pannes
Isolation en deux couches, la première entre les pannes et la seconde sous les pannes	$\chi_{suspente}$ (W/K)	0,005	0,004
	$\psi_{rail}$ (W/[m.K])	0,000	0,000
	$\psi_{panne}$ (W/[m.K])	0,019	0,020

▲ Tableau 30 : Ponts thermiques intégrés de la paroi étudiée

### Cas 2 : isolation entre chevrons et entre pannes

	Dimensions chevrons : 40x60 mm <sup>2</sup> Dimensions pannes : 75 x 200 mm <sup>2</sup>	Dimensions chevrons : 40x60 mm <sup>2</sup> Dimensions pannes : 100 x 300 mm <sup>2</sup>	Dimensions chevrons : 60x80 mm <sup>2</sup> Dimensions pannes : 75 x 200 mm <sup>2</sup>	Dimensions chevrons : 60x80 mm <sup>2</sup> Dimensions pannes : 100 x 300 mm <sup>2</sup>
Épaisseur d'isolant (mm)	260 dont : 60 entre chevrons 200 entre pannes	300 dont : 60 entre chevrons 240 entre pannes	280 dont : 80 entre chevrons 200 entre pannes	320 dont : 80 entre chevrons 240 entre pannes
$\chi_{suspente}$ (W/K)	0,000	0,003	0,004	0,003
$\chi_{croisement}$ (W/K)	0,001	0,001	0,001	0,002
$\psi_{rail}$ (W/[m.K])	0,000	0,000	0,000	0,000
$\psi_{chevron}$ (W/[m.K])	0,002	0,002	0,004	0,003
$\psi_{panne}$ (W/[m.K])	0,018	0,027	0,016	0,024

▲ Tableau 31 : Ponts thermiques intégrés de la paroi étudiée



### Cas 3 : isolation entre fermettes

Valable pour une distance de 60 mm entre le bas de la fermette et le rail support du revêtement	Épaisseur d'isolant (mm)		
		140	280
$\chi_{suspente}$ (W/K)		0,002	0,001
$\psi_{rail}$ (W/[m.K])		0,000	0,000
$\psi_{fermette}$ (W/[m.K])		0,029	0,016

▲ Tableau 32 : Ponts thermiques intégrés de la paroi étudiée

## Exemples d'application

### Cas 1 : isolation entre pannes et sous pannes

Hypothèses :

Résistance thermique R du revêtement intérieur en plaque de plâtre BA13	0,05 m <sup>2</sup> .K/W
Épaisseur d'isolation	260 mm
Entraxe des rails (m)	0,6 m
Entraxe des pannes et portée des rails (m)	1,5 m
Densité de suspentes	1,11 m <sup>2</sup>
Épaisseur et disposition de l'isolant	260 mm (200 entre pannes et 60 sous pannes)

		Conductivité thermique utile de l'isolant (W/[m.K])				
		0,030	0,035	0,040	0,045	0,050
Épaisseur de l'isolant (mm)	260	7,48	6,54	5,82	5,24	4,76

▲ Tableau 33 : Résistance thermique de la paroi étudiée (m<sup>2</sup>.K/W)

### Cas 2 : isolation entre chevrons et entre pannes

Hypothèses :

Entraxe des pannes	1,5 m
Entraxe des chevrons	0,6 m
Entraxe des rails	0,6 m
Densité de suspentes	1,39 m <sup>2</sup>
Résistance thermique R du parement plaques de plâtre BA13	0,05 m <sup>2</sup> .K/W
Épaisseur et disposition de l'isolant	300 mm (60 entre chevrons et 240 entre pannes)

		Conductivité thermique utile de l'isolant (W/[m.K])				
		0,030	0,035	0,040	0,045	0,050
Épaisseur de l'isolant (mm)	300	8,57	7,50	6,67	6,01	5,47

▲ Tableau 34 : Résistance thermique de la paroi étudiée (m<sup>2</sup>.K/W)



### Cas 3 : isolation entre fermettes

Hypothèses :

Entraxe des fermettes	0,6 m
Épaisseur d'isolant entre fermettes	280 mm
Densité de suspentes	1,39 m <sup>2</sup>
Entraxe des rails	0,6 m
Résistance thermique R du parement plaques de plâtre BA13	0,05 m <sup>2</sup> .K/W

▲ Tableau 35 : Hypothèses

		Conductivité thermique utile de l'isolant (W/[m.K])				
		0,030	0,035	0,040	0,045	0,050
Épaisseur de l'isolant (mm)	280	7,39	6,53	5,85	5,30	4,84

▲ Tableau 36 : Résistance thermique de la paroi étudiée (m<sup>2</sup>.K/W)

## Risques de condensation

### Faut-il ou non un pare-vapeur ?

L'utilité et les caractéristiques du pare-vapeur sont déterminées selon les prescriptions du *e-Cahiers du CSTB* n° 3560\_V2 intitulé « Isolation thermique des combles : isolation en laine minérale faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un Constat de traditionalité ».

### Si un pare-vapeur est nécessaire

Si un pare-vapeur est nécessaire, celui-ci est placé du côté chaud, en sous-face de l'isolation.

Il peut être précollé au dos des plaques de plâtre ou fixé par adhésif sous l'ossature avant vissage des plaques de plâtre.

Dans le cas de revêtement intérieur bois (lambris) sur ossature bois, le pare-vapeur est fixé par agrafage sur l'ossature bois et maintenu par les supports du revêtement (tasseaux).



**Dans le cas de deux couches de panneaux isolants, la pose est réalisée à joints décalés ou croisés. Si la couche supérieure d'isolant possède un couché polyéthylène ou tout autre revêtement faisant office de pare-vapeur, celui-ci doit être perforé ou scarifié de façon à laisser passer la vapeur d'eau et éviter les risques de condensation entre les deux couches d'isolant.**

**Note**

Dans le cas de bâtiments ossature bois conformes au DTU 31.2, la mise en œuvre d'un film pare-vapeur en plafond sous combles perdus est obligatoire. Il convient d'assurer la continuité du film pare-vapeur entre les parois verticales et les plafonds. Les spécifications concernant les produits et les prescriptions de mise en œuvre sont définies dans la norme NF DTU 31.2.

**Étanchéité à l'air**

L'étanchéité à l'air est assurée soit par le parement (cas de la plaque de plâtre), soit par une membrane d'étanchéité à l'air sous Avis Technique ou tout autre produit faisant l'objet pour cet usage d'un Avis Technique ou d'un DTA en cours de validité.

Dans le cas d'un plafond sans membrane, les traversées du parement en plaques de plâtre seront limitées au minimum et soigneusement étanchées avec, selon les cas, un mortier adhésif à base de plâtre ou un mastic. Les jonctions du plafond avec les parois verticales seront traitées conformément aux dispositions des normes NF DTU 25.41 et 25.42. (cf. 9.4.1.) « Jonctions entre plafonds et parois verticales ».

Dans le cas d'un plafond avec membrane d'étanchéité, avec parement en plaques de plâtre, la mise en œuvre de la membrane, le traitement des jonctions entre les lés, les jonctions périphériques et les traversées seront réalisés conformément aux dispositions de l'Avis Technique du procédé.

Dans le cas d'un plafond avec revêtement intérieur bois (plaque-lambris), la mise en œuvre d'une membrane d'étanchéité est indispensable pour assurer l'étanchéité à l'air.

La membrane est fixée sur l'ossature bois par agrafage. Les tasseaux supports de revêtement intérieur assurent la fixation définitive et permettent de ménager un vide technique. Le traitement des jonctions entre les lés, les jonctions périphériques et les traversées seront réalisés conformément aux dispositions de l'Avis Technique du procédé.

**Principaux points singuliers à traiter**

Les principaux points singuliers à traiter sont les suivants :

- traitement des jonctions avec les parois verticales et les parois horizontales ;
- traitement des jonctions avec les fenêtres de toit ;
- traitement des incorporations électriques ;
- traitement des jonctions avec les conduits de fumées ;
- traitement des canalisations d'eau en charge (mise hors gel des canalisations dans les combles perdus).

Ces dispositions sont détaillées au § « Liaisons et points singuliers à traiter » (cf. 9.4.).



## Stabilité et durabilité

Pour les plafonds suspendus à base de plaques de plâtre, les dimensionnements de la norme NF DTU 25.41 sont donnés pour des charges admissibles d'isolant de 6, 10 et 15 daN/m<sup>2</sup>. Si le poids d'isolant excède 15 daN/m<sup>2</sup>, une étude spécifique doit être menée pour assurer la stabilité du plafond.

Le couple fourrure-suspente ou montant-suspente constitue un système indissociable dont la charge de rupture mesurée en laboratoire dans les conditions d'essais définies à l'annexe D du DTU 25.41 P1.2 doit être au moins égale au triple de la charge de service de la suspente, avec un minimum de 75 daN. Les performances obtenues doivent faire l'objet d'un rapport d'essais intégrant les références, les caractéristiques et un schéma de la suspente.

Les dispositions concernant la stabilité des pieds-droits, assimilés à des contre-cloisons, sont définies dans la norme NF DTU 25.41 P1.1. Elles concernent le comportement aux chocs et la résistance aux pressions réparties.

## Isolation acoustique

Si l'usage d'isolant de type poreux (laine d'origine minérale, animale, végétale, etc.), en épaisseur suffisante dans ce type de procédé, permet généralement d'augmenter l'isolement entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment et d'atteindre le niveau de base requis en construction neuve (30 dB), il n'en est pas de même pour les mousses isolantes à cellules fermées (PSE, PU, XPS, etc.). En conséquence, lorsqu'une amélioration de l'isolement acoustique vis-à-vis de l'extérieur est recherchée, il est déconseillé d'utiliser ce type d'isolant, surtout au-dessus d'une pièce principale (chambre, salon, etc.).

La performance acoustique de ce type de procédé sera d'autant plus élevée que le parement intérieur sera lourd et étanche, que les éléments de couverture seront étanches à l'air, que l'espace entre le parement intérieur et les éléments de couvertures sera important et que le nombre de connexions entre le plafond et la charpente sera faible. Des montages avec des systèmes d'ossature primaire permettent, en supprimant toute connexion entre le plancher et le plafond, d'améliorer la performance acoustique.

## Sécurité incendie

### Protection des isolants combustibles

Le guide d'emploi des isolants combustibles dans les logements (*e-Cahiers du CSTB* n° 3231, juin 2000) et l'annexe II « Guide d'emploi des isolants combustibles dans les ERP » de l'article AM8 de l'arrêté du 6 octobre 2004 précisent les durées de protection requises et listent les écrans admis sans justification. Les autres types d'écran doivent faire l'objet d'un essai de comportement au feu.



Les Avis Techniques ou les DTA précisent la conformité avec cette réglementation des procédés d'isolation thermique par l'intérieur non traditionnels.

### **Incorporation de sources de chaleur dans les plénums**

Il n'est pas permis d'installer dans l'épaisseur de l'isolation du matériel électrique non protégé susceptible de créer une source de chaleur continue tel que spots, transformateurs, etc. (cf. norme C15-100). L'insertion, sans précaution particulière, de spots électriques dans des plafonds isolés thermiquement risque de dégrader l'étanchéité à l'air du parement et de produire des échauffements locaux d'autant plus importants que la résistance thermique de l'isolant sera élevée. Ces échauffements pourront conduire à la dégradation irréversible de l'isolant et à une combustion lente ou à une inflammation de l'isolant. L'encapsulation de ces spots dans une coquille préfabriquée ou reconstituée à partir de produits non combustibles est nécessaire quel que soit le type d'isolant tant pour l'étanchéité à l'air que pour la sécurité contre l'incendie. (Cf. 9.4.9.) : « Incorporations de sources de chaleur dans les plénums ».

Les Avis Techniques ou les DTA peuvent prévoir des dispositions particulières relatives à la mise en œuvre de ces équipements, sous réserve de justifications appropriées (notamment conservation de l'étanchéité à l'air, risques d'échauffement, etc.).

Les appareils d'éclairage ne doivent pas être encastrés dans les plafonds suspendus pris en compte pour la détermination de la résistance au feu des planchers et des charpentes

Les systèmes de chauffage par plafond rayonnant utilisant des films chauffants électriques doivent faire l'objet d'Avis Techniques qui définissent les dispositions de mise en œuvre.

### **Conduits de fumée et de cheminée**

La présence d'un conduit de cheminée nécessite une étude particulière. Les dispositions définies dans le DTU 24.1 (travaux de fumisterie) concernant la réalisation des conduits de fumée individuels et collectifs, des tubages, etc. et destinés à évacuer les produits de combustion des appareils prévus pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire doivent être respectées.

Il convient également, le cas échéant, de se reporter aux prescriptions des Avis Techniques relatifs aux conduits d'évacuation des fumées.

Les conduits maçonnés sont autoportants (aucun contact avec la structure) ou, dans le cas contraire, les éléments supportant le conduit seront incombustibles (remplissage de trémie en béton ou écarteur métallique, par exemple).

Pour l'insertion dans une structure, une distance de sécurité entre la face externe du conduit et les matériaux combustibles avoisinants doit être respectée.

Cette distance de sécurité est déterminée en fonction de la résistance thermique ( $R_u$ ) de la paroi du conduit et de sa classe de température ( $T$ ) et varie entre 2 cm et 16 cm. (Cf. 9.4.8.) : « Traitement des jonctions avec les conduits de fumées ».

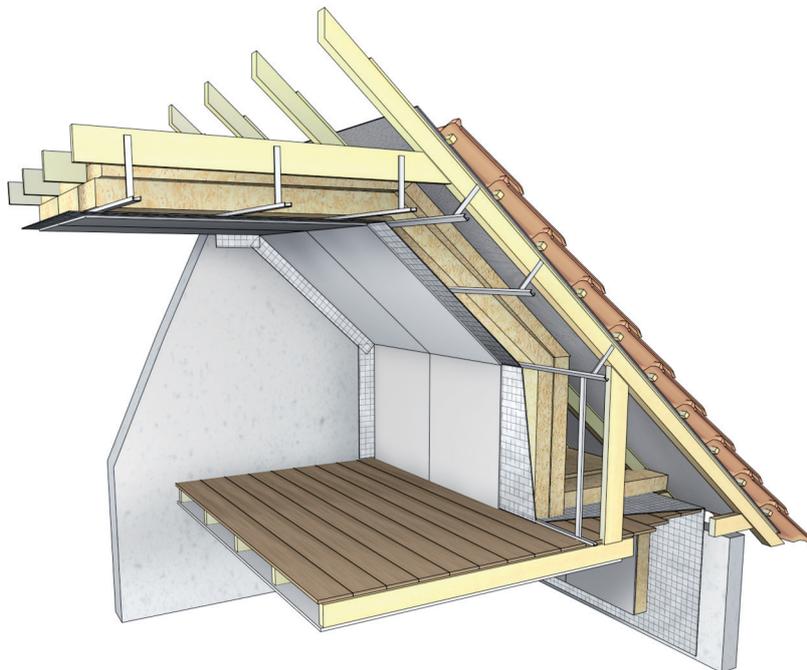
À noter que la norme NF DTU 24.1 recommande de ne pas isoler la partie non combustible faisant la liaison entre le conduit et les matériaux combustibles, aussi bien en traversée de plancher qu'en traversée de charpente de couverture.



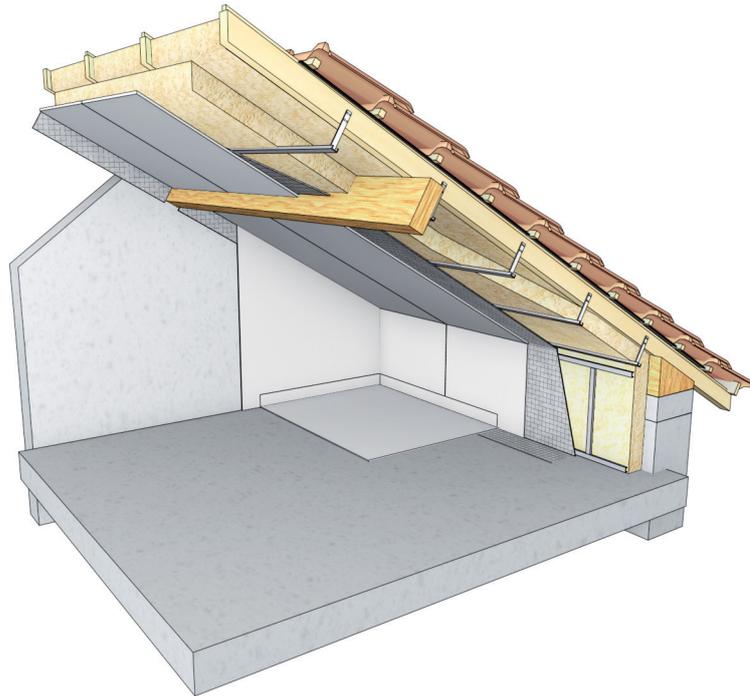
## Fiche 5 – Principes de mise en œuvre de l'isolation thermique dans les combles aménagés : cas de l'isolation des plafonds inclinés ou horizontaux. Procédés avec plaques de plâtre ou lambris sur ossature bois ou métallique et membrane d'étanchéité à l'air sans écran HPV sous toiture



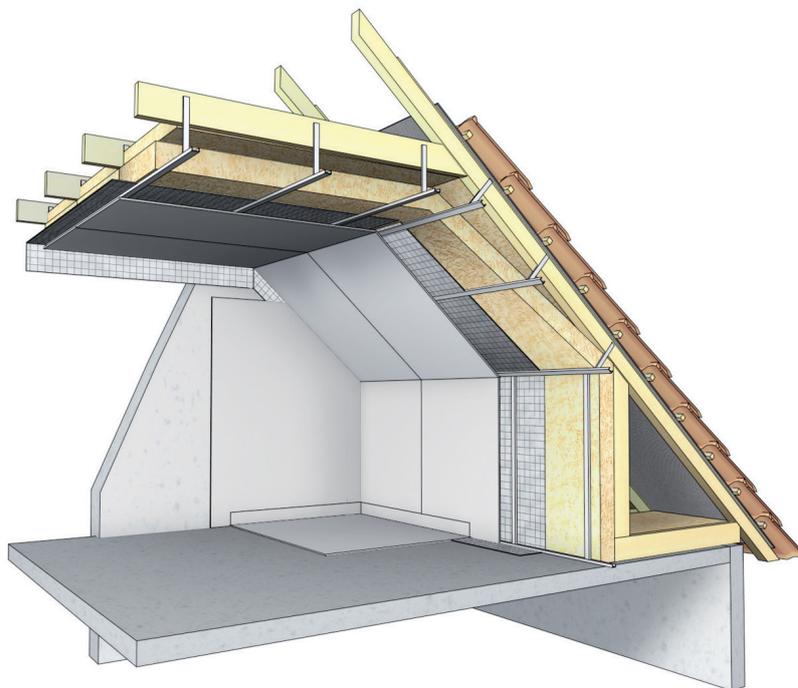
Il est important de respecter scrupuleusement les règles de l'art de mise en œuvre pour permettre d'atteindre dans l'ouvrage fini les performances déclarées et/ou certifiées des isolants.



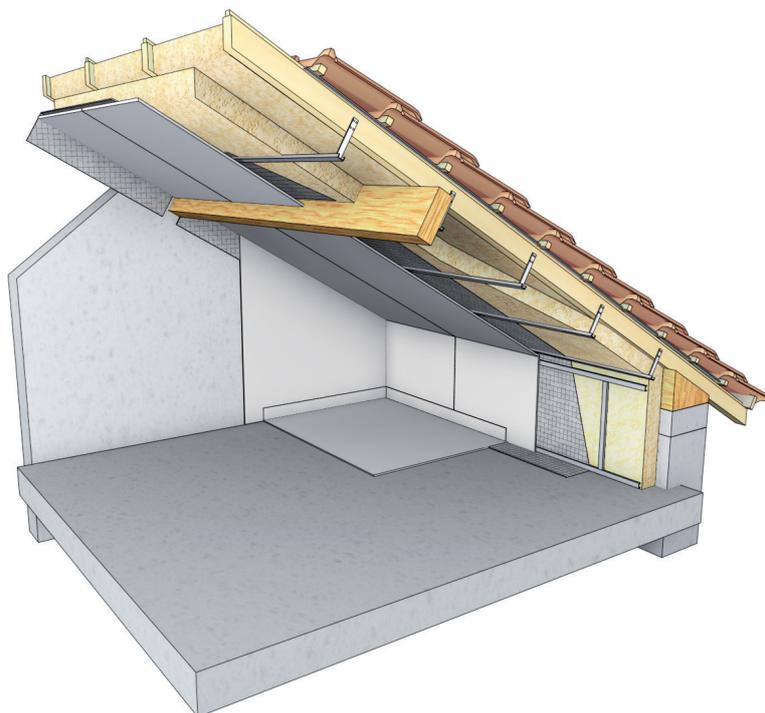
▲ Figure 70 : Isolation thermique avec membrane d'étanchéité à l'air, membrane au contact du parement : cas d'une charpente industrielle (fermette en A)



▲ Figure 71 : Isolation thermique avec membrane d'étanchéité à l'air, membrane au contact du parement : cas d'une charpente traditionnelle



▲ Figure 72 : Isolation thermique avec membrane d'étanchéité à l'air, membrane au contact de l'isolant : cas d'une charpente industrielle (fermette en A)(représentation avec plancher béton)



▲ **Figure 73** : Isolation thermique avec membrane d'étanchéité à l'air, membrane au contact de l'isolant : cas d'une charpente traditionnelle

## Description

Cette technique traite du cas d'une isolation thermique mise en œuvre avec interposition d'une membrane d'étanchéité à l'air, sous un complexe de couverture existant et sans écran HPV (haute perméabilité à la vapeur). Le parement intérieur (plaques, panneaux, lambris) est fixé sur une ossature secondaire bois ou métallique.

La mise en œuvre comporte deux montages selon la position de la membrane d'étanchéité à l'air :

- premier montage : membrane fixée sur les ossatures bois ou métalliques, donc au contact avec le parement du plafond ;
- second montage : membrane fixée sur la charpente avant mise en œuvre des ossatures bois ou métalliques supports du parement.

Le second montage optimise l'étanchéité à l'air en raison de la création d'un vide technique entre la membrane et le parement du plafond. Ce vide technique, ménagé par une ossature bois ou métallique, permet l'incorporation d'équipements électriques sans avoir à traverser la membrane, donc sans affecter l'étanchéité à l'air de la paroi. Lorsque le parement intérieur est lui-même étanche à l'air (cas de la plaque de plâtre, par exemple), la résistance thermique du montage est majorée de la valeur de la résistance thermique de la lame d'air créée entre la membrane et ce parement.

Les dispositions de mise en œuvre de la membrane, notamment les recouvrements entre lés, l'étanchéité des jonctions périphériques, des jonctions avec les fenêtres de toit et l'étanchéité des traversées par des conduits, sont définies dans l'avis technique du procédé.

Les isolants utilisés, constitués de panneaux ou de rouleaux, sont principalement des laines minérales. D'autres isolants peuvent également être utilisés (isolants d'origine végétale ou animale).

Lors de la pose des isolants entre les chevrons ou les arbalétriers des fermettes, du fait de l'absence d'écran de sous toiture HPV, une lame d'air continue d'au moins 2 cm d'épaisseur doit être ménagée pour assurer une ventilation de la sous-face de la couverture.

Pour les procédés utilisant des isolants combustibles, il convient de vérifier que le parement intérieur du plafond et du pied-droit répond aux critères des guides de l'isolation par l'intérieur des bâtiments d'habitation et des ERP du point de vue des risques en cas d'incendie.

On veillera particulièrement à la mise en œuvre des panneaux isolants qui doivent être positionnés bord à bord.

Si des panneaux isolants sont déjà mis en œuvre, voir la partie diagnostic.

Description du traitement des pieds-droits : voir [FICHE 7].

## Statut et référentiels des produits et du procédé

Les produits et la mise en œuvre des isolants, de la membrane et des parements des plafonds et des pieds-droits font l'objet d'Avis Techniques ou d'un Document technique d'application et d'un Cahier de prescriptions techniques communes de mise en œuvre des procédés d'isolation thermique de combles (*e-Cahiers du CSTB* n° 3560\_V2) auxquels il convient de se référer.

La mise en œuvre des plafonds et des pieds-droits en plaques de plâtre sur ossature est définie dans la norme NF DTU 25.41 P1.1.

La mise en œuvre des revêtements intérieur bois (lambris) sur ossature bois est définie dans la future norme NF DTU 36.2.

## Valeurs tabulées des ponts thermiques intégrés

La membrane d'étanchéité à l'air ne modifie pas les ponts thermiques.

### Note

D'autres configurations de montage et d'autres valeurs de ponts thermiques sont données dans la [FICHE 4].



## Cas 1 : isolation entre chevrons et entre pannes

	Dimensions chevron : 40x60 mm <sup>2</sup> Dimensions panne : 100x300 mm <sup>2</sup>
Épaisseur d'isolant (mm)	300 dont 60 entre chevrons et 240 entre pannes
$\chi_{suspente}$ (W/K)	0,003
$\chi_{croisement}$ (W/K)	0,001
$\psi_{rail}$ (W/[m.K])	0,000
$\psi_{chevron}$ (W/[m.K])	0,002
$\psi_{panne}$ (W/[m.K])	0,027

▲ **Tableau 37** : Ponts thermiques intégrés de la paroi étudiée

## Cas 2 : isolation entre fermettes

Épaisseur d'isolant (mm)	280
$\chi_{suspente}$ (W/K)	0,001
$\psi_{rail}$ (W/[m.K])	0,000
$\psi_{fermette}$ (W/[m.K])	0,016
Valable pour une distance de 60 mm entre le bas de la fermette et le rail support du revêtement	

▲ **Tableau 38** : Ponts thermiques intégrés de la paroi étudiée

## Exemples d'application

Les calculs de résistance thermique ont été menés pour des montages sans lame d'air étanche entre le parement intérieur et la membrane.

### Cas 1 : isolation entre chevrons et entre pannes

Hypothèses :

Entraxe des pannes	1,5 m
Entraxe des chevrons	0,6 m
Entraxe des rails	0,6 m
Densité de suspentes	1,39 m <sup>2</sup>
Résistance thermique R du parement plaques de plâtre BA13	0,05 m <sup>2</sup> .K/W
Épaisseur de l'isolant	300 mm (60 entre chevrons + 240 entre pannes)

		Conductivité thermique utile de l'isolant (W/[m.K])				
		0,030	0,035	0,040	0,045	0,050
Épaisseur de l'isolant (mm)	300	8,57	7,50	6,67	6,01	5,47

▲ **Tableau 39** : Résistance thermique de la paroi étudiée (m<sup>2</sup>.K/W)



## Cas 2 : isolation entre fermettes

### Hypothèses :

Entraxe des fermettes	0,6 m
Épaisseur d'isolant entre fermettes	280 mm
Densité de suspentes	1,39 m <sup>2</sup>
Entraxe des rails	0,6 m
Résistance thermique R du parement plaque de plâtre BA13	0,05 m <sup>2</sup> .K/W

▲ Tableau 40 : Hypothèses

		Conductivité thermique utile de l'isolant (W/[m.K])				
		0,030	0,035	0,040	0,045	0,050
Épaisseur de l'isolant (mm)	280	7,39	6,53	5,85	5,30	4,84

▲ Tableau 41 : Résistance thermique de la paroi étudiée (m<sup>2</sup>.K/W)

## Risques de condensation

La sous-face de la couverture étant ventilée par une lame d'air, la performance de perméance à la vapeur d'eau et d'étanchéité à l'air de la paroi côté intérieur est obtenue par la pose d'un parement intérieur assurant la fonction d'étanchéité à l'air et s'opposant au passage de la vapeur d'eau.

Lorsque la membrane d'étanchéité à l'air fait également fonction de pare-vapeur, il n'y a pas de risque de condensation. La performance du pare-vapeur est définie en fonction de la configuration et de la zone climatique dans les DTU de la série 40.

Lorsque la membrane d'étanchéité à l'air fonctionne comme un pare-vapeur hygrovariable à perméance variable côté intérieur, il convient de se référer à l'avis technique qui précise les conditions d'emploi de ce type de pare-vapeur.

### Note

Dans le cas de bâtiments ossature bois conformes à la norme NF DTU 31.2, la mise en œuvre d'un film pare-vapeur en plafond en rampant est obligatoire. Il convient d'assurer la continuité du film pare-vapeur entre les parois verticales et les plafonds. Les spécifications concernant les produits et les prescriptions de mise en œuvre sont définies dans la norme NF DTU 31.2.

## Étanchéité à l'air

L'étanchéité à l'air est assurée par la membrane d'étanchéité. La mise en œuvre de la membrane, l'ossature secondaire ménageant un vide technique, le traitement des jonctions entre les lés, les jonctions périphériques et les traversées seront réalisés conformément aux dispositions de l'Avis Technique du procédé.



## Principaux points singuliers à traiter

Les principaux points singuliers à traiter sont les suivants :

- traitement des recouvrements entre lés de membrane ;
- traitement des jonctions avec les parois verticales et les parois horizontales ;
- traitement des jonctions avec les fenêtres de toit ;
- traitement des incorporations électriques ;
- traitement des jonctions avec les conduits de fumées ;
- traitement des canalisations d'eau en charge (mise hors gel des canalisations dans les combles perdus).

Ces dispositions sont détaillées au § « Liaisons et points singuliers à traiter » (cf. 9.4.).

## Stabilité et durabilité

Pour les plafonds suspendus à base de plaques de plâtre, les dimensionnements de la norme NF DTU 25.41 sont établis pour des charges admissibles d'isolant de 6, 10 et 15 daN/m<sup>2</sup>. Si le poids d'isolant excède 15 daN/m<sup>2</sup>, une étude spécifique doit être menée pour assurer la stabilité du plafond.

Le couple fourrure-suspente ou montant-suspente constitue un système indissociable dont la charge de rupture mesurée en laboratoire dans les conditions d'essais définies à l'annexe D du DTU 25.41 P1.2 doit être au moins égale au triple de la charge de service de la suspente, avec un minimum de 75 daN. Les performances obtenues doivent faire l'objet d'un rapport d'essais intégrant les références, les caractéristiques et un schéma de la suspente.

Les dispositions concernant la stabilité des pieds-droits, assimilés à des contre-cloisons, sont définies dans la norme NF DTU 25.41 P1.1. Elles concernent le comportement aux chocs et la résistance aux pressions réparties.

## Isolation acoustique

Si l'usage d'isolant de type poreux (laine d'origine minérale, animale, végétale, etc.), en épaisseur suffisante dans ce type de procédé, permet généralement d'augmenter l'isolement entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment et d'atteindre le niveau de base requis en construction neuve (30 dB), il n'en est pas de même pour les mousses isolantes à cellules fermées (PSE, PU, XPS, etc.). En conséquence, lorsqu'une amélioration de l'isolement acoustique vis-à-vis de l'extérieur est recherchée, il est déconseillé d'utiliser ce type d'isolant surtout au-dessus d'une pièce principale (chambre, salon, etc.).

La performance acoustique de ce type de procédé, sera d'autant plus élevée, que le parement intérieur sera lourd et étanche, que les éléments de couverture seront étanches à l'air, que l'espace entre le parement intérieur et les éléments de couvertures sera important et que

le nombre de connexions entre le plafond et la charpente sera faible. Des montages avec des systèmes d'ossature primaire permettent, en supprimant toute connexion entre le plancher et le plafond, d'améliorer la performance acoustique.

## Sécurité incendie

### Protection des isolants combustibles

Le guide d'emploi des isolants combustibles dans les logements (*e-Cahiers du CSTB* n° 3231, juin 2000) et l'annexe II « Guide d'emploi des isolants combustibles dans les ERP » de l'article AM8 de l'arrêté du 6 octobre 2004 précisent les durées de protection requises et listent les écrans admis sans justification. Les autres types d'écran doivent faire l'objet d'un essai de comportement au feu.

Les Avis Techniques ou les DTA précisent la conformité avec cette réglementation des procédés d'isolation thermique par l'intérieur non traditionnels.

### Incorporation de sources de chaleur dans les plénums

Il n'est pas permis d'installer dans l'épaisseur de l'isolation du matériel électrique non protégé susceptible de créer une source de chaleur continue tel que spots, transformateurs, etc. (cf. norme C15-100). L'insertion, sans précaution particulière, de spots électriques dans des plafonds isolés thermiquement risque de dégrader l'étanchéité à l'air du parement et de produire des échauffements locaux d'autant plus importants que la résistance thermique de l'isolant sera élevée. Ces échauffements pourront conduire à la dégradation irréversible de l'isolant et à une combustion lente ou à une inflammation de l'isolant. L'encapsulation de ces spots dans une coquille préfabriquée ou reconstituée à partir de produits non combustibles est nécessaire quel que soit le type d'isolant tant pour l'étanchéité à l'air que pour la sécurité contre l'incendie. (Cf. 9.4.9.) : « Incorporations de sources de chaleur dans les plénums ».

Les Avis Techniques ou les DTA peuvent prévoir des dispositions particulières relatives à la mise en œuvre de ces équipements, sous réserve de justifications appropriées (notamment conservation de l'étanchéité à l'air, risques d'échauffement, etc.).

Les appareils d'éclairage ne doivent pas être encastrés dans les plafonds suspendus pris en compte pour la détermination de la résistance au feu des planchers et des charpentes

Les systèmes de chauffage par plafond rayonnant utilisant des films chauffants électriques doivent faire l'objet d'Avis Techniques qui définissent les dispositions de mise en œuvre.

### Conduits de fumée et de cheminée

La présence d'un conduit de cheminée nécessite une étude particulière. Les dispositions définies dans la norme NF DTU 24.1 (travaux de fumisterie) concernant la réalisation des conduits de fumée



individuels et collectifs, des tubages, etc. et destinés à évacuer les produits de combustion des appareils prévus pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire doivent être respectées.

Il convient également, le cas échéant, de se reporter aux prescriptions des Avis Techniques relatifs aux conduits d'évacuation des fumées.

Les conduits maçonnés sont autoportants (aucun contact avec la structure) ou, dans le cas contraire, les éléments supportant le conduit seront incombustibles (remplissage de trémie en béton ou écarteur métallique, par exemple).

Pour l'insertion dans une structure, une distance de sécurité entre la face externe du conduit et les matériaux combustibles avoisinants doit être respectée.

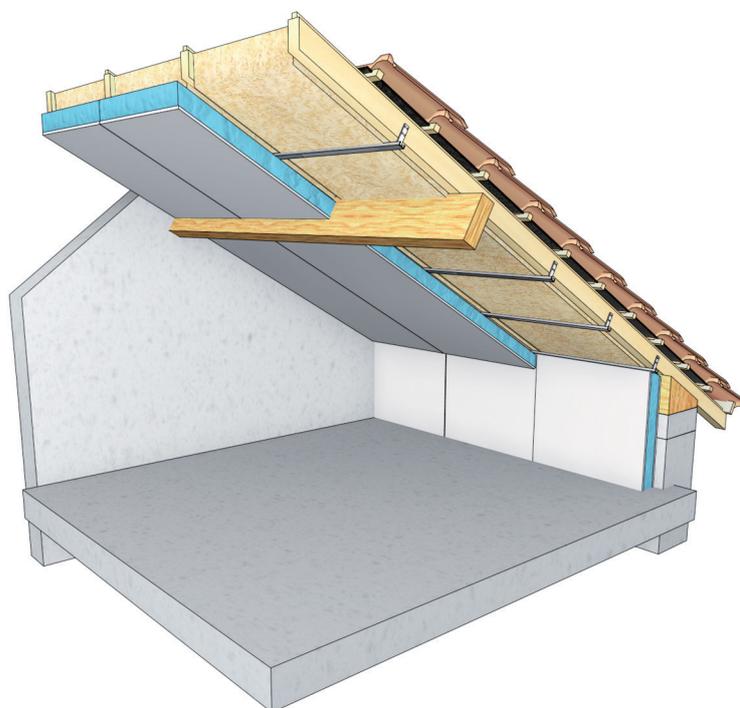
Cette distance de sécurité est déterminée en fonction de la résistance thermique ( $R_u$ ) de la paroi du conduit et de sa classe de température ( $T$ ) et varie entre 2 cm et 16 cm. (cf. 9.4.8.) « Traitement des jonctions avec les conduits de fumée ».

Il est à noter que la norme NF DTU 24.1 recommande de ne pas isoler la partie non combustible faisant la liaison entre le conduit et les matériaux combustibles, aussi bien en traversée de plancher qu'en traversée de charpente de couverture.

## Fiche 6 – Principes de mise en œuvre de l'isolation thermique dans les combles aménagés : cas de l'isolation des plafonds inclinés ou horizontaux. Procédé avec complexes et sandwichs de doublage plaques de plâtre – isolant vissées sur ossature bois ou métal



**Il est important de respecter scrupuleusement les règles de l'art de mise en œuvre pour permettre d'atteindre dans l'ouvrage fini les performances déclarées et/ou certifiées des isolants.**



▲ **Figure 74** : Isolation thermique en combles aménagés de rampant par complexe vissé sur ossature acier et de pied-droit par sandwichs vissés sur ossature bois horizontale

### Description

Les complexes sont obtenus par collage d'un panneau isolant sur une plaque de plâtre revêtue ou non d'un pare-vapeur.

Les isolants associés sont des laines minérales (verre ou roche), des polystyrènes expansés rigides ou élastifiés, des polystyrènes extrudés et des polyuréthannes.

#### Plafonds horizontaux et inclinés

Les complexes sont fixés par vissage à entraxe de 30 cm sur des ossatures secondaires bois ou métalliques fixées ou suspendues perpendiculairement à la charpente support. L'entraxe des ossatures secondaires



varie de 30 à 60 cm en fonction de l'épaisseur de l'isolant du complexe, de l'épaisseur de la plaque de plâtre (BA10 ou BA13) et du sens de pose des panneaux (pose parallèle ou perpendiculaire à l'ossature).

L'épaisseur maximale de l'isolant des complexes fixés mécaniquement est limitée à 80 mm.

Les complexes à base de polystyrène expansé élastifié ne doivent pas être mis en œuvre par fixation mécanique.

Du fait de la limitation d'épaisseur des complexes fixés mécaniquement, leur résistance thermique est dans tous les cas inférieure au seuil de  $4,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$  fixé par la réglementation thermique par élément dans l'existant. Les complexes fixés mécaniquement en plafond doivent donc être associés à un isolant complémentaire. En absence d'isolant existant ou en cas de dépose de cet isolant (voir diagnostic), un premier isolant en panneau ou en rouleau est mis en œuvre et maintenu par l'ossature secondaire avant fixation des complexes.

Lors de la pose de cet isolant entre les chevrons ou les arbalétriers des fermettes, une lame d'air continue d'au moins 2 cm d'épaisseur doit être ménagée pour assurer une ventilation de la sous-face de la couverture.

On veillera particulièrement à la mise en œuvre des panneaux isolants qui doivent être bord à bord.

### Pieds-droits

Lorsqu'ils sont réalisés avec des complexes de doublage, la mise en œuvre des pieds-droits suit les règles citées précédemment pour la pose en plafond.

Lorsqu'ils sont réalisés avec des panneaux sandwichs, les modes de pose sont les suivants :

- pieds-droits de hauteur libre limitée à 1,70 m : les sandwichs sont fixés en applique par vissage en pied et en tête, sur une ossature comportant une lisse haute et une lisse basse. L'épaisseur du panneau sandwich doit être au moins égale à 60 mm.  
Une clavette d'épaisseur égale à celle de l'isolant est disposée à mi-hauteur et solidarifiée aux parements par vissage de part et d'autre du joint vertical entre panneaux ;
- pieds-droits de hauteur supérieure à 1,70 m : l'ouvrage est considéré comme une contre-cloison [Fiche 14].

### Statut et référentiels des produits et du procédé

Le procédé est traditionnel et sa mise en œuvre est décrite dans la norme NF DTU 25.42 « Ouvrages de doublage et habillage en complexes et sandwichs plaques de plâtre et isolant ».

Si les produits, la configuration ou la mise en œuvre diffèrent des dispositions décrites dans le DTU visé ci-dessus, ces produits font l'objet d'Avis Techniques.

Les constituants utilisés, les complexes, les enduits de traitement des joints et des vis sont visés par des normes et sont identifiables par un marquage CE ainsi que pour la plupart d'entre eux par des marques de qualité (voir [ANNEXE F]).

## Valeurs tabulées des ponts thermiques intégrés

Valeurs établies dans le cas d'un plancher haut avec une isolation de 150 mm entre fermettes déjà présente sur laquelle on rapporte un complexe de 80 mm d'épaisseur vissé sur ossature métallique suspendue sur les fermettes.

Épaisseur et composition de l'isolation thermique	Ponts thermiques	
	150 mm entre fermettes + Complexe avec isolant de 80 mm d'épaisseur	$\chi_{\text{fixation complexe}}$ (W/K)
$\chi_{\text{suspente}}$ (W/K)		0,000
$\psi_{\text{fermette}}$ (W/[m.K])		0,010
$\psi_{\text{rail}}$ (W/[m.K])		0,003

▲ **Tableau 42** : Ponts thermiques intégrés de la paroi étudiée

## Exemple d'application

Hypothèses :

Rampant existant : section des bois de fermettes	36 x 220 mm <sup>2</sup>
Épaisseur d'isolant déjà présent entre les fermettes	150 mm
Conductivité de l'isolant existant présent entre fermettes	0,045 W/(m.K)
Épaisseur de l'isolant du complexe	80 mm
Résistance thermique R du revêtement déjà présent : BA13 fixée sur ossature métallique	0,05 m <sup>2</sup> .K/W
Résistance thermique R du parement du complexe : plaque de plâtre BA13	0,05 m <sup>2</sup> .K/W
Densité de fixation du complexe (1/0,60 x 0,30)	5,6 m <sup>2</sup>
Densité de suspentes de l'ossature métallique support (1/0,60 x 1,20)	1,39 m <sup>2</sup>
Entraxe de fermettes	0,6 m
Entraxe de rails	0,6 m

▲ **Tableau 43** : Hypothèses

	Conductivité thermique utile de l'isolant du complexe (W/[m.K])					
	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050
150 mm d'isolant ( $\lambda = 0,045$ W/m.K) entre fermettes + complexe avec isolant de 80 mm d'épaisseur	5,25	4,91	4,65	4,46	4,31	4,18

▲ **Tableau 44** : Résistance thermique de la paroi étudiée (m<sup>2</sup>.K/W)



## Risques de condensation

### Faut-il ou non un pare-vapeur ?

L'utilité et les caractéristiques du pare-vapeur sont déterminées selon les prescriptions du *e-Cahier du CSTB* n° 3560\_V2 intitulé « Isolation thermique des combles : isolation en laine minérale faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un Constat de traditionalité ».

#### Note

Les complexes de doublage sont classés P1, P2 ou P3 en fonction de leur perméabilité à la vapeur d'eau.

### Si un pare-vapeur est nécessaire

Si un pare-vapeur est nécessaire, celui-ci est placé du côté chaud, en sous-face de l'isolation.

Dans ce cas, le complexe de doublage doit être de type P3 (complexe pare-vapeur). Lorsque l'isolant n'est pas lui-même étanche à la vapeur, le parement du complexe est constitué d'une plaque de plâtre avec pare-vapeur.

Lorsque le pare-vapeur est constitué d'une membrane assurant la double fonction de pare-vapeur et d'étanchéité à l'air, fixée sur l'ossature secondaire avant pose des panneaux de complexes, il convient de vérifier que la résistance thermique du complexe n'est pas supérieure à la moitié de la résistance thermique de la première couche d'isolant.

Si la couche d'isolant mise en place avant le complexe de doublage possède un couché polyéthylène ou tout autre revêtement faisant office de pare-vapeur, celui-ci doit être perforé ou scarifié de façon à laisser passer la vapeur d'eau et à éviter les risques de condensation entre les deux couches d'isolant.

### Étanchéité à l'air

L'étanchéité à l'air est assurée soit par le parement du complexe de doublage, soit par une membrane d'étanchéité à l'air sous Avis Technique ou tout autre produit faisant l'objet pour cet usage d'un Avis Technique ou d'un DTA en cours de validité.

Dans le cas d'un plafond sans membrane, les traversées du parement en plaques de plâtre seront limitées au minimum et soigneusement étanchées avec, selon les cas, un mortier adhésif à base de plâtre ou un mastic. Les jonctions du plafond avec les parois verticales seront traitées conformément aux dispositions de la norme NF DTU 25.42. (cf. 9.4.1.) : « Jonctions entre plafonds et parois verticales ».

Dans le cas d'un plafond avec membrane d'étanchéité, la mise en œuvre de la membrane, le traitement des jonctions entre les lés, les jonctions périphériques et les traversées seront réalisés conformément aux dispositions de l'Avis Technique du procédé.



## Principaux points singuliers à traiter

Les principaux points singuliers à traiter sont les suivants :

- traitement des jonctions avec les parois verticales et les parois horizontales ;
- traitement des jonctions avec les fenêtres de toit ;
- traitement des incorporations électriques ;
- traitement des jonctions avec les conduits de fumées ;
- traitement des canalisations d'eau en charge (mise hors gel des canalisations dans les combles perdus).

Ces dispositions sont détaillées au § « Liaisons et points singuliers à traiter » (cf. 9.4.).

## Stabilité et durabilité

Pour les plafonds horizontaux et inclinés, le dimensionnement de l'ossature est fait selon les dispositions dans la norme NF DTU 25.41 pour des charges admissibles d'isolant de 6, 10 et 15 daN/m<sup>2</sup> (isolant de la première couche + isolant du complexe). Si le poids de l'isolant et du complexe excède 15 daN/m<sup>2</sup>, une étude spécifique doit être menée pour assurer la stabilité du plafond.

Le couple fourrure-suspente ou montant-suspente constitue un système indissociable dont la charge de rupture mesurée en laboratoire dans les conditions d'essais définies à l'annexe D du NF DTU 25.41 P1-2 doit être au moins égale au triple de la charge de service de la suspente, avec un minimum de 75 daN. Les performances obtenues doivent faire l'objet d'un rapport d'essais intégrant les références, les caractéristiques et un schéma de la suspente.

La stabilité des pieds-droits sous l'effet des chocs et des pressions réparties est réputée satisfaite dès lors que les dispositions de la norme NF DTU 25.42 P1-1 sont respectées.

## Isolation acoustique

Ce type de procédé peut permettre d'obtenir l'isolement acoustique de base (30 dB) entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment lorsque la première couche d'isolant est de type poreux (laine minérale ou végétale) et que son épaisseur est suffisante (150 mm, par exemple).

## Sécurité incendie

### Protection des isolants combustibles

Le guide d'emploi des isolants combustibles dans les logements (*e-Cahiers du CSTB* n° 3231, juin 2000) et l'annexe II « Guide d'emploi des isolants combustibles dans les ERP » de l'article AM8 de l'arrêté du 6 octobre 2004 précisent les durées de protection requises et listent les écrans admis sans justification.



Les autres types d'écran doivent faire l'objet d'un essai de comportement au feu.

### Note 1

L'article AM8 ne vise pas les complexes avec parement BA13 en plafond dans les ERP.

### Note 2

Le guide d'emploi des isolants combustibles dans les habitations autorise, dans toutes familles d'habitation, l'emploi des complexes de doublage avec parement BA10 ou BA13 en plafond horizontal ou incliné mis en œuvre conformément aux dispositions de la norme NF DTU 25.42.

## Incorporation de sources de chaleur dans les plénums

Il n'est pas permis d'installer dans l'épaisseur de l'isolation du matériel électrique non protégé susceptible de créer une source de chaleur continue tel que spots, transformateurs, etc. (cf. norme C15-100). L'insertion, sans précaution particulière, de spots électriques dans des plafonds isolés thermiquement risque de dégrader l'étanchéité à l'air du parement et de produire des échauffements locaux d'autant plus importants que la résistance thermique de l'isolant sera élevée. Ces échauffements pourront conduire à la dégradation irréversible de l'isolant et à une combustion lente ou à une inflammation de l'isolant. L'encapsulage de ces spots dans une coquille préfabriquée ou reconstituée à partir de produits non combustibles est nécessaire quel que soit le type d'isolant tant pour l'étanchéité à l'air que pour la sécurité contre l'incendie. (Cf. 9.4.9.) : « Incorporations de sources de chaleur dans les plénums ».

Les Avis Techniques ou les DTA peuvent prévoir des dispositions particulières relatives à la mise en œuvre de ces équipements, sous réserve de justifications appropriées (notamment conservation de l'étanchéité à l'air, risques d'échauffement, etc.).

Les appareils d'éclairage ne doivent pas être encastrés dans les plafonds suspendus pris en compte pour la détermination de la résistance au feu des planchers et des charpentes

## Conduits de fumée et de cheminée

La présence d'un conduit de cheminée nécessite une étude particulière. Les dispositions définies dans la norme NF DTU 24.1 (travaux de fumisterie) concernant la réalisation des conduits de fumée individuels et collectifs, tubages, etc. et destinés à évacuer les produits de combustion des appareils prévus pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire doivent être respectées.

Il convient également, le cas échéant, de se reporter aux prescriptions des Avis Techniques relatifs aux conduits d'évacuation des fumées.

Les conduits maçonnés sont autoportants (aucun contact avec la structure) ou, dans le cas contraire, les éléments supportant le conduit

seront incombustibles (remplissage de trémie en béton ou écarteur métallique, par exemple).

Pour l'insertion dans une structure, une distance de sécurité entre la face externe du conduit et les matériaux combustibles avoisinants doit être respectée.

Cette distance de sécurité est déterminée en fonction de la résistance thermique ( $R_u$ ) de la paroi du conduit et de sa classe de température ( $T$ ) et varie entre 2 cm et 16 cm (cf. 9.4.8.) : « Traitement des jonctions avec les conduits de fumées ».

À noter que la norme NF DTU 24.1 recommande de ne pas isoler la partie non combustible faisant la liaison entre le conduit et les matériaux combustibles, aussi bien en traversée de plancher qu'en traversée de charpente de couverture.



## Fiche 7 – Principes de mise en œuvre de l'isolation thermique dans les combles aménagés : cas de l'isolation thermique des pieds-droits



**Il est important de respecter scrupuleusement les règles de l'art de mise en œuvre pour permettre d'atteindre dans l'ouvrage fini les performances déclarées et/ou certifiées des isolants.**

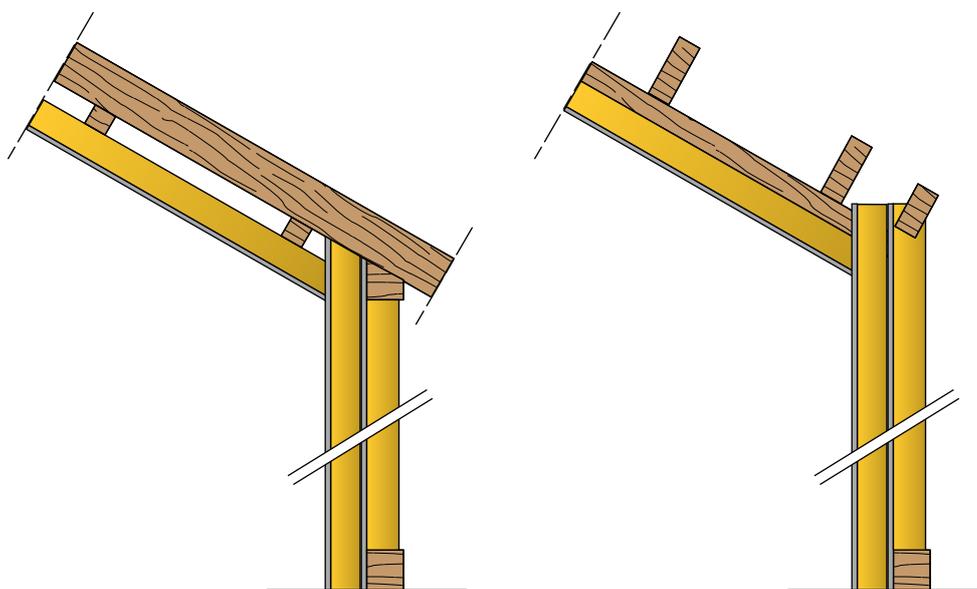
Cette fiche complète, lorsque nécessaire, les indications des fiches de procédé d'isolation des plafonds horizontaux et inclinés [FICHE 4], [FICHE 5] et [FICHE 6].

### Complexes d'isolation thermique (plaque-isolant) collés ou fixés mécaniquement

Le procédé est visé par la norme NF DTU 25.42 P1-1. Les principes de mise en œuvre des complexes en pied-droit sont décrits dans la [FICHE 8] concernant la pose de complexes par collage ou par fixation mécanique en paroi verticale.

### Sandwiches d'isolation thermique (plaque-isolant-plaque) fixés sur ossature bois

Le procédé est visé par la norme NF DTU 25.42 P1-1. La pose en pied-droit est décrite dans les [FICHE 6] et [FICHE 14] concernant les sandwichs de doublage plaques de plâtre isolant vissés sur ossature bois ou métal.



▲ Figure 75 : Exemple de mise en œuvre de sandwichs en applique en pied-droit



## **Contre-cloisons plaques de plâtre sur ossature bois ou métallique, avec isolant**

Selon les montages, les principes de mise en œuvre en pied-droit sont décrits dans les fiches de parois verticales suivantes :

- [FICHE 9] : panneaux et rouleaux de laine minérale avec parement plaques de plâtre sur ossature métallique verticale avec appuis intermédiaires clipsés en doublage de murs béton ou maçonnés ;
- [FICHE 10] : panneaux et rouleaux de laine minérale avec parement plaques de plâtre sur ossature métallique verticale sans appuis intermédiaires en doublage de murs béton ou maçonnés ;
- [FICHE 11] : panneaux et rouleaux de laine minérale avec parement plaques de plâtre sur ossature bois en doublage de murs béton ou maçonnés (DTU 25.41).

Le procédé de fixation des plaques de plâtre verticales sur ossature horizontale solidarifiée avec la charpente relève de la procédure d'Avis Techniques ou de DTA.

## **Contre-cloisons maçonnées (briques, blocs béton, béton cellulaire, carreaux de plâtre) avec isolant**

Les dispositions de mise en œuvre des contre-cloisons maçonnées en pied-droit sont décrites :

- soit dans les normes NF DTU les concernant :
  - NF DTU 20.13 : blocs de béton, éléments en béton cellulaire autoclavé, briques de terre cuite ;
  - NF DTU 25.31 : carreaux de plâtre ;
- soit dans des Avis Techniques ou des DTA.

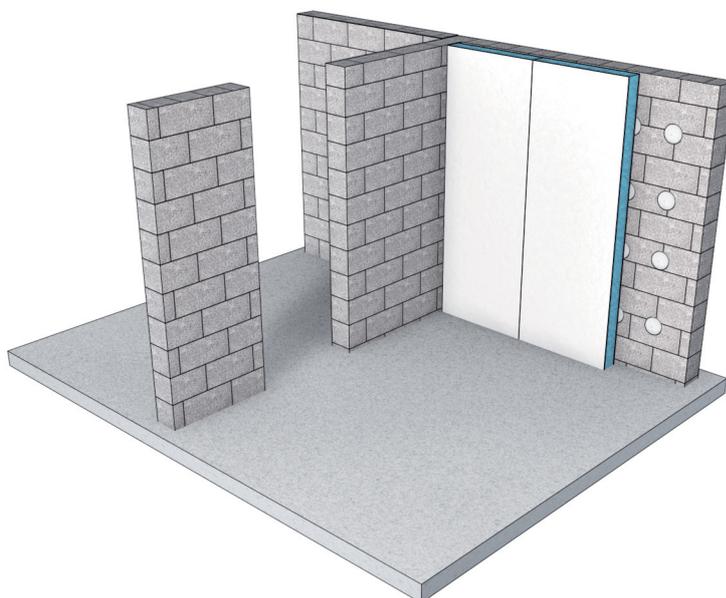
Ces procédés sont développés dans le guide RAGE 2012 « Isolation thermique par l'intérieur – Travaux neufs ».



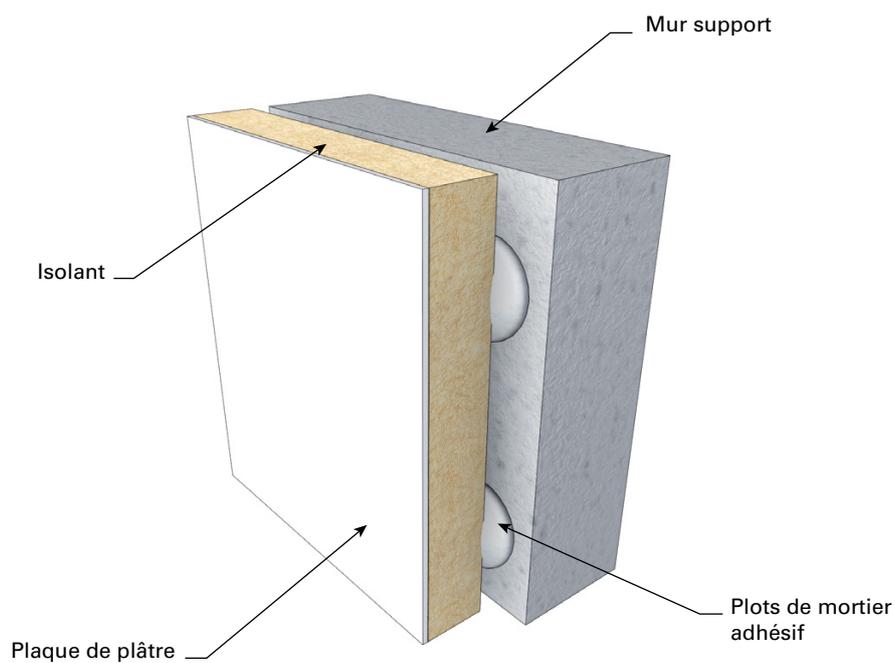
## Fiche 8 – Principes de mise en œuvre de l'isolation thermique des parois verticales : cas des complexes d'isolation thermique (plaque-isolant) collés ou fixés mécaniquement sur mur béton ou maçonné



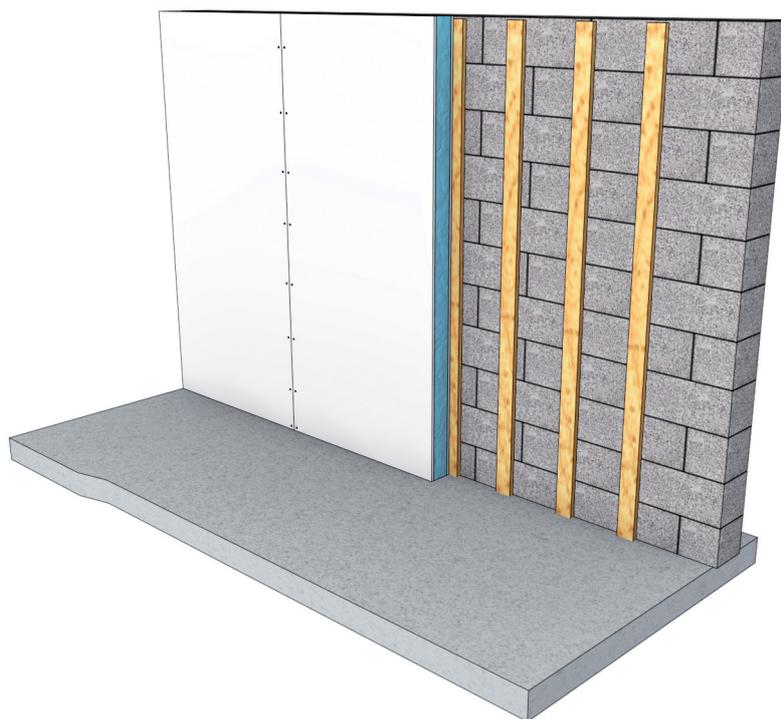
**Il est important de respecter scrupuleusement les règles de l'art de mise en œuvre pour permettre d'atteindre dans l'ouvrage fini les performances déclarées et/ou certifiées des isolants.**



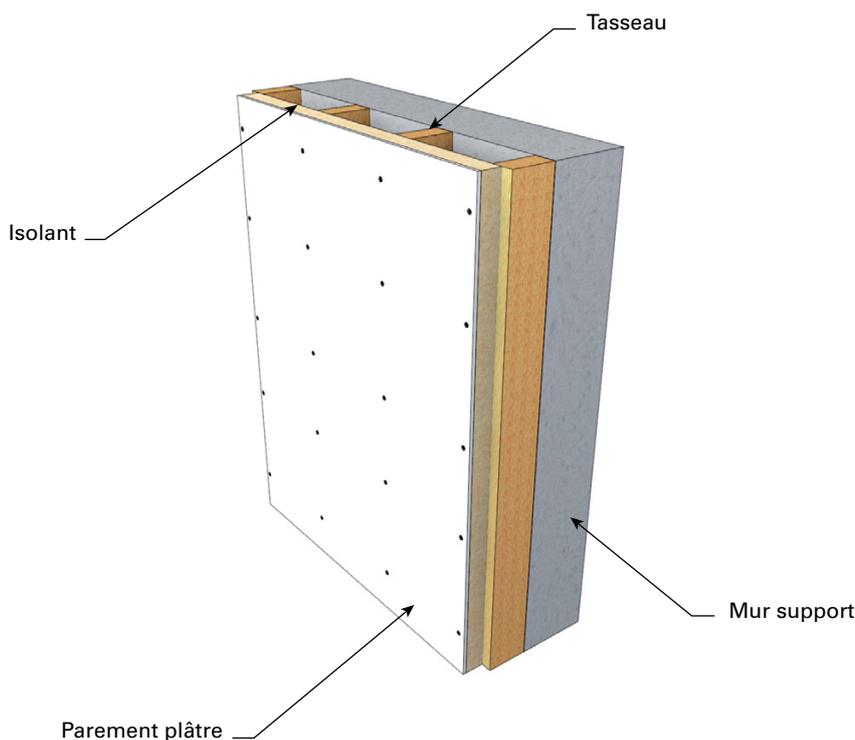
▲ Figure 76 : Pose collée de complexes de doublage plaques de plâtre et isolant : vue d'ensemble



▲ Figure 77 : Détail sur plots de mortier adhésif



▲ Figure 78 : Pose vissée sur ossature bois verticale de complexes de doublage plaques de plâtre et isolant



▲ Figure 79 : Exemple de détail d'implantation des vis de fixation

## Description succincte

Le doublage de mur est constitué de complexes d'isolation thermique (plaques-isolant) collés ou fixés mécaniquement sur une paroi support.

L'emploi de la fixation mécanique est limité aux complexes d'épaisseur inférieure ou égale à 80 mm.

L'entraxe maximal des ossatures verticales (pose parallèle) est de 0,40 m.

Les complexes sont obtenus par collage d'un panneau isolant sur une plaque de plâtre revêtue ou non d'un pare-vapeur.

Les isolants associés sont des laines minérales (verre ou roche), des polystyrènes expansés rigides ou élastifiés, des polystyrènes extrudés et du polyuréthane.

## Statut et référentiels des produits et du procédé

Le procédé est traditionnel et sa mise en œuvre est décrite dans la norme NF DTU 25.42 « Ouvrages de doublage et habillage en complexes et sandwichs plaques de plâtre et isolant »

Si les produits, la configuration ou la mise en œuvre diffèrent des dispositions décrites dans le DTU visé ci-dessus, ces produits font l'objet d'Avis Techniques.

Les constituants utilisés, les complexes, les enduits de traitements des joints et des vis sont visés par des normes et sont identifiables par un marquage CE ainsi que, pour la plupart d'entre eux, par des marques



de qualité (voir [ANNEXE E] : statut actuel des techniques d'isolation thermique par l'intérieur).

## Parements dans les locaux humides

Dans les locaux classés EB+ privés (salles de bains, douches), les plaques de plâtre doivent être de type H1 (plaques hydrofugées) et le traitement des joints réalisé à l'aide d'enduits hydrofugés. Les rebouchages sont réalisés avec des mortiers ou des enduits hydrofugés. À défaut de recours à des enduits hydrofugés, des protections à l'eau sous carrelage doivent être mises en œuvre dans les zones d'aspersion.

Excepté dans les locaux classés EA, le pied des complexes de doublage doit être protégé afin d'éviter les remontées capillaires.

Les dispositions constructives sont détaillées plus loin (cf. 9.4.4.)

Pour les autres locaux humides, des produits et des dispositions particulières sont à prévoir (cf. DTA).

## Valeurs tabulées des ponts thermiques intégrés

- Complexes collés : pas de ponts thermiques intégrés.
- Complexes vissés : ponts thermiques dus aux fixations par vissage sur tasseaux bois.

$\chi_{\text{fixation complexe}} (W / K)$	0,009
---	-------

▲ **Tableau 45** : Ponts thermiques intégrés de la paroi étudiée

## Exemples d'application

**Exemple 1 : complexe collé avec un parement intérieur en plaque de plâtre de 12,5 mm**

		Conductivité thermique de l'isolant (W/[m.K])					
		0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050
Épaisseur de l'isolant (mm)	80	3,25	2,72	2,34	2,05	1,83*	1,65*
	100	4,05	3,38	2,91	2,55	2,27	2,05
	120	4,85	4,05	3,48	3,05	2,72	2,45
	140	5,65	4,72	4,05	3,55	3,16	2,85

\* Ces valeurs de résistance thermique sont inférieures au seuil de 2 m<sup>2</sup>.K/W fixé par la RT par élément pour l'isolation thermique de murs sur local non chauffé.

▲ **Tableau 46** : Résistance thermique d'un complexe isolant collé

**Exemple 2 : complexe fixé mécaniquement tous les 30 cm sur tasseaux verticaux espacés de 0,40 m**

Hypothèses :

Entraxe des tasseaux bois verticaux	0,4 m
Densité des fixations ponctuelles (vis)	8,4 m <sup>2</sup>
Résistance thermique R du revêtement intérieur plaque BA13	0,05 m <sup>2</sup> .K/W

▲ **Tableau 47** : Hypothèses



		Conductivité thermique de l'isolant (W/[m.K])					
		0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050
Épaisseur de l'isolant (mm)	40	1,41*	1,20*	1,05*	0,93*	0,84*	0,77*
	60	1,99*	1,71*	1,50*	1,34*	1,20*	1,10*
	80	2,52	2,17	1,91*	1,71*	1,55*	1,41*

\* Ces valeurs de résistance thermique sont inférieures au seuil de 2 m<sup>2</sup>.K/W fixé par la RT par élément pour l'isolation thermique de murs sur local non chauffé.

▲ **Tableau 48** : Résistances thermiques d'un complexe isolant fixé mécaniquement (m<sup>2</sup>.K/W)

## Risques de condensation

Les complexes et sandwichs ont été classés en trois catégories P1, P2 et P3 en fonction de la perméance à la vapeur d'eau des produits.

Ce classement dépend :

- de la nature de l'isolant ;
- de l'épaisseur de l'isolant pour les isolants en plastique alvéolaire : polystyrène expansé, extrudé, mousse de polyuréthane ;
- de la présence ou non d'un pare-vapeur sur la plaque de plâtre.

## Destination des complexes marqués P1, P2 et P3 :

- Complexes marqués P1 : généralement destinés aux murs en maçonnerie ou en béton situés en dehors des zones très froides et dont la résistance thermique est supérieure ou égale à 0,086 m<sup>2</sup>.K/W).
- Complexes marqués P2 : généralement destinés aux murs en béton d'épaisseur inférieure à 15 cm et dont la résistance thermique est inférieure à 0,086 m<sup>2</sup>.K/W.
- Complexes avec pare-vapeur marqués P3 : destinés aux murs en maçonnerie ou en béton situés en zones très froides (température de base inférieure à - 15 °C ou par une altitude supérieure ou égale à 900 m) ou aux murs de locaux dont la destination rend nécessaire la présence d'un pare-vapeur (cf. norme NF DTU 25.42)

Le (Tableau 49) issu de l'article 4.5 « Condensations dans l'épaisseur — emploi des complexes et sandwichs dans les locaux » de la norme NF DTU 25.42 P1-1, définit le domaine d'emploi des complexes dans les locaux courants (habitation, bureaux, etc.), en fonction des risques de condensation. Pour les locaux à forte hygrométrie tels que certains locaux industriels, locaux sanitaires de collectivités, laverie, etc., on se réfère aux règles définies dans le DTU 20.1.

En l'absence de traitement dans ce tableau du cas particulier des parois intérieures séparant un local chauffé d'un local non chauffé, il est proposé d'admettre que des complexes marqués P2 conviennent lorsque le complexe est positionné du côté local chauffé.

Tableau 49 : Tableau d'emploi des complexes en fonction des risques de condensation (NF DTU 25.42 P1-1)

Référence	Épaisseur Isolant (en mm)	Marquage*	Pose	Supports neufs possibles Types de murs obtenus				Application sur murs anciens
				Maçonnerie NF DTU 20.1	Béton e <sup>3</sup> 15 cm NF DTU 23.1	Béton préfabriqué NF DTU 22.1	Pose en zones très froides	
complexe sans pare-vapeur	20 ≤ e ≤ **	P1	Collée sans cales	Oui type IIa	Non	Non	Non	Non
			Sur tasseaux ou collée avec cales	Oui type IIb	Non	Non	Oui sur tasseaux de classe d'emploi minimale 3a***	
Complexe sans pare-vapeur	** < e ≤ 120 *** < e ≤ 140	P2	Collée sans cales	Oui type IIa	Oui	Non	Non	
			Sur tasseaux ou collée avec cales	Oui type IIb	Oui	Non	Oui sur tasseaux de classe d'emploi minimale 3a***	
Complexe avec pare-vapeur	20 ≤ e ≤ 120 20 ≤ e ≤ 140	P3	Collée sans cales	Oui type IIa	Oui	Oui	Oui ou sur paroi revêtue d'enduit plâtre	
			Sur tasseaux ou collée avec cales	Oui type IIb	Oui	Oui	Oui ou sur paroi revêtue d'enduit au plâtre	

\* Classe de perméance : le marquage figure, sous forme codée, l'indication de la nature de l'isolant (cf. tableau informations utiles complémentaires figurant au verso du certificat CSTBat).

\*\* La limite d'épaisseur varie selon la nature et la perméance de l'isolant (cf. tableau informations utiles complémentaires figurant au verso du certificat CSTBat).

\*\*\* Les tasseaux bois doivent avoir une durabilité naturelle ou conférée compatible avec une classe d'emploi 3a selon le fascicule de documentation FDP 20-651. Les niveaux de durabilité naturelle des bois sont définie en fonction de leur essence, par la norme NF EN 350-2 (Exemple, douglas pugié d'aubier pour classe d'emploi 3a). Les traitements (bac, autoclave) des bois à durabilité conférée, doivent répondre à des exigences de pénétration et de rétention conformes aux prescriptions de la norme NF B 50-105-3.

**Note****Risques de condensation et de dégradation structurelle des abouts de planchers bois encastrés dans des murs extérieurs**

Le rapport « Recherche des risques de condensation dans les parois utilisant des systèmes d'isolation par l'intérieur » (étude RAGE) a mis en évidence que les risques de condensation sont limités lorsque :

- un diagnostic préalable et une évaluation de la situation hygrothermique du mur dans son état initial, composition, exposition, protection contre la pluie battante, taux d'humidité (absorption d'eau de pluie, remontées capillaires, fuites ou infiltrations d'eau etc.) ne montrent pas de pathologie,
- des lames d'air communicantes, avec l'air intérieur au droit des pénétrations des poutres, autour de la partie encastrée de la poutre, sont inexistantes afin d'éviter tout transport de vapeur d'eau vers les têtes de poutre,
- une protection efficace, du mur contre toutes sources d'humidité, existe,
- des infiltrations d'humidité, principalement d'eau de pluie, sont inexistantes.

Lors de l'utilisation d'un procédé d'isolation thermique par l'intérieur en laine d'origine minérale (verre ou roche) ou d'origine végétale (fibre de bois, chanvre, cellulose, etc.), il est indispensable d'insérer un pare vapeur entre l'isolant et le revêtement intérieur.

En effet, la résistance à la diffusion à la vapeur d'eau de l'isolant en fibre étant proche de la résistance de l'air à épaisseur équivalente, la paroi extérieure constitue de ce fait une barrière à la vapeur d'eau importante par rapport au reste du mur. Cette barrière mal positionnée peut accroître les risques de condensation à l'interface entre l'isolant et la structure.

En cas de doute, il est toujours recommandé de réaliser des simulations afin de vérifier qu'il n'y a pas de risque de pathologies.

**Étanchéité à l'air**

Le diagnostic ayant permis de recenser les défauts d'étanchéité à l'air de la paroi existante, il convient d'y remédier avant la mise en œuvre du complexe. On veillera particulièrement à l'étanchéité à l'air en pied des doublages, des traversées et des jonctions entre les menuiseries extérieures et la paroi à doubler.

Dispositions concernant l'étanchéité à l'air des complexes :

- jonction en tête (sous dalle et sous plafond plaques de plâtre) ;
- jonction en pied (sur sol brut et sur sol fini) ;
- jonction avec les menuiseries extérieures et les volets roulants ;
- passage de canalisations, boîtiers électriques.

Le passage des gaines et des canalisations électriques doit être effectué avant la pose du parement.

Ces dispositions sont détaillées au § « Liaisons et points singuliers à traiter » (cf. 9.4.).



## Isolation acoustique

L'installation de complexes thermo-acoustiques (avec isolant en laine minérale ou en polystyrène expansé élastifié) n'est pas susceptible de dégrader le confort acoustique des locaux. Dans la plupart des cas, ces complexes amélioreront l'isolement acoustique aux bruits aériens des parois existantes et réduiront les transmissions acoustiques latérales entre locaux juxtaposés ou superposés. *A contrario*, les complexes dont l'isolant est à base de mousse alvéolaire rigide (PU, PSE, XPS, etc.) pourront dégrader les transmissions latérales, donc l'isolement acoustique entre logements juxtaposés ou superposés.

La prise en compte de ces éléments est d'autant plus importante que les opérations de rénovation thermique incluent généralement le remplacement des menuiseries (coffre de volet roulant et entrée d'air inclus), améliorant par là même (quel que soit le complexe de doublage) l'isolement entre l'intérieur et l'extérieur du bâtiment. La diminution du niveau sonore venant de l'extérieur ainsi générée accentue la perception des bruits intérieurs qui auraient été initialement masqués par les bruits extérieurs. Il est donc recommandé de préconiser des complexes de doublage intérieur de type thermo-acoustique qui ne dégraderont pas l'isolement entre pièces et, si possible, l'amélioreront.

## Stabilité et durabilité

### Résistance aux chocs de corps mous

Tous les produits visés par la norme NF DTU 25.42 satisfont aux exigences requises pour les énergies de chocs de 60, 120 et 240 joules.

### Résistance aux chocs de corps durs

Les dispositions sont les suivantes :

- Applications courantes : plaques de plâtre de type A (standard) présentant un diamètre d'empreinte laissé par une bille d'acier de 500 g d'une hauteur de chute de 0,50 m : 20 mm maximum.
- Zones particulièrement exposées aux chocs durs (escaliers, dégagements, circulations communes, etc.) : plaques de plâtre de type I (plaques haute dureté) présentant un diamètre d'empreinte laissé par une bille d'acier de 500 g d'une hauteur de chute de 0,50 m : 15 mm maximum.

## Sécurité incendie

Le type et l'épaisseur des parements des complexes de doublage dépendent de la destination des bâtiments.

Les dispositions correspondantes sont définies :

- pour les bâtiments d'habitation dans le « Guide de l'isolation thermique par l'intérieur des bâtiments d'habitation du point de vue des risques en cas d'incendie » (*e-Cahiers du CSTB* n° 3231,



de juin 2000) ; la plaque de plâtre du complexe de doublage doit avoir une épaisseur minimale de 9,5 mm (BA10) quelle que soit la nature de l'isolant visé par le guide ;

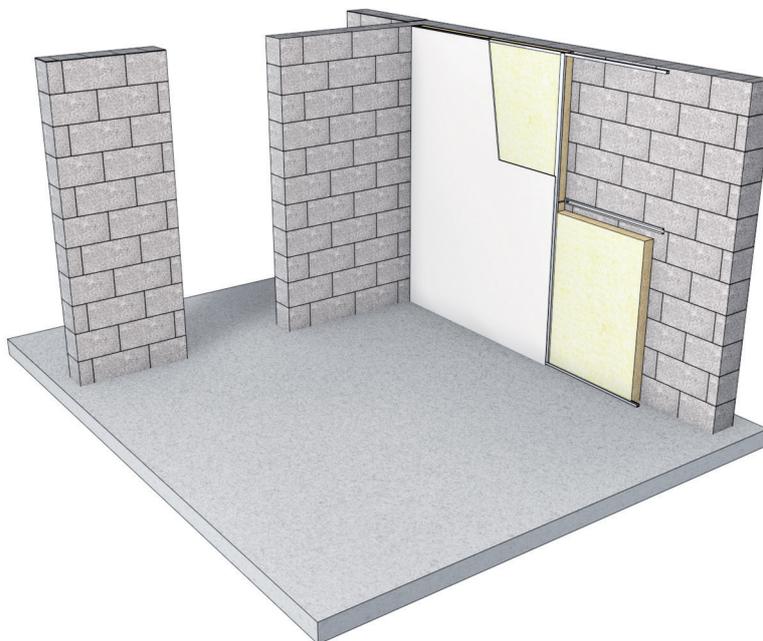
- pour les établissements recevant du public dans l'annexe II « Guide d'emploi des isolants combustibles dans les ERP » de l'article AM8 de l'arrêté du 6 octobre 2004. La plaque de plâtre du complexe de doublage doit avoir une épaisseur minimale de 12,5 mm (BA13) lorsque l'isolant associé est combustible (classement inférieur à A2, s2, d0, cas des isolants alvéolaires). De plus, la hauteur maximale des doublages à base d'isolant alvéolaire est limitée à 4 m et, en cas de superposition de panneaux, un tasseau bois interrompant la lame d'air doit être systématiquement disposé à la jonction entre les panneaux et être fixé mécaniquement au support.

Dans le cas de complexes de doublage en laine minérale (classement minimal A2, s2, d0), une épaisseur de plaque de plâtre de 9,5 mm suffit si une autre exigence que le comportement au feu ne requiert pas une épaisseur supérieure.

## Fiche 9 – Contre-cloisons avec parement en plaques de plâtre et panneaux ou rouleaux de laine minérale<sup>2</sup> sur ossature métallique avec appuis intermédiaires clipsés, en doublage de mur béton ou maçonné (NF DTU 25.41)

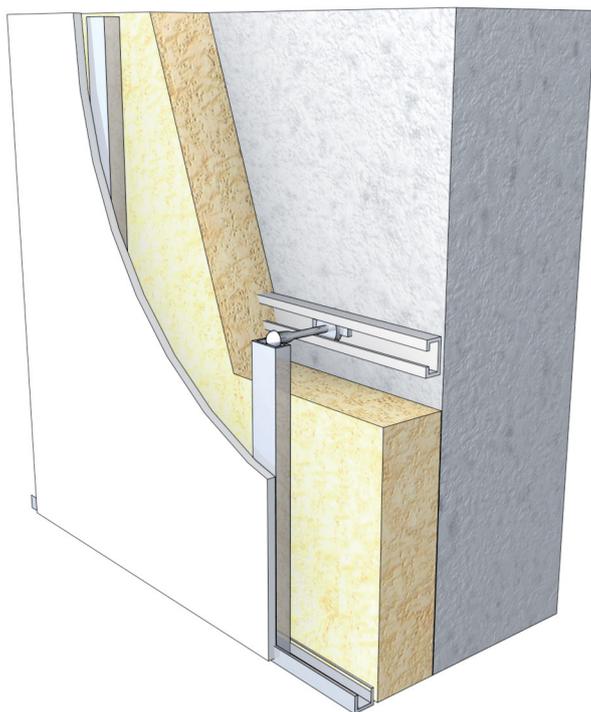


**Il est important de respecter scrupuleusement les règles de l'art de mise en œuvre pour permettre d'atteindre dans l'ouvrage fini les performances déclarées et/ou certifiées des isolants.**

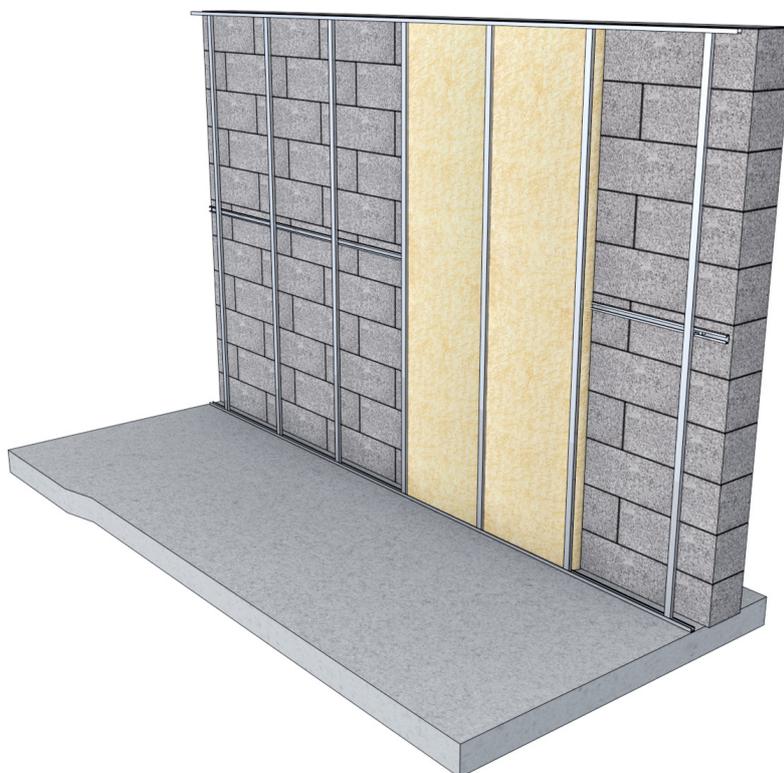


▲ **Figure 80** : Exemple de configuration de contre-cloison en plaques de plâtre sur fourrures métalliques verticales avec appuis intermédiaires (cas C, article 6.4 de la norme NF DTU 25.41)

■ <sup>2</sup> D'autres isolants peuvent être utilisés mais nécessitent une évaluation technique (DTA) ou une étude de faisabilité.



▲ Figure 82 : Détail au droit d'un appui intermédiaire



▲ Figure 83 : Ossature de la contre-cloison et isolant monocouche



## Description succincte

Ce procédé d'isolation thermique par l'intérieur consiste à mettre en œuvre sur la paroi verticale à doubler une couche d'isolant en panneaux rigides ou semi-rigides maintenus en place par l'ossature de la contre-cloison. Le parement est constitué d'une ou de deux plaques de plâtre vissées sur des fourrures métalliques verticales, emboîtées haut et bas sur des rails coulisses fixés sur le support et clipsés à mi-hauteur sur des appuis intermédiaires fixés sur la paroi à doubler. L'entraxe des fourrures est généralement de 0,60 m. Il est réduit à 0,40 m dans les pièces humides pour augmenter la raideur du doublage sous carrelage.

Si un pare-vapeur est nécessaire, celui est collé au dos de la plaque de plâtre ou déroulé sur l'ossature avant la fixation du parement.

Le panneau isolant, de type rigide ou semi-rigide, sera découpé à la hauteur de la paroi plus 1 cm, cette disposition permettant de maintenir légèrement comprimé l'isolant entre le sol et le plafond. L'isolant est ensuite embroché sur les appuis intermédiaires.

Il est admis une compression locale de l'isolant de 10 % maximum au droit des fourrures.

## Statut et référentiels des produits et du procédé

Le procédé est traditionnel et sa mise en œuvre est décrite dans la norme NF DTU 25.41 « Ouvrages en plaques de plâtre – Plaques à faces cartonnées » (configuration C de l'article 6.4.3) pour une hauteur maximale de 2,70 m et un domaine d'emploi limité aux locaux résidentiels ou assimilés (cas A).

Au-delà de cette hauteur, ou pour d'autres utilisations, les dispositions de mise en œuvre et les produits utilisés sont visés dans des DTA.

Les constituants utilisés, les éléments d'ossatures, les plaques de plâtre, les enduits de traitement des joints, les vis et les isolants sont visés par des normes et sont identifiables par un marquage CE ainsi que, pour la plupart d'entre eux, par des marques de qualité (voir [ANNEXE F]).

## Parements dans les locaux humides

Dans les locaux classés EB+ privés (salles de bains, douches), les plaques de plâtre doivent être de type H1 (plaques hydrofugées) et le traitement des joints réalisé à l'aide d'enduits hydrofugés. Les rebouchages sont réalisés avec des mortiers ou des enduits hydrofugés. À défaut de recours à des enduits hydrofugés, des protections à l'eau sous carrelage doivent être mises en œuvre dans les zones d'aspersion.

Excepté dans les locaux classés EA, le pied des contre-cloisons doit être protégé afin d'éviter les remontées capillaires.

Les dispositions constructives sont détaillées plus loin (cf. 9.4.).



Pour les autres locaux humides, des produits et des dispositions particulières sont à prévoir (cf. DTA).

## Valeurs tabulées des ponts thermiques intégrés

Épaisseur d'isolant (mm)		100	200
Fouiture verticale	$\psi_{rail}$ (W/[m.K])	0,005	0,002
Appui intermédiaire en acier	$\chi_{appui}$ (W/K)	0,04	0,03
Appui intermédiaire en plastique	$\chi_{appui}$ (W/K)	0,00	0,00

▲ **Tableau 50** : Ponts thermiques intégrés : procédé de plaque sur ossature (source : Th-Bât)

## Exemples d'application

### Exemple 1 : appuis intermédiaires en acier

Hypothèses :

Appuis en acier	
Pas de compression de l'isolant par les fourrures verticales	
Entraxe des rails et coulisses horizontaux	2,5 m
Densité d'appuis intermédiaires	1 m <sup>2</sup> (dans le cas d'entraxe de rails verticaux de 0,4 m) 0,67 m <sup>2</sup> (dans le cas d'entraxe de rails verticaux de 0,6 m)
Résistance thermique R du parement plaques de plâtre BA13	0,05 m <sup>2</sup> .K/W

Conductivité thermique utile de l'isolant (W/[m.K])		0,030		0,040		0,050	
		0,4 m	0,6 m	0,4 m	0,6 m	0,4 m	0,6 m
Épaisseur de l'isolant (mm)	80	2,51	2,62	1,98*	2,05*	1,65*	1,70*
	100	3,03	3,18	2,39	2,49	1,99*	2,06
	120	3,55	3,74	2,80	2,92	2,33	2,41
	140	4,06	4,29	3,21	3,36	2,66	2,77

\* Ces valeurs de résistance thermique sont inférieures au seuil de 2 m<sup>2</sup>.K/W fixé par la RT par élément pour l'isolation thermique de murs sur local non chauffé.

▲ **Tableau 51** : Résistances thermiques de la contre-cloison étudiée (m<sup>2</sup>.K/W)

### Exemple 2 : appuis intermédiaires en plastique

Hypothèses :

Appuis en plastique	
Cas avec et sans compression de l'isolant par les fourrures verticales d'épaisseur 28 mm	
Entraxe du rail des fourrures verticales	0,4 ou 0,6 m
Entraxe des rails coulisses horizontaux	2,5 m
Densité d'appuis	1 m <sup>2</sup> (dans le cas d'entraxe de rails verticaux de 0,4 m) 0,67 m <sup>2</sup> (dans le cas d'entraxe de rails verticaux de 0,6 m)
Résistance thermique R du parement plaques de plâtre BA13	0,05 m <sup>2</sup> .K/W

▲ **Tableau 52** : Hypothèses

Conductivité thermique utile de l'isolant (W/[m.K])		0,030		0,040		0,050	
		Sans compression	Avec compression par les rails verticaux**	Sans compression	Avec compression par les rails verticaux**	Sans compression	Avec compression par les rails verticaux**
Épaisseur de l'isolant (mm)	80	2,86	2,70	2,21	2,04	1,81*	1,64*
	100	3,52	3,36	2,70	2,54	2,21	2,04
	120	4,19	4,02	3,20	3,03	2,61	2,44
	140	4,85	4,68	3,70	3,53	3,00	2,84

\* Ces valeurs de résistance thermique sont inférieures au seuil de 2 m<sup>2</sup>.K/W fixé par la RT par élément pour l'isolation thermique de murs sur local non chauffé.  
 \*\* Les exemples sans compression sont valables quel que soit l'entraxe des rails verticaux. Les exemples avec compression sont valables pour un entraxe de rails verticaux de 0,6 m. La compression est égale à l'épaisseur des fourrures, soit 18 mm.

▲ **Tableau 53** : Résistances thermiques de la contre-cloison étudiée (m<sup>2</sup>.K/W)

### Risques de condensation (murs béton et murs maçonnés)

Les isolants visés étant classés non hydrophiles, tous les types de murs de façade sont compatibles avec ce procédé d'isolation thermique par l'intérieur, à savoir :

- murs en béton banché (DTU 23.1) de type I, II, III et IV en fonction de leur résistance à la pénétration de la pluie ;
- murs maçonnés (pierre, brique, blocs de béton) avec ou sans enduit extérieur (DTU 20.1) de type I, IIa, IIb, III et IV en fonction de leur résistance à la pénétration de la pluie.

**Note 1****Risques de condensation et de dégradation structurelle des abouts de planchers bois encastrés dans des murs extérieurs**

Le rapport « Recherche des risques de condensation dans les parois utilisant des systèmes d'isolation par l'intérieur » (étude RAGE) a mis en évidence que les risques de condensation sont limités lorsque :

- un diagnostic préalable et une évaluation de la situation hygrothermique du mur dans son état initial, composition, exposition, protection contre la pluie battante, taux d'humidité (absorption d'eau de pluie, remontées capillaires, fuites ou infiltrations d'eau etc.) ne montrent pas de pathologie,
- des lames d'air communicantes, avec l'air intérieur au droit des pénétrations des poutres, autour de la partie encastrée de la poutre, sont inexistantes afin d'éviter tout transport de vapeur d'eau vers les têtes de poutre,
- une protection efficace, du mur contre toutes sources d'humidité, existe,
- des infiltrations d'humidité, principalement d'eau de pluie, sont inexistantes.

Lors de l'utilisation d'un procédé d'isolation thermique par l'intérieur en laine d'origine minérale (verre ou roche) ou d'origine végétale (fibre de bois, chanvre, cellulose, etc.), il est indispensable d'insérer un pare vapeur entre l'isolant et le revêtement intérieur.

En effet, la résistance à la diffusion à la vapeur d'eau de l'isolant en fibre étant proche de la résistance de l'air à épaisseur équivalente, la paroi extérieure constitue de ce fait une barrière à la vapeur d'eau importante par rapport au reste du mur. Cette barrière mal positionnée peut accroître les risques de condensation à l'interface entre l'isolant et la structure.

En cas de doute, il est toujours recommandé de réaliser des simulations afin de vérifier qu'il n'y a pas de risque de pathologies.

**Note 2**

En cas d'emploi d'isolant hydrophile (isolants d'origine végétale), les DTA précisent les types de murs visés ainsi que les dispositions concernant le pare-vapeur.

**Étanchéité à l'air**

Le diagnostic ayant permis de recenser les défauts d'étanchéité à l'air de la paroi existante, il convient d'y remédier avant la mise en œuvre de l'isolant. On veillera particulièrement à l'étanchéité à l'air des traversées ainsi qu'au niveau des jonctions entre les menuiseries extérieures et la paroi à doubler.

Les dispositions à prendre concernant l'étanchéité à l'air des contrecloisons en plaques de plâtre concernent les points suivants :

- jonction en tête (sous plancher, sous plafond et rampant en plaques de plâtre) ;
- jonction en pied (sur sol brut et sur sol fini) ;
- incorporation d'équipements électriques ;
- jonction avec les menuiseries extérieures :
  - sur dormant bois existant,

- avec dépose totale pose feuillure,
- avec dépose totale pose ébrasement 1,
- avec dépose totale pose ébrasement 2 ;
- jonction avec menuiserie bois à recouvrement ;
- jonction avec les coffres de volets roulants ;
- incorporation d'équipements électriques.

Ces dispositions sont détaillées au § « Liaisons et points singuliers à traiter » (cf. 9.4.).

## Isolation acoustique

L'installation de contre-cloisons, avec appuis intermédiaires, en plaques de plâtre avec isolant en laine minérale n'est pas susceptible de dégrader le confort acoustique des locaux. Dans la plupart des cas, ces contre-cloisons amélioreront l'isolement acoustique aux bruits aériens des parois existantes et réduiront les transmissions acoustiques latérales entre locaux juxtaposés ou superposés. La performance acoustique de ces procédés sera d'autant plus importante que le parement sera lourd, que l'espace entre le mur et le parement sera important et que le nombre d'appuis intermédiaires sera faible (et/ou souple).

Il convient cependant de noter que l'amélioration de l'isolement acoustique des façades (principalement apporté par le remplacement des menuiseries) pourra, en réduisant le niveau des bruits extérieurs perçus dans un local, accentuer la perception des bruits intérieurs qui auraient été initialement masqués par les bruits extérieurs. L'aptitude de ces systèmes à diminuer les transmissions latérales pourra limiter cet effet sans toutefois le faire disparaître.

## Stabilité et durabilité

### Résistance aux chocs de corps mous

- Cas A : l'emploi dans des logements individuels (maisons individuelles, parties privatives des logements collectifs) et dans les bureaux dont les chocs d'occupation ne sont pas supérieurs à ceux des logements est autorisé jusqu'à une hauteur maximale de 2,70 m après fixation d'une fourrure horizontale à mi-hauteur de la paroi et à 1,35 m maximum du sol. L'entraxe des fourrures verticales est de 0,60 m maximum (DTU 25.41, art. 6.4.3.2).

Les autres configurations non visées dans la norme NF DTU 25.41 font l'objet de DTA auxquels il convient de se reporter.

- Attention pour le cas B : les emplois autres que ceux visés dans le cas A ne sont pas autorisés pour ce type de contre-cloisons. Ce domaine d'emploi nécessite des dispositions particulières qui sont visées dans les DTA auxquels il convient de se reporter (mise en place de feuillard, réduction des entraxes, etc.).



## Résistance aux chocs de corps durs

Les dispositions sont les suivantes :

- Applications courantes : plaques de plâtre de type A (diamètre d'empreinte laissé par une bille de 500 g d'une hauteur de chute de 0,50 m : 20 mm maximum).
- Zones particulièrement exposées aux chocs durs (escaliers, dégagements, circulations communes, etc.) : plaques de plâtre de type I (plaques haute dureté présentant un diamètre d'empreinte laissé par une bille d'acier de 500 g d'une hauteur de chute de 0,50 m : 15 mm maximum).

## Comportement aux pressions réparties (effets du vent)

La hauteur maximale des contre-cloisons visées par la norme NF DTU 25.41 tient compte des effets de pression due au vent dans les locaux visés par le cas A.

Au-delà de cette hauteur, ou pour d'autres applications, il convient de se reporter aux dispositions particulières définies dans les DTA concernés.

## Sécurité incendie

### Réaction au feu

Les isolants combustibles (mousses alvéolaires, isolants d'origine végétale ou animale) doivent être protégés du feu par des parements remplissant un rôle d'écran.

Dans les bâtiments d'habitation comme dans les établissements recevant du public (ERP), les parements en plaques de plâtre d'épaisseur 12,5 mm fixés sur ossature métallique conviennent (dispositions constructives du guide d'emploi des isolants combustibles dans les logements, *e-Cahiers du CSTB* n° 3231, juin 2000, et dispositions constructives, art. II-1.1.1. « Doublage des murs par l'intérieur » de l'annexe II « Guide d'emploi des isolants combustibles dans les ERP », article AM8 de l'arrêté du 6 octobre 2004).

Les isolants en laine minérale étant classés au moins A2, s2, d0 (ou M0), ils ne sont pas visés par les dispositions de ces guides.

Compte tenu de leur faible masse calorifique, les pare-vapeurs combustibles sont admis dans les contre-cloisons sans disposition particulière de protection.

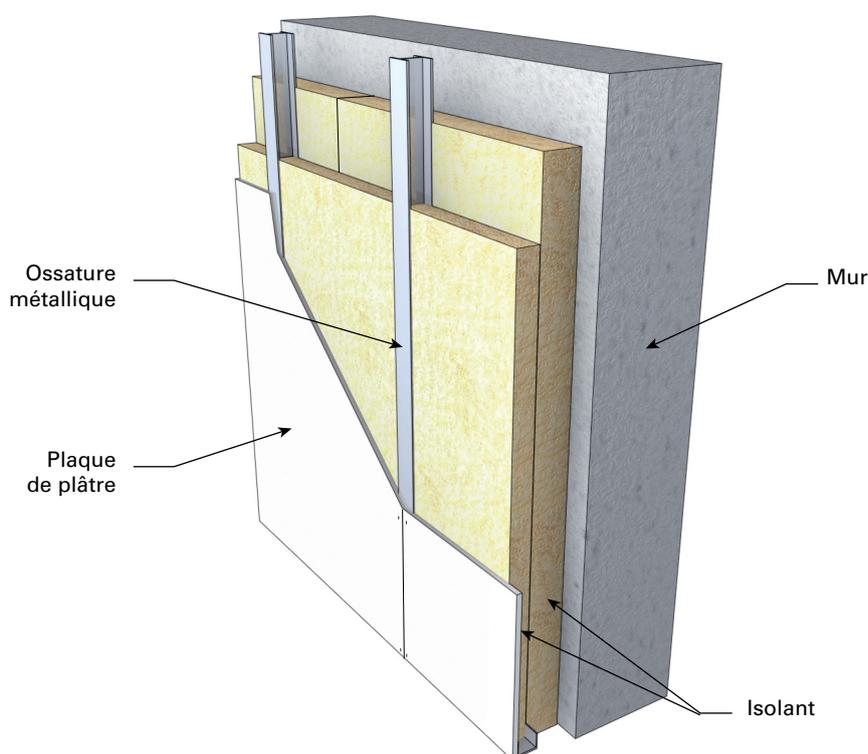
### Résistance au feu

Les contre-cloisons visées sont susceptibles d'améliorer la résistance au feu des parois. Il convient dans ce cas de se référer aux procès-verbaux de résistance au feu des parois doublées concernées et de respecter le descriptif des produits visés ainsi que les dispositions de mise en œuvre définies dans ces documents.

## Fiche 10 – Contre-cloisons avec parement plaques de plâtre et panneaux ou rouleaux de laine minérale<sup>3</sup>, sur ossature métallique sans appui intermédiaire, en doublage de mur béton ou maçonné (NF DTU 25.41)



Il est important de respecter scrupuleusement les règles de l'art de mise en œuvre pour permettre d'atteindre dans l'ouvrage fini les performances déclarées et/ou certifiées des isolants.



▲ Figure 84 : Exemple de configuration de doublage en plaques de plâtre sur ossature sans appui intermédiaire (configuration A, article 6.4.1 de la norme NF DTU 25.41)

### Description

Ce procédé d'isolation thermique par l'intérieur consiste à mettre en œuvre sur la paroi verticale à doubler une ou deux couches d'isolant en panneaux ou en rouleaux rigides ou semi-rigides maintenus en place par l'ossature de la contre-cloison.

Le parement de la contre-cloison est constitué d'une ou de deux plaques de plâtre vissées sur des montants métalliques verticaux, emboîtées haut et bas sur des rails métalliques fixés sur le support. Les montants peuvent être simples ou doubles. Leur entraxe est

■ 3 D'autres isolants peuvent être utilisés mais nécessitent une évaluation technique (Document technique d'application) ou une étude de faisabilité.



généralement de 0,60 m. Il est réduit à 0,40 m dans les pièces humides pour augmenter la raideur du parement sous carrelage.

Lorsque l'isolant est constitué d'une seule couche, celle-ci est disposée entre la paroi à doubler et l'ossature de la contre-cloison. Lorsque l'isolant est constitué de deux couches, la première est disposée contre la paroi et la seconde entre les montants.

Si un pare-vapeur est nécessaire, celui-ci est collé au dos de la plaque de plâtre ou mis en œuvre conformément aux dispositions particulières prévues dans le Document technique d'application.

L'isolant sera découpé à la hauteur de la paroi plus 1 cm, cette disposition permettant de maintenir légèrement comprimé l'isolant entre le sol et le plafond.

## Statut et référentiels des produits et du procédé

Le procédé est traditionnel et sa mise en œuvre est décrite dans la norme NF DTU 25.41 « Ouvrages en plaques de plâtre – Plaques à faces cartonnées » (configuration A, art. 6.4).

Si un produit (parement, ossature, isolant), une configuration ou une mise en œuvre différent des dispositions de cette norme, ils font l'objet d'Avis Techniques ou de DTA.

Les hauteurs limites des contre-cloisons avec montants sans appui intermédiaire sont données dans le tableau 54 ci-après pour un entraxe de montants de 0,60 m (extrait de la norme art. 6.4.1 NF DTU 25.41 tableau 14).

Montants	Désignation selon EN 14195	Inerties (cm <sup>4</sup> )	Configuration des montants disposés à entraxe 0,60 m	Hauteur maximale (m)
M 36/40	C 40/35/40	1,45	Simple	1,75
			Double	2,10
M 48/35	C 34/46/36	2,50	Simple	2,00
			Double	2,40
M 48/50	C 50/46/50	3,31	Simple	2,15
			Double	2,55
M 70/35	C 40/69/40	6,39	Simple	2,50
			Double	3,00
M 70/50	C 50/69/50	8,19	Simple	2,70
			Double	3,20
M 90/35	C 40/89/40	11,34	Simple	2,90
			Double	3,45
M 90/50	C 50/99/50	14,49	Simple	3,10
			Double	3,70
M 100/50	C 50/99/50	17,82	Simple	3,30
			Double	3,90

▲ Tableau 54 : Hauteurs maximales admissibles des contre-cloisons



L'annexe D de la norme NF DTU 25.41 précise les hypothèses et la méthode de calcul ayant permis d'établir le dimensionnement de ces contre-cloisons. Elle permet également de calculer les hauteurs maximales des contre-cloisons pour d'autres types de montants et d'autres entraxes.

Les constituants utilisés : éléments d'ossature, plaques de plâtre, enduits de traitements des joints, vis et isolants sont visés par des normes NF EN et sont identifiables par un marquage CE ainsi que, pour la plupart d'entre eux, par des marques de qualité (voir [ANNEXE F]).

## Parements dans les locaux humides

Dans les locaux classés EB+ privatifs (salles de bains, douches), les plaques de plâtre doivent être de type H1 (plaques hydrofugées) et le traitement des joints réalisé à l'aide d'enduits hydrofugés. Les rebouchages sont réalisés avec des mortiers ou des enduits hydrofugés. À défaut de recours à des enduits hydrofugés, des protections à l'eau sous carrelage doivent être mises en œuvre dans les zones d'aspersion.

Excepté dans les locaux classés EA, le pied des contre-cloisons doit être protégé afin d'éviter les remontées capillaires.

Les dispositions constructives sont détaillées plus loin (cf. 9.4.4.).

Pour les autres locaux humides, des produits et des dispositions particulières sont à prévoir (cf. DTA).

## Valeurs tabulées des ponts thermiques intégrés (cas des montants de 48 et 70)

Épaisseur de l'ossature (mm)	Épaisseur de l'isolant entre ossatures (mm)	Épaisseur d'isolant derrière les ossatures (mm)	Montant simple (W/(m.K))	Montant double (W/(m.K))
48	50	50	Non*	0,032
		110	Non*	0,012
70	70	50	0,027	0,042
		90	0,015	0,022

\* Disposition non retenue car la hauteur maximale qui en découle est inférieure à 2,40 m en entraxe 40 cm.

▲ Tableau 55 : Ponts thermiques intégrés de la contre-cloison étudiée

## Exemples d'application

### Exemple 1 : montants simples 70, entraxe 0,40 m, deux couches d'isolant

Hypothèses :

Épaisseur d'isolant	120 à 160 mm
Entraxe des montants, montants simples	0,40 m
Résistance thermique R du parement plaques de plâtre BA13	0,05 m <sup>2</sup> .K/W



Isolant		Conductivité thermique de l'isolant (W/(m.K))					
Épaisseur entre ossatures (mm)	Épaisseur derrière ossatures (mm)	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050
70	50	3,53	3,07	2,72	2,44	2,22	2,03
	70	4,15	3,61	3,19	2,86	2,60	2,38
	90	4,83	4,20	3,71	3,32	3,01	2,75

▲ Tableau 56 : Résistance thermique de la contre-cloison étudiée (m<sup>2</sup>.K/W)

### Exemple 2 : montants simples 70, entraxe 0,60 m, deux couches d'isolant

#### Hypothèses :

Épaisseur d'isolant	120 à 160 mm
Entraxe des montants, montants simples	0,60 m
Résistance thermique R du parement plaques de plâtre BA13	0,05 m <sup>2</sup> .K/W

Isolant		Conductivité thermique de l'isolant (W/(m.K))					
Épaisseur entre ossatures (mm)	Épaisseur derrière ossatures (mm)	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050
70	50	3,89	3,34	2,94	2,62	2,36	2,15
	70	4,55	3,92	3,44	3,06	2,76	2,52
	90	5,28	4,53	3,97	3,54	3,19	2,90

▲ Tableau 57 : Résistance thermique de la contre-cloison étudiée (m<sup>2</sup>.K/W)

### Exemple 3 : montants doubles 48 et 70, entraxe 0,40 m, deux couches d'isolant

#### Hypothèses :

Épaisseur d'isolant	100 à 160 mm
Entraxe des montants, montants doubles	0,40 m
Résistance thermique du parement plaques de plâtre BA13	0,05 m <sup>2</sup> .K/W

Isolant		Conductivité thermique de l'isolant (W/(m.K))					
Épaisseur d'isolant entre ossatures (mm)	Épaisseur d'isolant derrière ossatures (mm)	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050
50	50	2,96	2,57	2,28	2,04	1,85*	1,70*
	70	3,62	3,14	2,77	2,49	2,25	2,06
	90	4,39	3,79	3,34	2,98	2,70	2,46
	110	5,34	4,57	4,01	3,56	3,21	2,92
70	50	3,08	2,72	2,43	2,20	2,02	1,86*
	70	3,64	3,21	2,87	2,60	2,38	2,19
	90	4,29	3,77	3,37	3,04	2,78	2,55

\* Ces valeurs de résistance thermique sont inférieures au seuil de 2 m<sup>2</sup>.K/W fixé par la RT par élément pour l'isolation thermique de murs sur local non chauffé.

▲ Tableau 58 : Résistance thermique de la contre-cloison étudiée (m<sup>2</sup>.K/W)

**Exemple 4 : montant double, entraxe 0,60 m, deux couches d'isolant**

Hypothèses :

Épaisseur d'isolant	100 à 160 mm
Entraxe des ossatures verticales. Montants doubles	0,60 m
Résistance thermique R du parement BA13	0,05 m <sup>2</sup> .K/W

Isolant		Conductivité thermique de l'isolant (W/(m.K))					
Épaisseur entre ossatures (mm)	Épaisseur derrière ossatures (mm)	0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050
50	50	3,26	2,80	2,46	2,19	1,98*	1,80*
	70	3,96	3,40	2,98	2,65	2,39	2,18
	90	4,74	4,06	3,55	3,15	2,84	2,58
	110	5,66	4,82	4,19	3,71	3,33	3,02
70	50	3,51	3,06	2,71	2,43	2,21	2,02
	70	4,13	3,60	3,19	2,86	2,59	2,37
	90	4,83	4,20	3,71	3,32	3,01	2,75

\* Ces valeurs de résistance thermique sont inférieures au seuil de 2 m<sup>2</sup>.K/W fixé par la RT par élément pour l'isolation thermique de murs sur local non chauffé.

▲ **Tableau 59** : Résistance thermique de la contre-cloison étudiée (m<sup>2</sup>.K/W)**Risques de condensation**

Les isolants visés étant classés non hydrophiles, tous les types de murs de façade sont compatibles avec ce procédé d'isolation thermique par l'intérieur, à savoir :

- murs en béton banché (DTU 23.1) de type I, II, III et IV en fonction de leur résistance à la pénétration de la pluie ;
- murs maçonnés (pierre, brique, blocs de béton) avec ou sans enduit extérieur (DTU 20.1) de type I, IIa, IIb, III et IV en fonction de leur résistance à la pénétration de la pluie.

**Note 1****Risques de condensation et de dégradation structurelle des abouts de planchers bois encastrés dans des murs extérieurs**

Le rapport « Recherche des risques de condensation dans les parois utilisant des systèmes d'isolation par l'intérieur » (étude RAGE) a mis en évidence que les risques de condensation sont limités lorsque :

- un diagnostic préalable et une évaluation de la situation hygrothermique du mur dans son état initial, composition, exposition, protection contre la pluie battante, taux d'humidité (absorption d'eau de pluie, remontées capillaires, fuites ou infiltrations d'eau etc.) ne montrent pas de pathologie,
- des lames d'air communicantes, avec l'air intérieur au droit des pénétrations des poutres, autour de la partie encastrée de la poutre, sont inexistantes afin d'éviter tout transport de vapeur d'eau vers les têtes de poutre,
- une protection efficace, du mur contre toutes sources d'humidité, existe,
- des infiltrations d'humidité, principalement d'eau de pluie, sont inexistantes.

Lors de l'utilisation d'un procédé d'isolation thermique par l'intérieur en laine d'origine minérale (verre ou roche) ou d'origine végétale (fibre de bois, chanvre, cellulose, etc.), il est indispensable d'insérer un pare vapeur entre l'isolant et le revêtement intérieur.

En effet, la résistance à la diffusion à la vapeur d'eau de l'isolant en fibre étant proche de la résistance de l'air à épaisseur équivalente, la paroi extérieure constitue de ce fait une barrière à la vapeur d'eau importante par rapport au reste du mur. Cette barrière mal positionnée peut accroître les risques de condensation à l'interface entre l'isolant et la structure.

En cas de doute, il est toujours recommandé de réaliser des simulations afin de vérifier qu'il n'y a pas de risque de pathologies.

**Note 2**

En cas d'emploi d'isolant hydrophile (isolants d'origine végétale), les Avis Techniques précisent les types de murs visés.

**Étanchéité à l'air**

Le diagnostic ayant permis de recenser les défauts d'étanchéité à l'air de la paroi existante, il convient d'y remédier avant la mise en œuvre de l'isolant. On veillera particulièrement à l'étanchéité à l'air des traversées ainsi qu'au niveau des jonctions entre les menuiseries extérieures et la paroi à doubler.

Les dispositions à prendre concernant l'étanchéité à l'air des contre-cloisons en plaques de plâtre concernent les points suivants :

- jonction en tête (sous plancher, sous plafond et rampant en plaques de plâtre) ;
- jonction en pied (sur sol brut et sur sol fini) ;
- incorporations d'équipements électriques ;
- jonction avec les menuiseries extérieures :
  - sur dormant bois existant ;
  - avec dépose totale pose feuillure ;

- avec dépose totale pose ébrasement 1 ;
- avec dépose totale pose ébrasement 2.
- jonction avec menuiserie bois à recouvrement ;
- jonction avec les coffres de volets roulants ;
- incorporations d'équipements électriques.

Ces dispositions sont détaillées au § « Liaisons et points singuliers à traiter » (cf. 9.4.).

## Isolation acoustique

L'installation de contre-cloisons, avec appuis intermédiaires, en plaques de plâtre avec isolant en laine minérale n'est pas susceptible de dégrader le confort acoustique des locaux. Dans la plupart des cas, ces contre-cloisons amélioreront l'isolement acoustique aux bruits aériens des parois existantes et réduiront les transmissions acoustiques latérales entre locaux juxtaposés ou superposés. La performance acoustique de ces procédés sera d'autant plus importante que le parement sera lourd, que l'espace entre le mur et le parement sera important et que le nombre de fixations sera faible et/ou souple.

Il convient cependant de noter que l'amélioration de l'isolement acoustique des façades (principalement apporté par le remplacement des menuiseries) pourra, en réduisant le niveau des bruits extérieurs perçus dans un local, accentuer la perception des bruits intérieurs qui auraient été initialement masqués par les bruits extérieurs. L'aptitude de ces systèmes à diminuer les transmissions latérales pourra limiter cet effet sans toutefois le faire disparaître.

## Stabilité et durabilité

### Résistance aux chocs de corps mous

Le domaine d'emploi est résumé dans le (Tableau 60) ci-après. Il dépend de la constitution de la contre-cloison.

Exposition aux chocs des locaux	Constitution des contre-cloisons		Hauteur maximale
	Parement	Ossature	
<b>Cas A</b> Emploi dans des logements individuels (maisons individuelles, parties privatives des logements collectifs) et dans les bureaux dont les chocs d'occupation ne sont pas supérieurs à ceux des logements	1 plaque BA13 ou 1 plaque BA15	Montants simples ou doubles sans appui intermédiaire sur le support	3,90 m (avec montants M100 doublés tous les 0,60 m) (art. 6.4.1 du DTU 25.41 P1-1)
		Montants simples ou doubles avec appui intermédiaire sur le support	6,00 m (avec montants à entraxe de 0,60 m et appuis à entraxe maximal de 1,50 m) (art. 6.4.2 du DTU 25.41 P1-1)
<b>Cas B</b> Emplois autres que ceux visés dans le cas A	1 plaque BA18 ou 2 plaques BA13 ou 2 plaques BA15	Montants simples ou doubles sans appui intermédiaire sur le support	3,90 m (avec montants M100 doublés tous les 0,60 m) (art. 6.4.1 du DTU 25.41 P1-1)

▲ Tableau 60 : Exposition aux chocs de corps mous des contre-cloisons à ossature métallique



## Résistance aux chocs de corps durs

Les dispositions sont les suivantes :

- **Applications courantes** : plaques de plâtre de type A (diamètre d'empreinte laissée par une bille de 500 g d'une hauteur de chute de 0,50 m : 20 mm maximum).
- **Zones particulièrement exposées aux chocs durs** (escaliers, dégagements, circulations communes, etc.) : plaques de plâtre de type I (plaques haute dureté : diamètre d'empreinte laissée par une bille de 500 g d'une hauteur de chute de 0,50 m : 15 mm maximum).

## Comportement aux pressions réparties (effets du vent)

La hauteur maximale des contre-cloisons visées par la norme NF DTU 25.41 et reprise dans le (Tableau 54) tient compte des effets de pression due au vent dans les locaux visés par ce même DTU.

Au-delà de cette hauteur, ou pour d'autres applications, il convient de se reporter aux dispositions particulières définies dans les DTA concernés.

## Sécurité incendie

### Réaction au feu

Les isolants combustibles (mousses alvéolaires, isolants d'origine végétale ou animale) doivent être protégés du feu par des parements remplissant un rôle d'écran.

Dans les bâtiments d'habitation comme dans les établissements recevant du public (ERP), les parements en plaques de plâtre d'épaisseur 12,5 mm fixés sur ossature métallique conviennent (dispositions constructives du guide d'emploi des isolants combustibles dans les logements, *e-Cahiers du CSTB* n° 3231, juin 2000, et dispositions constructives, art. II-1.1.1. Doublage des murs par l'intérieur, de l'annexe II « Guide d'emploi des isolants combustibles dans les ERP », article AM8 de l'arrêté du 6 octobre 2004).

Les isolants en laine minérale étant classés au moins A2, s2, d0 (ou M0), ils ne sont pas visés par les dispositions de ces guides.

Compte tenu de leur faible masse calorifique, les pare-vapeurs combustibles sont admis dans les contre-cloisons sans disposition particulière de protection.

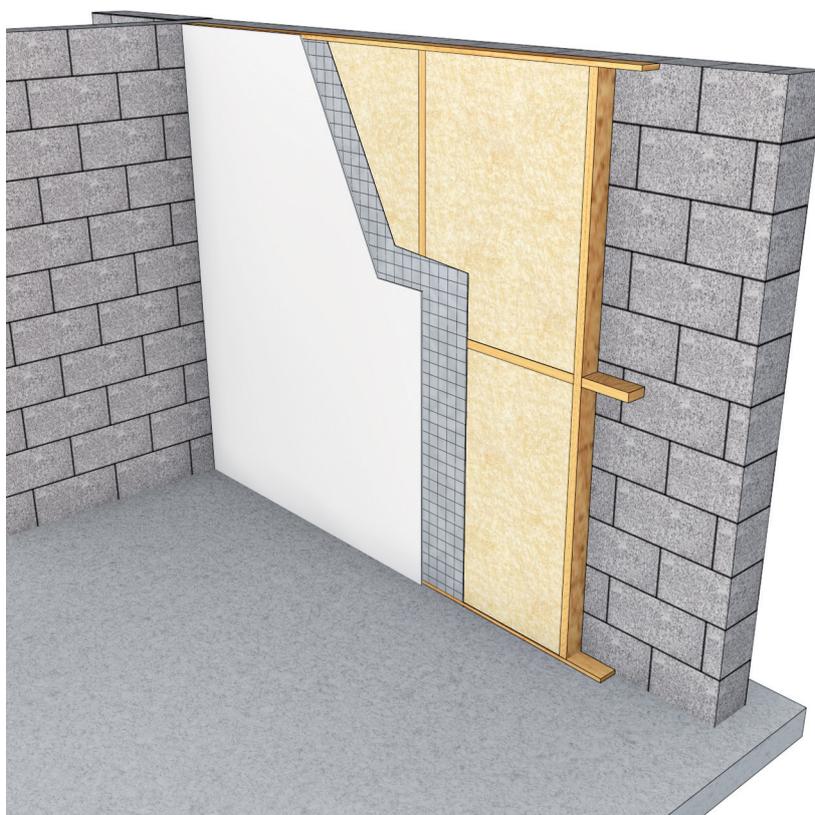
### Résistance au feu

Les contre-cloisons visées sont susceptibles d'améliorer la résistance au feu des parois. Il convient dans ce cas de se référer aux procès-verbaux de résistance au feu des parois doublées concernées, de n'utiliser que les produits visés et de respecter les dispositions de mise œuvre définies dans ces documents.

## Fiche 11 – Contre-cloisons avec parement plaques de plâtre et panneaux ou rouleaux de laine minérale<sup>4</sup>, sur ossature bois, en doublage de mur béton ou maçonné



**Il est important de respecter scrupuleusement les règles de l'art de mise en œuvre pour permettre d'atteindre dans l'ouvrage fini les performances déclarées et/ou certifiées des isolants. À la date de publication de ce guide, cette technique n'est pas visée dans la norme NF DTU 25.41. Une révision de cette norme est programmée.**



▲ **Figure 85** : Contre-cloison en plaques de plâtre sur ossature bois avec une seule couche d'isolant entre les ossatures

■ <sup>4</sup> D'autres isolants peuvent être utilisés mais nécessitent une évaluation technique (Document technique d'application) ou une étude de faisabilité.



▲ Figure 86 : Contre-cloison en plaques de plâtre sur ossature bois avec deux couches d'isolant, l'une derrière l'ossature et l'autre entre les ossatures

## Description

Ce procédé d'isolation thermique par l'intérieur consiste à mettre en œuvre sur la paroi verticale à doubler un isolant en panneaux ou en rouleaux rigides ou semi-rigides maintenu en place par l'ossature bois de la contre-cloison. Cette mise en œuvre n'est pas visée par la norme NF DTU 25.41.

L'ossature bois est totalement désolidarisée de la paroi à doubler. Lorsque l'isolant ne comporte qu'une seule couche, il est disposé entre les montants de la contre-cloison. Lorsqu'il comporte deux couches, la première couche est filante sur la paroi porteuse et la seconde est disposée entre montants.

Pour les isolants insérés entre montants, les éléments de structure en bois sont rabotés et ne doivent pas présenter de singularités et de déformations trop importantes de manière à éviter toute discontinuité de contact avec les isolants.

Le parement de la contre-cloison est constitué d'une ou de deux plaques de plâtre vissées sur des montants bois verticaux, assemblés haut et bas par des équerres de liaison sur des lisses bois fixés sur le support. L'entraxe des montants est le plus souvent de 0,60 m. Il est réduit à 0,40 m dans les pièces humides pour augmenter la raideur du parement sous carrelage.

Un pare-vapeur est nécessaire pour la mise en œuvre de ce procédé. Il est soit collé au dos de la plaque de plâtre, soit indépendant et mis

en œuvre de manière continue (agrafage sur l'ossature) conformément aux dispositions particulières prévues dans l'Avis Technique ou le DTA dont il relève.

### Note 1

D'autres parements (plaque de plâtre armée de fibres conforme à la norme NF EN 15283-2, par exemple) et/ou d'autres types de fixation (agrafage, par exemple) peuvent être mis en œuvre sur ossature bois. Se référer aux Avis Techniques ou DTA de ces procédés.

### Note 2

Dans le cas de revêtement intérieur en bois (panneau-lambris), la mise en œuvre est définie dans la norme DTU 36.1, puis, suite à sa publication, la norme NF DTU 36.2. Ce type de mise en œuvre est obligatoirement associé à un pare-vapeur continu fixé sur l'ossature et à la réalisation d'un vide technique ménagé par les tasseaux supports du revêtement.

Les tolérances sur les singularités et les déformations résiduelles après assemblage des éléments d'ossature sont répertoriées dans le tableau 62 ci-après. Ces valeurs sont issues de la classe ST-I de la norme NF B 52-001, avec un renforcement tenant compte de la liaison ossature-isolant.

Singularité	Critère
Flache	Non admis
Flèche de face	Inférieure à 5 mm/2 m
Flèche de rive	Inférieure à 4 mm/2 m
Gauchissement	Inférieure à 4 % de la largeur
Tuilage	Inférieure à 4 % de la largeur

▲ Tableau 61 : Tolérances sur les singularités et les déformations résiduelles

### Note 1

Ces déformations sont mesurées conformément à la norme NF EN 1310.

### Note 2

Les arêtes cassées ou arrondies avec un rayon de moins de 3 mm ne sont pas considérées comme du flache.

L'épaisseur maximale de l'isolant correspond à la largeur des éléments supports et les largeurs-longueurs sont découpées aux dimensions de la cavité augmentées de 5 mm avec une tolérance de 0 à +5 mm de manière à réaliser un contact continu entre l'ossature et l'isolant sur toute la périphérie.

À l'intérieur d'une cavité, les isolants peuvent être disposés en plusieurs morceaux uniquement sur la hauteur et en veillant à ne créer aucune discontinuité dans la mise en œuvre.

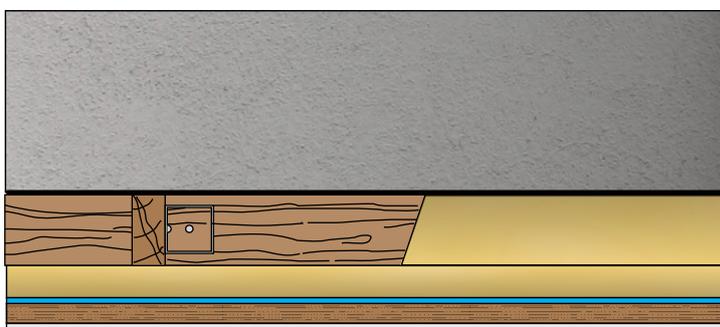


Pour les isolants en couche filante sur la paroi porteuse, ces derniers sont insérés après montage de l'ossature. Ils sont positionnés à joints décalés afin d'assurer leur maintien par les montants de la contre-cloison et sont en butée au sol et au plafond.

L'épaisseur maximale correspond à la largeur libre laissée entre la paroi porteuse et la contre-cloison augmentée de 5 mm avec une tolérance de 0 à +5 mm sur cette surcote.

La fixation mécanique des lisses hautes et basses de la contre-cloison est assurée par des chevilles dont la nature est à adapter en fonction du support.

Les montants sont fixés en partie basse et haute sur les lisses *via* des équerres de liaison, à un entraxe de 60 cm maximum.



▲ Figure 87 : Fixation des montants bois sur les lisses hautes et basses

Ils ont une largeur minimale de 35 mm (exigence minimale d'appui pour les plaques de plâtre). Au niveau des jonctions de plaques, la largeur minimale doit être de 45 mm. La fixation des plaques de plâtre est conforme aux prescriptions de la norme NF DTU 25.41.

### Note

Il convient d'utiliser des vis conformes aux spécifications de la norme NF DTU 25.41 P1-2 (CGM) de longueur égale à l'épaisseur totale des plaques à fixer augmentée d'au moins 20 mm.

Les bois utilisés doivent répondre aux spécifications suivantes :

- bois massif : norme NF EN 14081 ;
- bois massif abouté (BMA) : norme Pr EN 15497 ;
- classe mécanique C18 ou D18 minimum selon la norme en 338 ;
- durabilité naturelle ou conférée compatible avec une utilisation en classe d'emploi 2 selon la norme FD P 20-651 ;
- humidité des bois < à 18 % lors de la mise en œuvre. Le taux d'humidité des éléments est déterminé selon les méthodes décrites par les normes NF EN 13183-1 à -3.

Les sections des montants sont à adapter en fonction :

- du dimensionnement des ossatures (fonction de la hauteur de la contre-cloison) ;



- du nombre de couches d'isolant et de l'épaisseur de l'isolant à mettre en œuvre pour ne pas générer de déformation du revêtement.

A minima, les sections employées sont les suivantes : largeur : 45 mm/épaisseur : 70 mm.

Les chevilles sont généralement métalliques pour les matériaux pleins et synthétiques ou métalliques pour les supports creux.

Afin de s'affranchir d'une vérification, il est conseillé d'utiliser des chevilles métalliques faisant l'objet d'une évaluation technique européenne (ETE) selon l'EAD (anciennement ETAG 001) ou des chevilles plastiques faisant l'objet d'une évaluation technique européenne (ETE) selon l'EAD (anciennement ETAG 020).

Dans le cas d'un support bois, les lisses seront fixées avec des vis dans les supports.

Les équerres utilisées pour assurer la liaison lisse-montant doivent bénéficier d'une évaluation technique européenne (ETE) selon l'EAD (anciennement ETAG 015). Leur fixation est assurée par pointes non lisses (annelées, crantées) de dimensions minimales  $\varnothing 4 \times 35$  mm.

## Dimensionnement des montants d'ossature

Comme pour les contre-cloisons sur ossature métallique visées par la norme NF DTU 25.41 P1-1, les hauteurs sont calculées en tenant compte des seules caractéristiques mécaniques (inertie et module d'Young) de l'ossature bois, d'une pression de vent forfaitaire égale à  $\pm 20$  daN/m<sup>2</sup> et d'une flèche isostatique de 5 mm.

Le calcul de dimensionnement de l'ossature est réalisé conformément à l'Eurocode 5 avec les valeurs normatives de module d'Young.

Montants bois à entraxe 60 cm			
Montants		Inertie (cm <sup>4</sup> )	Hauteur (m)
Largeur (mm)	Épaisseur (mm)		
45	70	128,63	2,50
45	95	321,52	3,10
45	120	648,00	3,65
45	145	1143,23	4,25

▲ Tableau 62 : Hauteur maximale des contre-cloisons (entraxe 60 cm)

Montants bois à entraxe 40 cm			
Montants		Inertie (cm <sup>4</sup> )	Hauteur (m)
Largeur (mm)	Épaisseur (mm)		
45	70	128,63	2,70
45	95	321,52	3,40
45	120	648,00	4,05
45	145	1143,23	4,70

▲ Tableau 63 : Hauteur maximale des contre-cloisons (entraxe 40 cm)



## Statut et référentiels des produits et du procédé

Ce procédé de contre-cloison n'est pas visé actuellement par la norme NF DTU 25.41.

Les compléments apportés ci-après montrent que les performances obtenues sont compatibles avec les exigences existantes de la norme NF DTU 25.41.

Cette solution peut donc à terme être intégrée dans la norme NF DTU 25.41.

Par ailleurs, si un ou plusieurs des composants (parement, isolant, etc.), si la mise en œuvre (mode de fixation, par exemple) ou le domaine d'emploi diffèrent des dispositions décrites pour ce procédé, ils font l'objet d'Avis Techniques ou de DTA.

## Valeurs tabulées des ponts thermiques intégrés

### Isolation en une couche disposée entre montants

Épaisseur d'isolant (mm)		70	145
Isolation en une couche entre montants $\psi_{\text{montant}}$ (W/[m.K])	Montant de largeur 45 mm	0,053	0,033

▲ Tableau 64 : Ponts thermiques intégrés de la contre-cloison étudiée

### Isolation en deux couches disposées l'une entre montants, l'autre derrière les montants

Dimensions du montant (mm <sup>2</sup> )	45 x 70	45 x 70	45 x 70	45 x 95	45 x 100
Épaisseur d'isolant entre montants (mm)	70	70	70	60	100
Épaisseur d'isolant derrière les montants (mm)	30	50	75	85	60
Épaisseur totale d'isolation (mm)	100	120	145	145	160
$\psi_{\text{montant}}$ (W/[m.K])	0,021	0,014	0,010	0,012	0,013

▲ Tableau 65 : Ponts thermiques intégrés de la contre-cloison étudiée

## Exemples d'application

### Exemple 1 : isolation en une couche disposée entre montants

Hypothèses :

Épaisseur d'isolant entre les montants	70 à 145 mm
Montants bois section 45 x 70. Disposition montants simples, entraxe	0,60 m
Résistance thermique R du parement plaques de plâtre BA13	0,05 m <sup>2</sup> .K/W

▲ Tableau 66 : Hypothèses



		Conductivité thermique de l'isolant (W/(m.K))				
		0,030	0,035	0,040	0,045	0,050
Épaisseur de l'isolant entre les ossatures (mm)	70	1,99*	1,78*	1,60*	1,47*	1,35*
	80	2,23	1,99*	1,79*	1,64*	1,51*
	100	2,70	2,41	2,18	1,99*	1,83*
	120	3,19	2,85	2,57	2,35	2,16
	145	3,85	3,42	3,09	2,82	2,59

\* Ces valeurs de résistance thermique sont inférieures au seuil de 2 m<sup>2</sup>.K/W fixé par la RT par élément pour l'isolation thermique de murs sur local non chauffé.

▲ **Tableau 67** : Résistances thermiques de la contre-cloison étudiée

## Exemple 2 : isolation en deux couches disposées l'une entre montants, l'autre derrière les montants

### Hypothèses :

Épaisseur totale d'isolant, disposé en deux couches l'une entre les montants, l'autre derrière les montants	100 à 160 mm
Entraxe des montants. Montants simples	0,60 m
Résistance thermique R du parement plaques de plâtre BA13	0,05 m <sup>2</sup> .K/W

▲ **Tableau 68** : Hypothèses

Épaisseur d'isolant derrière montants (mm)	Épaisseur d'isolant entre montants (mm)	Dimensions des montants (mm <sup>2</sup> )	Conductivité thermique utile de l'isolant (W/[m.K])				
			0,030	0,035	0,040	0,045	0,050
30	70	45 x 70	3,11	2,74	2,45	2,21	2,03
50	70	45 x 70	3,80	3,32	2,96	2,67	2,44
75	70	45 x 70	4,64	4,05	3,59	3,24	2,95
60	85	45 x 95	4,53	3,96	3,53	3,18	2,90
60	100	45 x 100	4,90	4,29	3,82	3,45	3,15

▲ **Tableau 69** : Résistances thermiques de la contre-cloison étudiée (m<sup>2</sup>.K/W)

## Risques de condensation

Les isolants visés (laine minérale) étant classés non hydrophiles, tous les types de murs de façade sont compatibles avec ce procédé d'isolation thermique par l'intérieur, à savoir :

- murs en béton banché (DTU 23.1) de type I, II, III et IV en fonction de leur résistance à la pénétration de la pluie ;
- murs maçonnés (pierre, brique, blocs de béton) avec ou sans enduit extérieur (DTU 20.1) de type I, IIa, IIb, III et IV en fonction de leur résistance à la pénétration de la pluie ;
- murs à ossature bois (DTU 31.2).

### Note

En cas d'emploi d'isolant hydrophile (isolants d'origine végétale), les DTA précisent les types de murs visés.



## Insertion d'un pare-vapeur

La mise en œuvre d'un pare-vapeur côté chaud est obligatoire. La valeur de la résistance à la diffusion de vapeur de ce dernier doit être déterminée conformément aux prescriptions (cf. 8.2.).

Il peut être pré-collé au dos des plaques de plâtre ou mis en œuvre de manière continue par agrafage sur l'ossature. Dans ce dernier cas, il est mis en œuvre conformément aux dispositions particulières prévues dans l'Avis Technique ou le DTA dont il relève.

Le traitement des jonctions entre les lés, des jonctions périphériques et des traversées sera réalisé conformément aux dispositions de l'Avis Technique ou DTA du procédé concerné.

## Étanchéité à l'air

Le diagnostic ayant permis de recenser les défauts d'étanchéité à l'air de la paroi existante, il convient d'y remédier avant mise en œuvre de l'isolant. On veillera particulièrement à l'étanchéité à l'air des traversées et des jonctions entre les menuiseries extérieures et la paroi à doubler.

Dispositions concernant l'étanchéité à l'air des contre-cloisons en plaques de plâtre :

- jonction en tête (sous dalle et sous plafond plaques de plâtre) ;
- jonction en pied (sur sol brut et sur sol fini) ;
- jonction avec les menuiseries extérieures et les volets roulants ;
- incorporations d'équipements électriques.

### Note

L'étanchéité à l'air en pied de contre-cloison est assurée sous les lisses basses par interposition d'un ruban de mousse imprégnée pré-comprimée ou par deux cordons de mastic.

Une protection du pied de contre cloison contre les risques d'humification doit être également mise en place entre les lisses basse et le plancher support (feuille plastique ou élastomère) afin d'éviter tout contact direct de l'eau avec ces lisses bois (reprise d'humidité tant en phase chantier que durant la vie de l'ouvrage).

Ces dispositions sont détaillées au § « Liaisons et points singuliers à traiter » (cf. 9.4.).

## Parements dans les locaux humides

Dans les locaux classés EB+ privés (salles de bains, douches), les plaques de plâtre doivent être de type H1 (plaques hydrofugées) et le traitement des joints réalisé à l'aide d'enduits hydrofugés. Les rebouchages sont réalisés avec des mortiers ou des enduits hydrofugés. À défaut de recours à des enduits hydrofugés, des protections à l'eau sous carrelage doivent être mises en œuvre dans les zones d'aspersion.

Excepté dans les locaux classés EA, le pied des contre-cloisons doit être protégé afin d'éviter les remontées capillaires.

Les dispositions constructives sont détaillées au § « Traitement des pieds de contre-cloisons » (cf. 9.4.4.).

## Isolation acoustique

Si l'ossature n'est pas fixée de façon continue à la paroi support, l'installation de contre-cloisons sur ossature bois en plaques de plâtre avec isolant en laine minérale n'est pas susceptible de dégrader le confort acoustique des locaux. Dans la plupart des cas, ces contre-cloisons amélioreront l'isolement acoustique aux bruits aériens des parois existantes et réduiront les transmissions acoustiques latérales entre locaux juxtaposés ou superposés.

Il convient cependant de noter que l'amélioration de l'isolement acoustique des façades (principalement apporté par le remplacement des menuiseries) pourra, en réduisant le niveau des bruits extérieurs perçus dans un local, accentuer la perception des bruits intérieurs qui auraient été initialement masqués par les bruits extérieurs. L'aptitude de ces systèmes à diminuer les transmissions latérales pourra limiter cet effet sans toutefois le faire disparaître.

## Stabilité et durabilité

### Résistance aux chocs de corps mous

Les contre-cloisons doivent résister à des chocs de corps mous dont l'énergie dépend de l'affectation des locaux, selon l'annexe D de la norme NF DTU 25.41 P1-1.

Des essais de comportement aux chocs de corps mous ont validé la conformité des contre-cloisons à ossature bois dont les constitutions minimales sont indiquées dans le (Tableau 69) en fonction de leur domaine d'emploi (cas A ou cas B).

La constitution minimale des contre-cloisons est indiquée, en fonction de leur domaine d'emploi (cas A ou cas B) dans le (Tableau 69) ci-après.

Types de locaux	Constitution minimale des contre-cloisons	Hauteur maximale
<b>Cas A</b> Emploi dans des logements individuels (maisons individuelles et parties privatives des logements collectifs) et dans les bureaux dont les chocs d'occupation ne sont pas supérieurs à ceux des logements	Montants bois de section 45 x 70 mm, entraxe 0,60 m Parement simple constitué d'une plaque BA13 ou BA15 Entretoise de renfort à mi-hauteur*	4,25 m avec montants 45 x 145 mm entraxe 0,60 m 4,70 m avec montants 45 x 145 mm entraxe 0,40 m
<b>Cas B</b> Emplois autres que ceux visés dans le cas A	Montants bois de section 45 x 70 mm, entraxe 0,60 m Parement constitué d'une plaque BA18 ou de deux plaques BA13	4,25 m avec montants 45 x 145 mm entraxe 0,60 m 4,70 m avec montants 45 x 145 mm entraxe 0,40 m
* L'entretoise de renfort de section minimale 45 x 70 mm est fixée à mi-hauteur (avec un maximum de 1,50 m) de part et d'autre dans les montants. La plaque est également vissée sur cette entretoise. Cet assemblage est assuré par au moins deux pointes crantées, torsadées ou annelées, conformes à la norme NF EN 14592 et enfoncées d'au moins l'épaisseur des montants de la contre-cloison dans l'entretoise.		

▲ Tableau 70 : Exposition aux chocs de corps mous des contre-cloisons à ossature bois



## Résistance aux chocs de corps durs

Les dispositions sont les suivantes :

- Applications courantes : plaques de plâtre de type A (diamètre d'empreinte laissée par une bille de 500 g d'une hauteur de chute de 0,50 m : 20 mm maximum).
- Zones particulièrement exposées aux chocs durs : plaques de plâtre de type I (plaques haute dureté : diamètre d'empreinte laissée par une bille de 500 g d'une hauteur de chute de 0,50 m : 15 mm maximum). Exemples de zones : escaliers, dégagements, circulations communes, etc.

## Comportement aux pressions réparties (effets du vent)

La hauteur maximale des contre-cloisons ossature bois tenant compte des effets de pression due au vent dans les locaux visés par ce même DTU est définie dans le (Tableau 63) et le (Tableau 64).

## Sécurité incendie

### Réaction au feu

Les isolants combustibles (isolants d'origine végétale ou animale) doivent être protégés du feu par des parements remplissant un rôle d'écran.

Dans les bâtiments d'habitation comme dans les établissements recevant du public (ERP), les parements en plaques de plâtre d'épaisseur 12,5 mm fixés sur ossature bois conviennent (dispositions constructives du guide d'emploi des isolants combustibles dans les logements, *e-Cahiers du CSTB* n° 3231, juin 2000, et dispositions constructives, art. II-1.1.1. « Doublage des murs par l'intérieur » de l'annexe II « Guide d'emploi des isolants combustibles dans les ERP », article AM8 de l'arrêté du 6 octobre 2004.

Les isolants en laine minérale visés étant classés au moins A2, s2, d0 (ou M0), ils ne sont pas visés par les dispositions de ces guides.

Compte tenu de leur faible masse calorifique, les pare-vapeurs combustibles sont admis dans les contre-cloisons sans disposition particulière de protection.

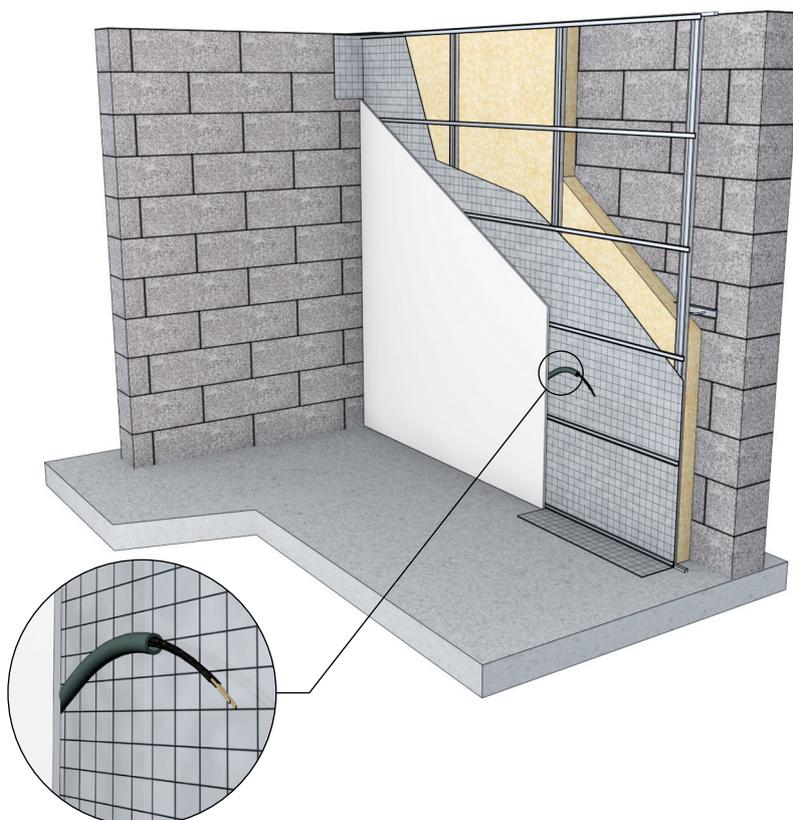
### Résistance au feu

Les contre-cloisons visées sont susceptibles d'améliorer la résistance au feu des parois. Il convient dans ce cas de se référer aux procès-verbaux de résistance au feu des parois doublées et de respecter le descriptif des produits visés ainsi que les dispositions de mise œuvre définies dans ces documents.

## Fiche 12 – Contre-cloison avec parement plaques de plâtre, panneaux ou rouleaux de laine minérale<sup>5</sup> et membrane d'étanchéité sur ossature métallique en doublage de mur béton ou maçonné



Il est important de respecter scrupuleusement les règles de l'art de mise en œuvre pour permettre d'atteindre dans l'ouvrage fini les performances déclarées et/ou certifiées des isolants.



▲ Figure 88 : Exemple de contre-cloison sur ossature métallique avec membrane d'étanchéité à l'air

### Description sommaire

Le procédé consiste à créer, par un système d'ossatures croisées, un vide technique entre une membrane d'étanchéité à l'air et le parement de la contre-cloison.

La membrane est fixée sur l'ossature verticale qui maintient l'isolant. Après avoir soigneusement étanché les jonctions entre les de membrane ainsi que les jonctions périphériques et les jonctions avec les menuiseries et autres équipements, une contre-ossature horizontale

.....  
■ 5 D'autres isolants peuvent être utilisés mais nécessitent une évaluation technique (Document technique d'application) ou une étude de faisabilité.



est mise en place, fixée sur la première ossature. Elle ménage un vide technique entre la membrane et le parement de la contre-cloison qui est fixé sur cette ossature.

Le vide technique permet d'incorporer les équipements à intégrer dans la contre-cloison sans risque de perforation de la membrane, donc sans affecter l'étanchéité à l'air de la paroi.

La membrane peut également assurer la fonction pare-vapeur selon son niveau de perméabilité à la vapeur.

Ce procédé fait l'objet d'Avis Techniques ou de DTA auxquels il convient de se référer.

Pour tout complément d'information, il convient de consulter le guide (RAGE 2012) « Isolation thermique par l'intérieur – Travaux neufs » qui détaille ce procédé.

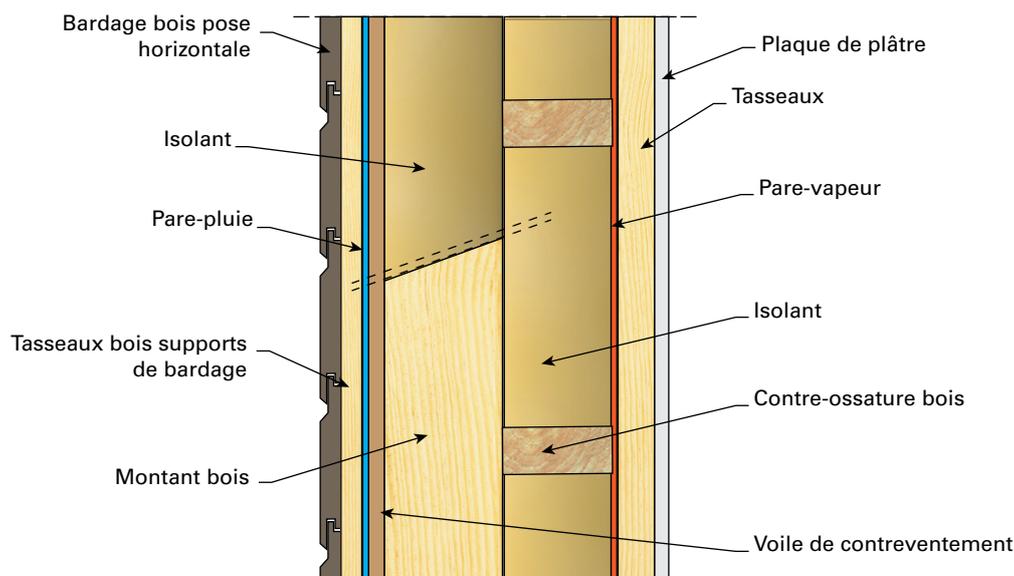
### **Valeurs tabulées des ponts thermiques intégrés**

Les performances thermiques de ce procédé sont équivalentes à celles du procédé visé par la [FICHE 10] si l'on ne tient pas compte de la présence de la lame d'air comprise entre le parement intérieur et la membrane d'étanchéité à l'air.

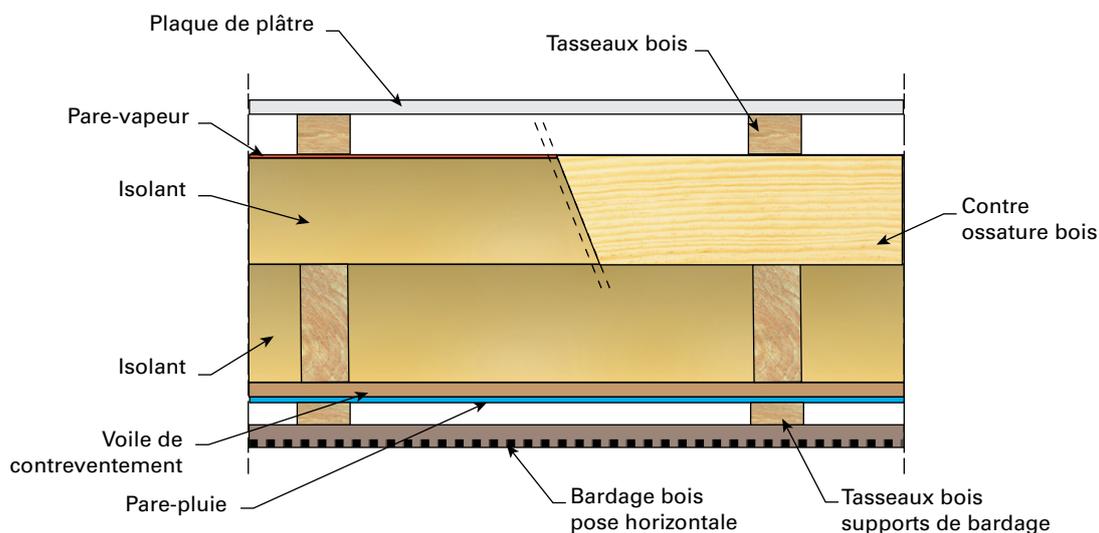
## Fiche 13 – Panneaux et rouleaux de laine minérale avec parement intérieur en doublage sur contre-lattage bois de murs à ossature bois (DTU 31.2)



**Il est important de respecter scrupuleusement les règles de l'art de mise en œuvre pour permettre d'atteindre dans l'ouvrage fini les performances déclarées et/ou certifiées des isolants.**



▲ Figure 89 : Coupe verticale sur mur ossature bois avec doublage intérieur sur contre-lattage bois



▲ Figure 90 : Coupe horizontale sur mur ossature bois avec doublage intérieur sur contre-lattage bois

### Description

Le procédé de doublage par l'intérieur d'un mur à ossature bois existant consiste à rapporter un isolant entre des éléments de contre-ossature bois, puis un parement intérieur constitué d'une plaque de plâtre fixée sur un contre-lattage bois.

La contre-ossature est fixée horizontalement sur les montants bois du mur à doubler.

L'isolant est inséré et maintenu entre les éléments de contre-ossature.

### **Mise en œuvre**

Conformément à la norme NF DTU 31.2, un pare-vapeur continu est mis en œuvre sur l'intégralité de la contre-ossature avant vissage des tasseaux.

La largeur des contre-ossatures et l'épaisseur d'isolant associée sont limitées à 100 mm.

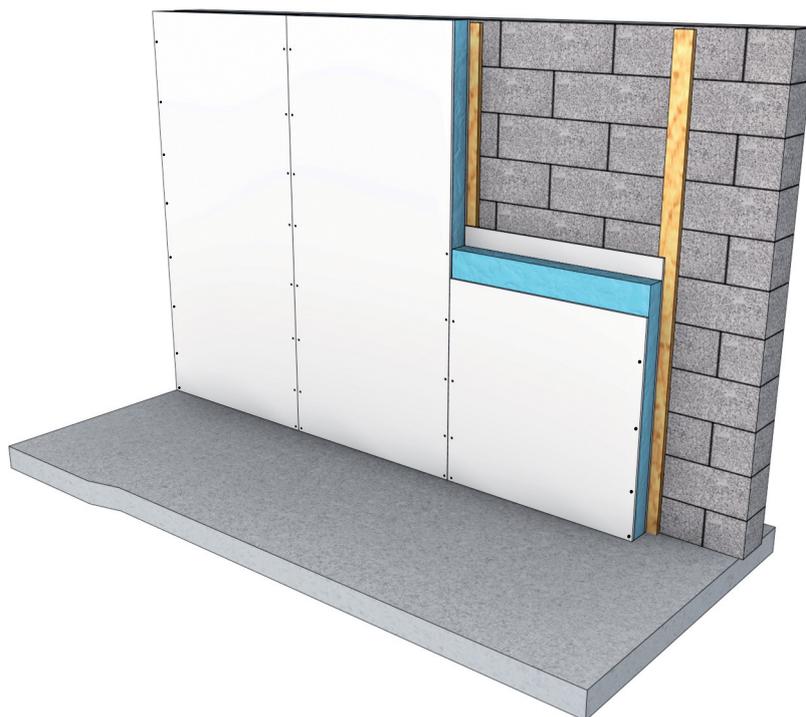
Du fait de sa mise en œuvre, ce procédé nécessite une dépose totale du parement et du film pare-vapeur existant.

Ce procédé est décrit plus précisément dans le guide RAGE 2012 « Isolation thermique par l'intérieur – Travaux neufs ».

## Fiche 14 – Sandwiches d'isolation thermique (plaque-isolant-plaque) fixés sur ossature bois



Il est important de respecter scrupuleusement les règles de l'art de mise en œuvre pour permettre d'atteindre dans l'ouvrage fini les performances déclarées et/ou certifiées des isolants.



▲ Figure 91 : Sandwiches d'isolation thermique (plaque-isolant-plaque) fixés sur ossature bois verticale

### Description

Doublage de mur béton ou de murs maçonnés constitué de sandwichs d'isolation thermique, fixés mécaniquement par vissage tous les 30 cm sur des tasseaux bois verticaux espacés de 1,20 m.

Les sandwichs sont obtenus par collage d'un panneau isolant (laine minérale, polystyrène expansé rigide, polystyrène extrudé ou polyuréthane) entre deux plaques de plâtre dont l'une peut être revêtue d'un pare-vapeur.

### Note

La fixation des panneaux sandwichs sur ossature bois horizontale n'est pas prévue dans ce guide car elle n'est pas compatible avec la réalisation de murs de type II et III du fait de la disposition des tasseaux.



## Cas particulier des pieds-droits

En variante à la pose sur tasseaux verticaux décrite plus haut, un autre mode de pose est possible lorsque la hauteur du pied-droit n'excède pas 1,70 m.

Dans ce cas, les sandwichs sont fixés en applique par vissage en pied et en tête, sur une ossature comportant une lisse haute et une lisse basse. L'épaisseur du panneau sandwich doit être au moins égale à 60 mm.

Une clavette d'épaisseur égale à celle de l'isolant est disposée à mi-hauteur et solidarisée aux parements par vissage de part et d'autre du joint vertical entre panneaux.

## Statut et référentiels des produits et du procédé

Le procédé est traditionnel et sa mise en œuvre est décrite dans la norme NF DTU 25.42 « Ouvrages de doublage et habillage en complexes et sandwichs plaques de plâtre et isolant ».

Si les produits, la configuration ou la mise en œuvre diffèrent des dispositions décrites dans le DTU visé ci-dessus, ces produits font l'objet de DTA.

Les constituants utilisés : sandwichs, enduits de traitements des joints et vis sont visés par des normes NF EN et sont identifiables par un marquage CE ainsi que pour la plupart d'entre eux par des marques de qualité (voir [ANNEXE F]).

Les tasseaux bois doivent avoir une durabilité naturelle ou conférée compatible avec une utilisation en classe d'emploi 3a selon le fascicule de documentation FDP 20-651. La durabilité naturelle du bois est définie par référence à la norme NF EN 350-2. Pour les bois à durabilité conférée, les exigences de pénétration et de rétention conformes aux prescriptions de la norme NF B 50-105-3.

## Parements dans les locaux humides

Dans les locaux privés classés EB+ (salles de bains, douches), les plaques de plâtre doivent être de type H1 (plaques hydrofugées) et le traitement des joints réalisé à l'aide d'enduits hydrofugés. Les rebouchages sont réalisés avec des mortiers ou des enduits hydrofugés. À défaut de recours à des enduits hydrofugés, des protections à l'eau sous carrelage doivent être mises en œuvre dans les zones d'aspersion.

Excepté dans les locaux classés EA, le pied des sandwichs doit être protégé afin d'éviter les remontées capillaires.

Les dispositions constructives sont détaillées plus loin (cf. 9.4.4.).

Pour les autres locaux humides, des produits et des dispositions particulières sont à prévoir (cf. Avis Techniques).



## Valeurs tabulées des ponts thermiques intégrés

	Vissage sur ossature bois	
Épaisseur d'isolant (mm)	80	140
$\chi_{\text{fixation}}$ (W/(m.K))	0,004	0,004

▲ **Tableau 71** : Ponts thermiques intégrés à la paroi étudiée

### Exemple d'application

Hypothèses avec lame d'air de 20 mm correspondant à l'épaisseur des tasseaux :

Parement intérieur : résistance thermique de la plaque de plâtre BA10	0,050 m <sup>2</sup> .K/W
Parement extérieur : résistance thermique de la plaque de plâtre BA10	0,050 m <sup>2</sup> .K/W
Densité des fixations (1/0,3 x 1,20)	2,8 m <sup>2</sup>

▲ **Tableau 72** : Hypothèses

		Conductivité thermique de l'isolant (W/(m.K))					
		0,025	0,030	0,035	0,040	0,045	0,050
Épaisseur de l'isolant (mm)	80	3,34	2,85	2,50	2,23	2,02	1,85*
	100	4,06	3,46	3,03	2,69	2,44	2,23
	120	4,77	4,06	3,55	3,16	2,85	2,60
	140	5,47	4,65	4,06	3,61	3,26	2,97

\* Cette valeur de résistance thermique est inférieure au seuil de 2 m<sup>2</sup>.K/W fixé par la RT par élément pour l'isolation thermique de murs sur local non chauffé.

▲ **Tableau 73** : Résistance thermique du panneau sandwich mis en œuvre (m<sup>2</sup>.K/W)

### Risques de condensation

Les sandwiches ont été classés en deux catégories P2 et P3 en fonction de la perméance à la vapeur d'eau des produits.

#### Critères

Ce classement dépend :

- de la nature de l'isolant ;
- de l'épaisseur de l'isolant pour les isolants en plastique alvéolaire : polystyrène expansé, extrudé, mousse de polyuréthane ;
- de la présence ou non d'un pare-vapeur sur la plaque de plâtre.

#### Destination des sandwiches marqués P2 et P3

- Sandwiches marqués P2 : généralement destinés aux murs en béton d'épaisseur inférieure à 15 cm et dont la résistance thermique est inférieure à 0,086 m<sup>2</sup>.K/W.
- Sandwiches avec pare-vapeur marqués P3 : destinés aux murs en maçonnerie ou en béton situés en zones très froides

(température de base inférieure à  $-15\text{ °C}$  ou par une altitude supérieure ou égale à 900 m), aux murs de locaux dont la destination rend nécessaire la présence d'un pare-vapeur (cf. norme NF DTU 25.42).

Le (Tableau 74) issu de l'article 4.5 « Condensations dans l'épaisseur – emploi des complexes et sandwichs dans les locaux » de la norme NF DTU 25.42 P1-1 définit le domaine d'emploi des sandwichs dans les locaux courants (habitation, bureaux, etc.), en fonction des risques de condensation. Pour les locaux à forte hygrométrie tels que certains locaux industriels, locaux sanitaires de collectivités, laverie, etc., on se réfère aux règles définies dans le DTU 20.1.

Référence	Épaisseur isolant (en mm)	Marquage*	Pose	Supports neufs possibles types de murs obtenus				Application sur murs anciens
				Maçonnerie NF DTU 20.1	Béton $e \geq 15\text{ cm}$ NF DTU 23.1	Béton pré-fabrique NF DTU 22.1	Pose en zones très froides	
Sandwich	$20 \leq e \leq 120$ $20 \leq e \leq 100$	P2	en cloison de doublage	Oui type IIb ou III	Oui type II ou III	Oui	Oui	Oui
Sandwich avec pare-vapeur	$20 \leq e \leq 120$ $20 \leq e \leq 100$	P3	en cloison de doublage	Oui type IIb ou III	Oui type II ou III	Oui	Oui	Oui

\* Classe de perméance : au marquage, l'indication de la nature de l'isolant figure sous forme codée (cf. tableau informations utiles complémentaires figurant au verso du certificat CSTBât).

▲ **Tableau 74** : Tableau d'emploi des sandwichs en fonction des risques de condensation (extrait de la norme NF DTU 25.42)

### Risques de condensation et de dégradation structurelle des abouts de planchers bois encastrés dans des murs extérieurs

Le rapport « Recherche des risques de condensation dans les parois utilisant des systèmes d'isolation par l'intérieur » (étude RAGE) a mis en évidence que les risques de condensation sont limités lorsque :

- un diagnostic préalable et une évaluation de la situation hygrothermique du mur dans son état initial, composition, exposition, protection contre la pluie battante, taux d'humidité (absorption d'eau de pluie, remontées capillaires, fuites ou infiltrations d'eau etc.) ne montrent pas de pathologie,
- des lames d'air communicantes, avec l'air intérieur au droit des pénétrations des poutres, autour de la partie encastrée de la poutre, sont inexistantes afin d'éviter tout transport de vapeur d'eau vers les têtes de poutre,
- une protection efficace, du mur contre toutes sources d'humidité, existe,
- des infiltrations d'humidité, principalement d'eau de pluie, sont inexistantes.

Lors de l'utilisation d'un procédé d'isolation thermique par l'intérieur en laine d'origine minérale (verre ou roche) ou d'origine végétale (fibre de bois, chanvre, cellulose, etc.), il est indispensable d'insérer un pare vapeur entre l'isolant et le revêtement intérieur.

En effet, la résistance à la diffusion à la vapeur d'eau de l'isolant en fibre étant proche de la résistance de l'air à épaisseur équivalente, la paroi extérieure constitue de ce fait une barrière à la vapeur d'eau importante par rapport au reste du mur. Cette barrière mal positionnée peut accroître les risques de condensation à l'interface entre l'isolant et la structure.

En cas de doute, il est toujours recommandé de réaliser des simulations afin de vérifier qu'il n'y a pas de risque de pathologies.

## Étanchéité à l'air

Le diagnostic ayant permis de recenser les défauts d'étanchéité à l'air de la paroi existante, il convient d'y remédier avant mise en œuvre des panneaux sandwichs. On veillera particulièrement à l'étanchéité à l'air des traversées ainsi que des jonctions entre les menuiseries extérieures et la paroi à doubler.

Dispositions concernant l'étanchéité à l'air des sandwichs :

- jonction en tête (sous plancher et sous plafond plaques de plâtre) ;
- jonction en pied (sur sol brut et sur sol fini) ;
- jonction avec les menuiseries extérieures et les volets roulants ;
- passage de canalisations, boîtiers électriques.

Le passage des gaines et des canalisations électriques doit être effectué avant la pose des panneaux.

Ces dispositions sont détaillées au § « Liaisons et points singuliers à traiter » (cf. 9.4.).



## Isolation acoustique

À ce jour, il n'existe pas de données acoustiques significatives sur ce type de mise en œuvre. Cette solution, dont l'isolant est rigide pour des raisons mécaniques, est donc à éviter en logement collectif ou en maison en bande.

## Stabilité et durabilité

### Résistance aux chocs de corps mous

Tous les produits visés dans la norme NF DTU 25.42 satisfont aux exigences requises pour les énergies de chocs de 60, 120 et 240 joules.

### Note

L'utilisation de panneaux sandwichs en constitution de cloisons de distribution isolante n'est pas visée par la norme NF DTU 25.42 car ces cloisons ne satisfont pas aux exigences requises pour ces énergies de choc en l'absence de fixation des panneaux sur les parois supports.

### Résistance aux chocs de corps durs

Les dispositions sont les suivantes :

- applications courantes : plaques de plâtre de type A (standard) présentant un diamètre d'empreinte laissé par une bille d'acier de 500 g d'une hauteur de chute de 0,50 m : 20 mm maximum ;
- zones particulièrement exposées aux chocs durs (escaliers, dégagements, circulations communes, etc.) : plaques de plâtre de type I (plaques haute dureté) présentant un diamètre d'empreinte laissé par une bille d'acier de 500 g d'une hauteur de chute de 0,50 m : 15 mm maximum.

## Sécurité incendie

Le type et l'épaisseur des parements des panneaux sandwichs de doublage dépendent de la destination des bâtiments.

Les dispositions correspondantes sont définies :

- pour les bâtiments d'habitation dans le « Guide de l'isolation thermique par l'intérieur des bâtiments d'habitation du point de vue des risques en cas d'incendie » (*e-Cahiers du CSTB* n° 3231, de juin 2000) ; la plaque de plâtre du panneau de doublage doit avoir une épaisseur minimale de 9,5 mm (BA10) quelle que soit la nature de l'isolant visé par le guide ;
- pour les établissements recevant du public dans l'annexe II « Guide d'emploi des isolants combustibles dans les ERP » de l'article AM8 de l'arrêté du 6 octobre 2004. La plaque de plâtre du panneau de doublage doit avoir une épaisseur minimale de

12,5 mm (BA13) lorsque l'isolant associé est combustible (classement inférieur à A2, s2, d0, cas des isolants alvéolaires).

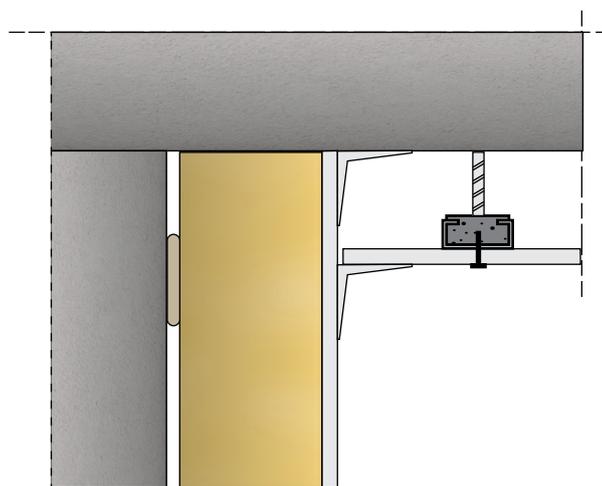
Dans le cas des panneaux sandwichs avec isolant en laine minérale (classement minimal A2, s2, d0), une épaisseur de plaque de plâtre de 9,5 mm suffit si une autre exigence que le comportement au feu ne requiert pas une épaisseur supérieure.

## 9.4. • Liaisons et points singuliers à traiter

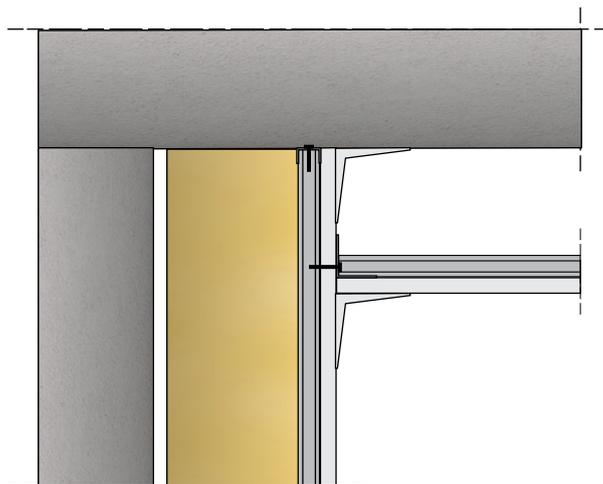
Le maintien des performances thermiques, hygrométriques, acoustiques, incendie et mécaniques des systèmes de doublage dépend du traitement de leurs liaisons avec les autres parois, des produits associés et du traitement des traversées ou des incorporations. En effet, les défauts localisés d'isolation thermique, d'étanchéité à l'air et d'étanchéité à la vapeur d'eau affectent le niveau de ces performances et leur maintien dans le temps.

Ces points sont récapitulés dans l' [ANNEXE E]

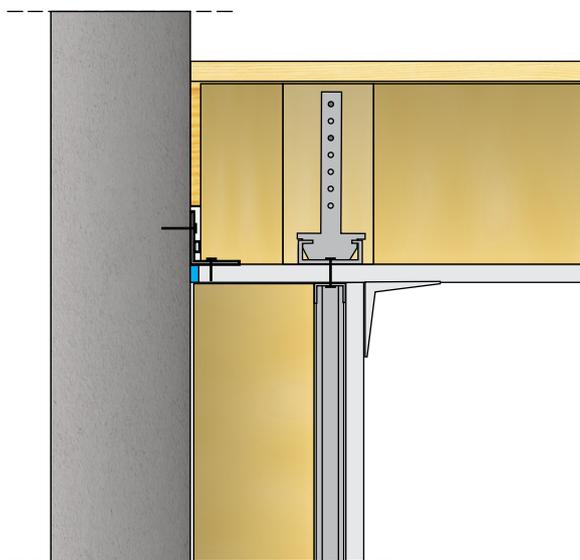
### 9.4.1. • Jonctions entre plafonds et parois verticales en tête (sous plancher, sous plafond et rampant en plaques de plâtre)



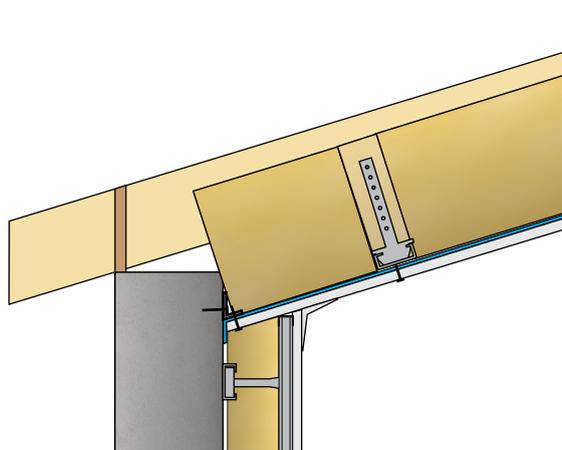
▲ Figure 92 : Exemple de jonctions en tête sous plancher béton ou plancher poutrelles-hourdis avec enduit plâtre (pose du complexe de doublage intérieur avant plafond)



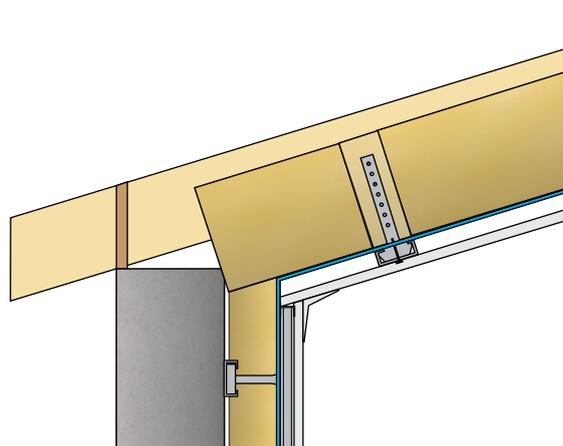
▲ Figure 93 : Exemple de jonctions en tête sous plancher béton ou plancher poutrelles-hourdis avec enduit plâtre (pose de la contre-cloison avant plafond)



▲ Figure 94 : Jonctions en tête sous plancher bois ou plafond de combles perdus (pose du plafond avant la contre-cloison)



▲ Figure 95 : Jonctions sous rampant de combles aménagés avec plafond et contre-cloison en plaques de plâtre sur ossature métallique (DTU 25.41), membrane au contact du parement



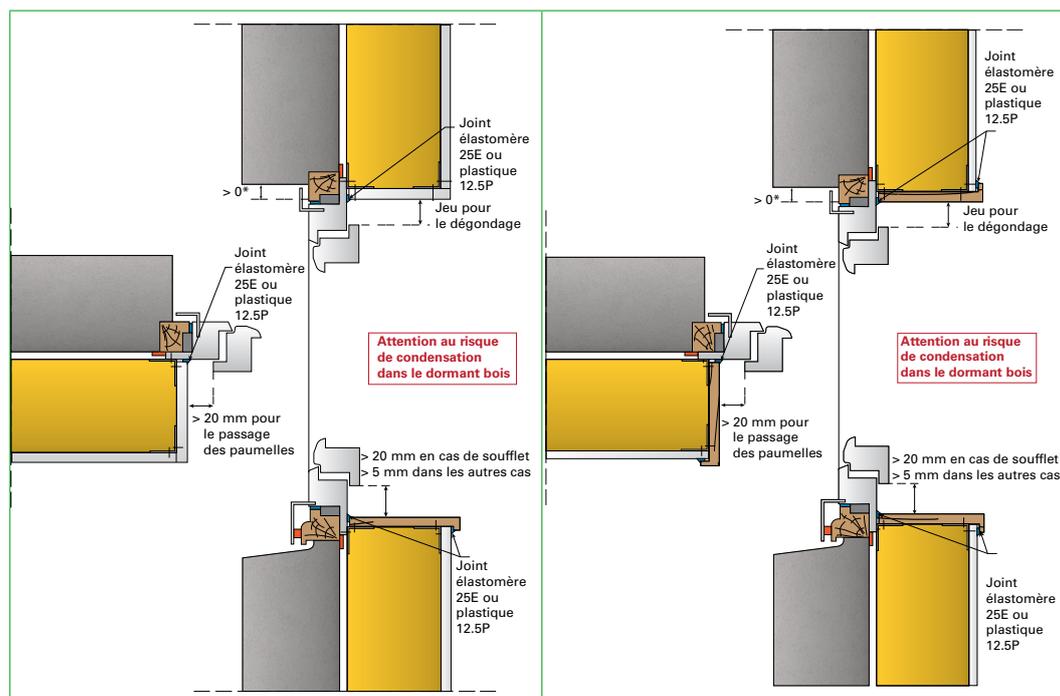
▲ Figure 96 : Jonction sous rampant de combles aménagés avec plafond et contre-cloison en plaques de plâtre sur ossature métallique, membrane au contact de l'isolant

## 9.4.2. • Jonctions avec les menuiseries extérieures (portes et fenêtres)

Les documents techniques de référence sont les suivants :

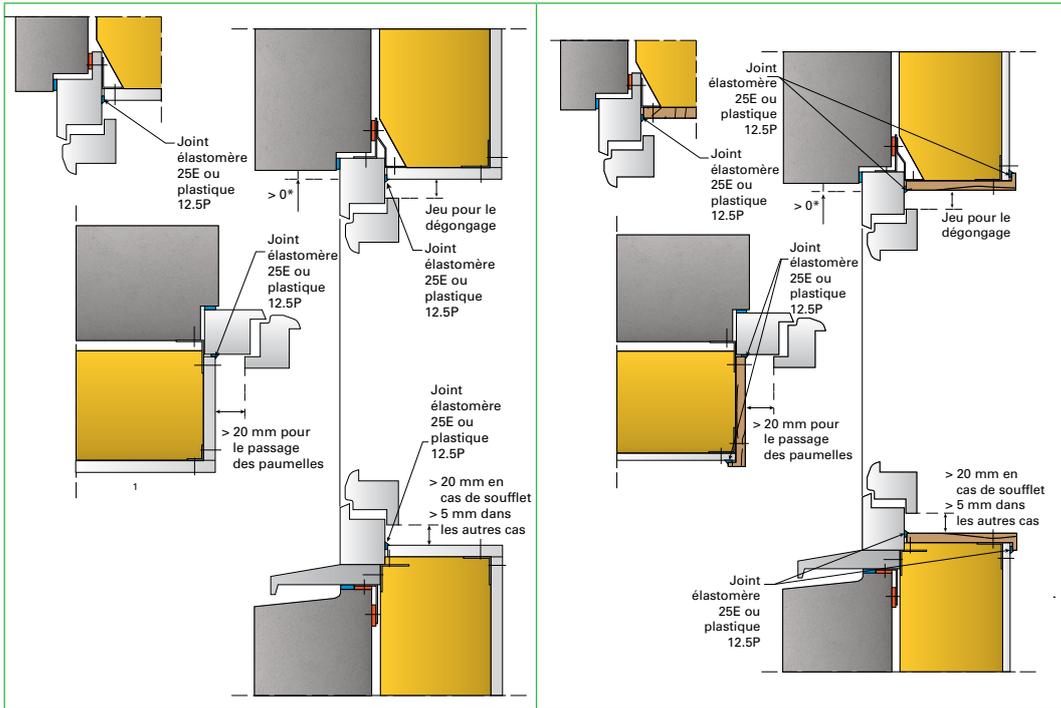
- normes NF DTU 36.5 et 37.1 pour le choix des fenêtres et portes extérieures en fonction de leur exposition et pour leur mise en œuvre ;
- guide RAGE « doubles fenêtres, prescription et mise en œuvre en rénovation des logements ».

### 9.4.2.1. • Pose sur dormant bois existant



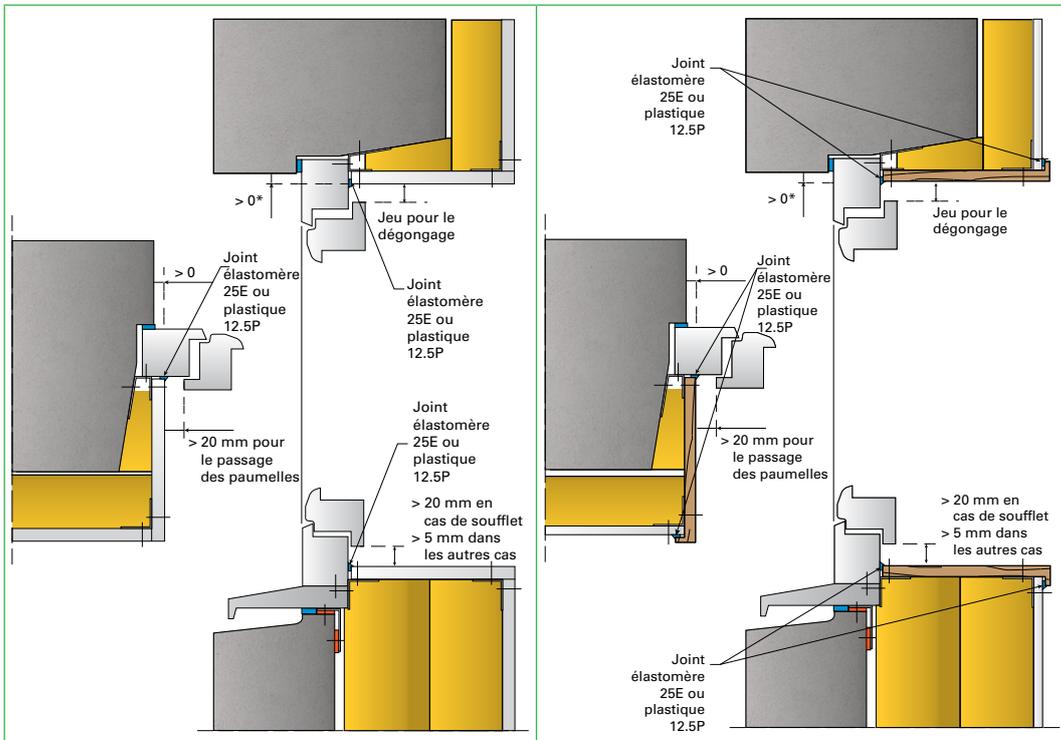
▲ Figure 97 : Jonctions en travaux de rénovation sur dormant existant, habillages plaque de plâtre ou bois

### 9.4.2.2. • Dépose totale et pose en feuillure



▲ Figure 98 : Jonctions en travaux de rénovation : pose en feuillure, habillages plaque de plâtre ou bois

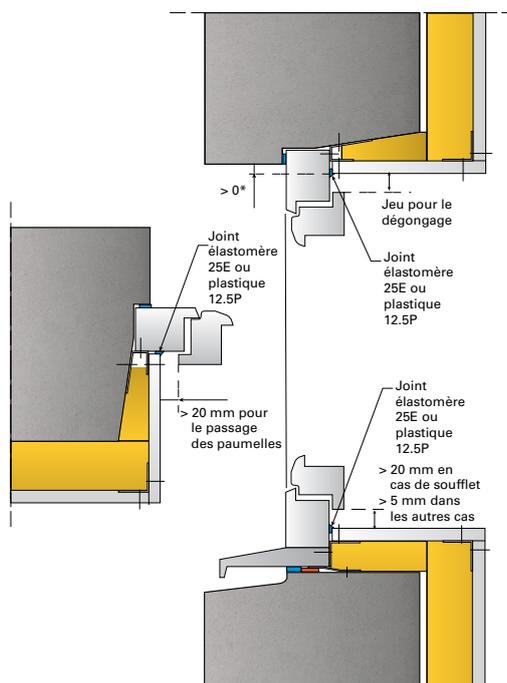
### 9.4.2.3. • Dépose totale et pose en ébrasement avec allège en retrait



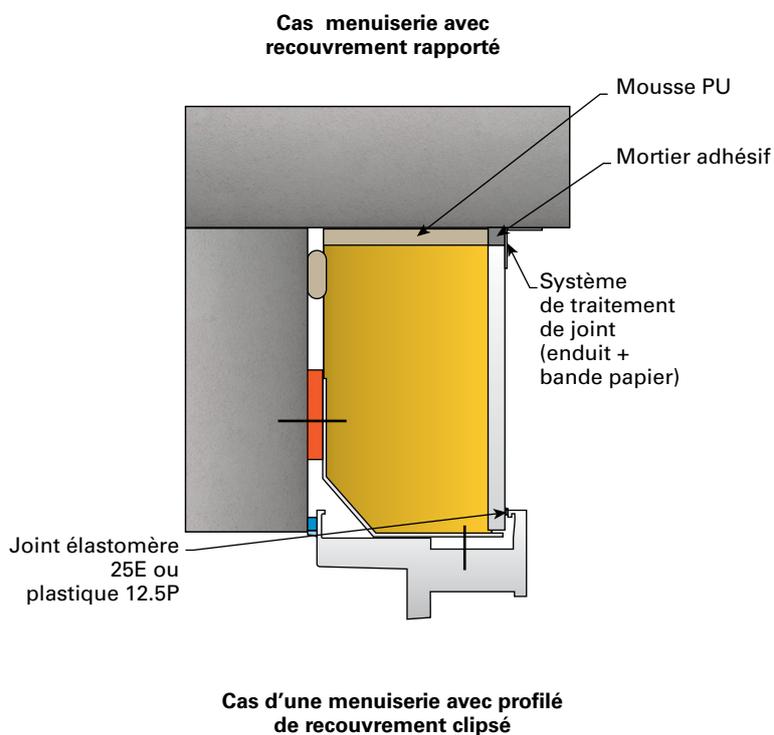
▲ Figure 99 : Jonctions en travaux de rénovation : pose en feuillure avec ébrasement et allège en retrait, habillages plaque de plâtre ou bois



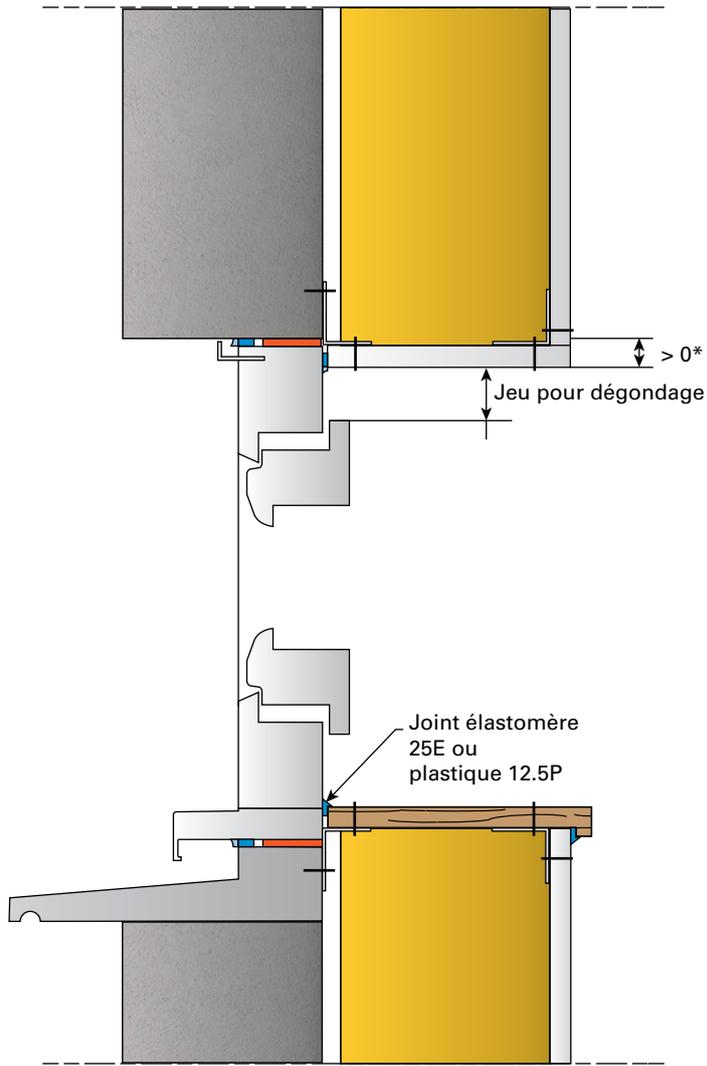
### 9.4.2.4. • Dépose totale et pose en ébrasement avec allège alignée



▲ Figure 100 : Jonctions en travaux de rénovation : pose en feuillure avec ébrasement et allège alignée, avec habillage en plaque de plâtre déporté

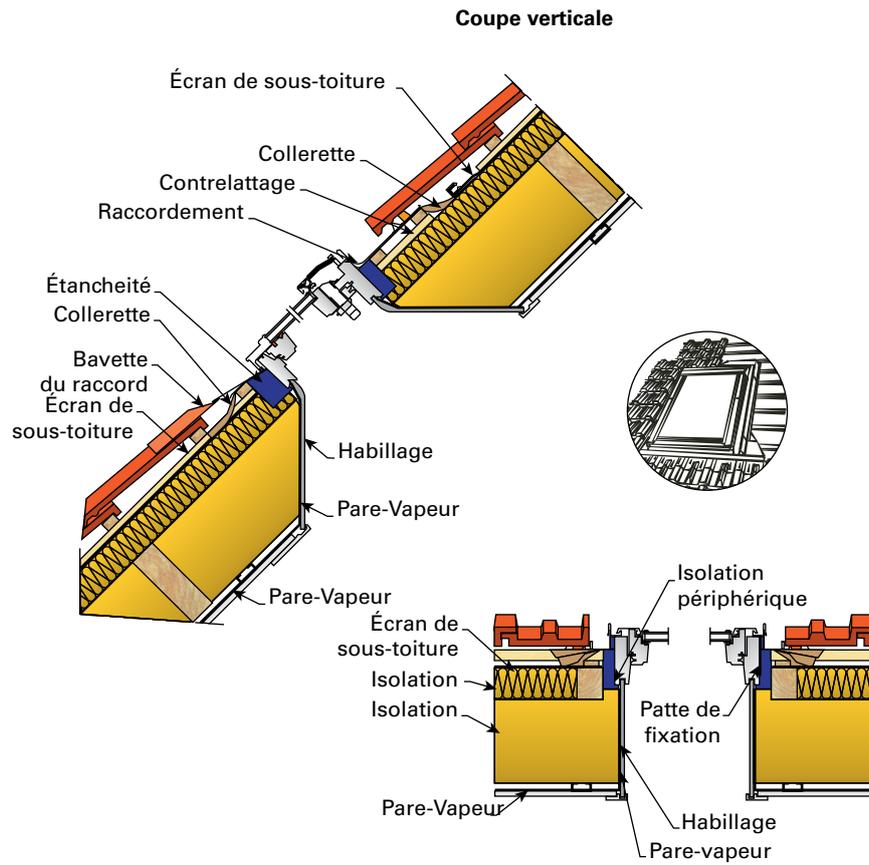


▲ Figure 101 : Exemple de jonction en travaux de rénovation : pose en applique avec appui déporté, détails de mise en œuvre de complexes de doublage en linteau



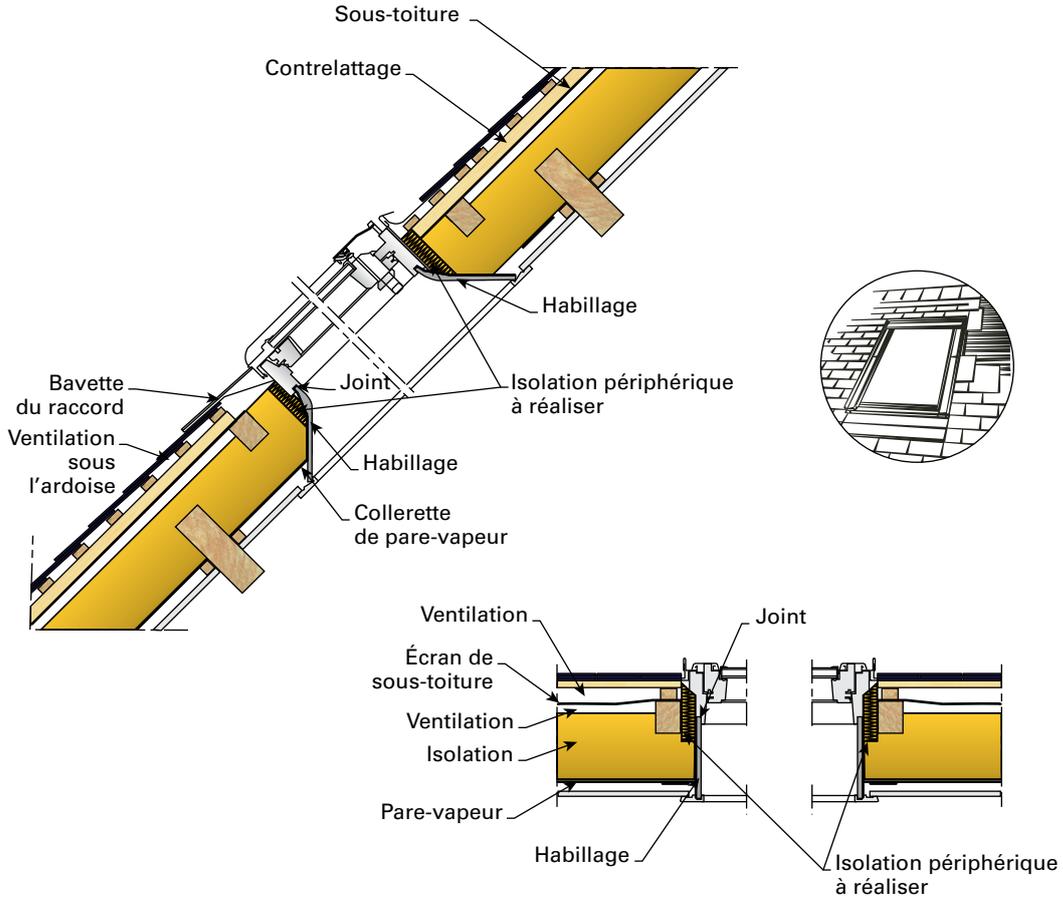
▲ Figure 102 : Jonctions en travaux de rénovation : pose en tunnel affleurant côté intérieur

## 9.4.2.5. • Jonctions avec fenêtres de toit



▲ Figure 103 : Jonctions rampant sur fenêtre de toit avec isolation périphérique intégrée

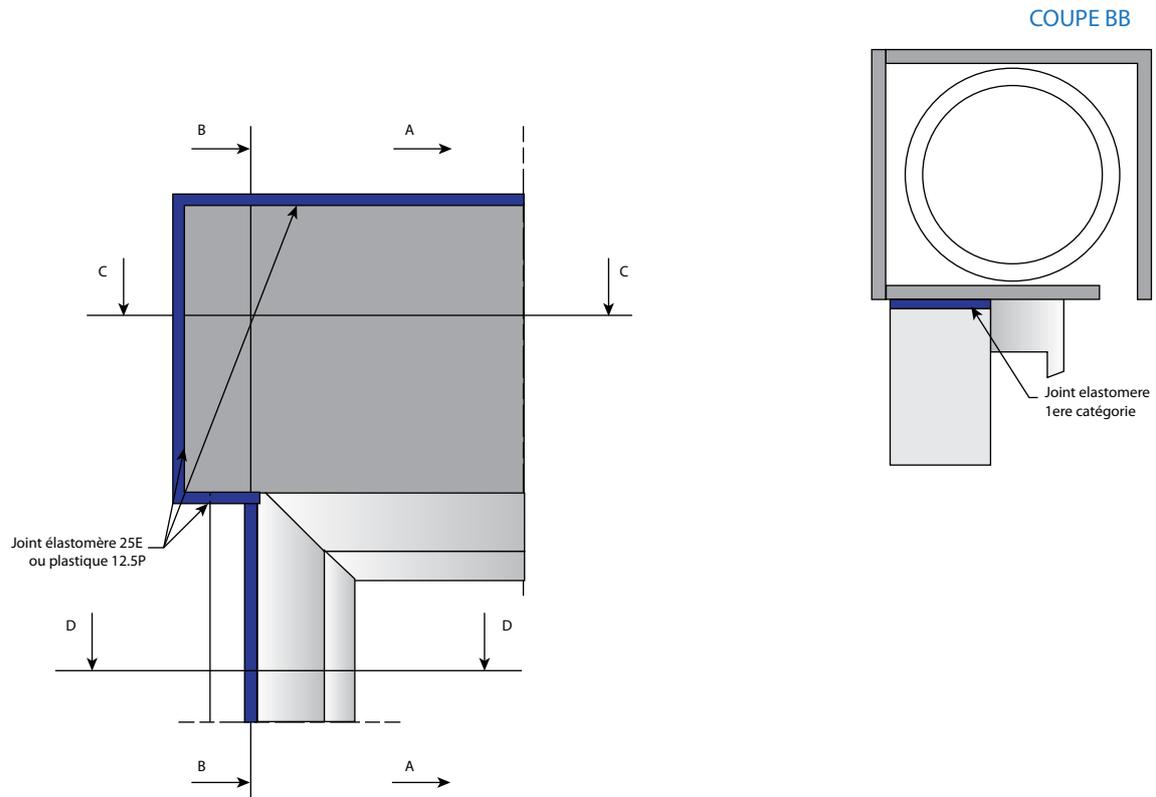
Coupe verticale - sans isolation périphérique intégrée



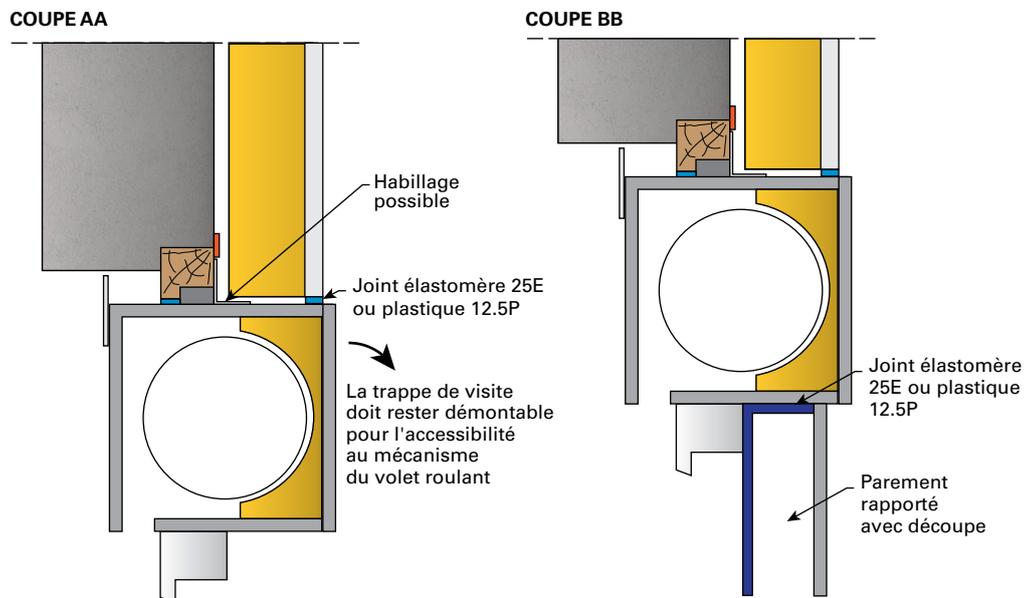
▲ Figure 104 : Jonctions rampant sur fenêtre de toit sans isolation périphérique intégrée



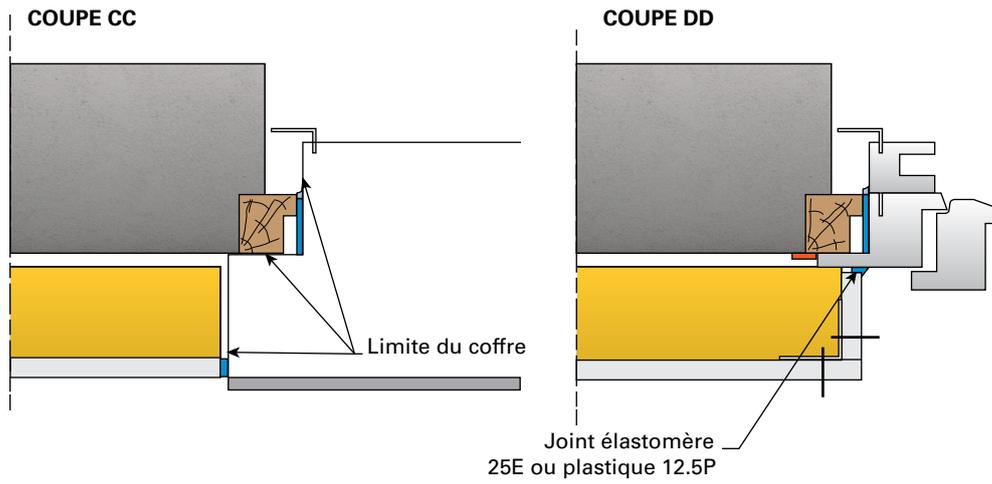
### 9.4.3. • Jonctions avec les coffres de volet roulant



▲ Vue de face des joints d'étanchéité à l'air et localisation des coupes

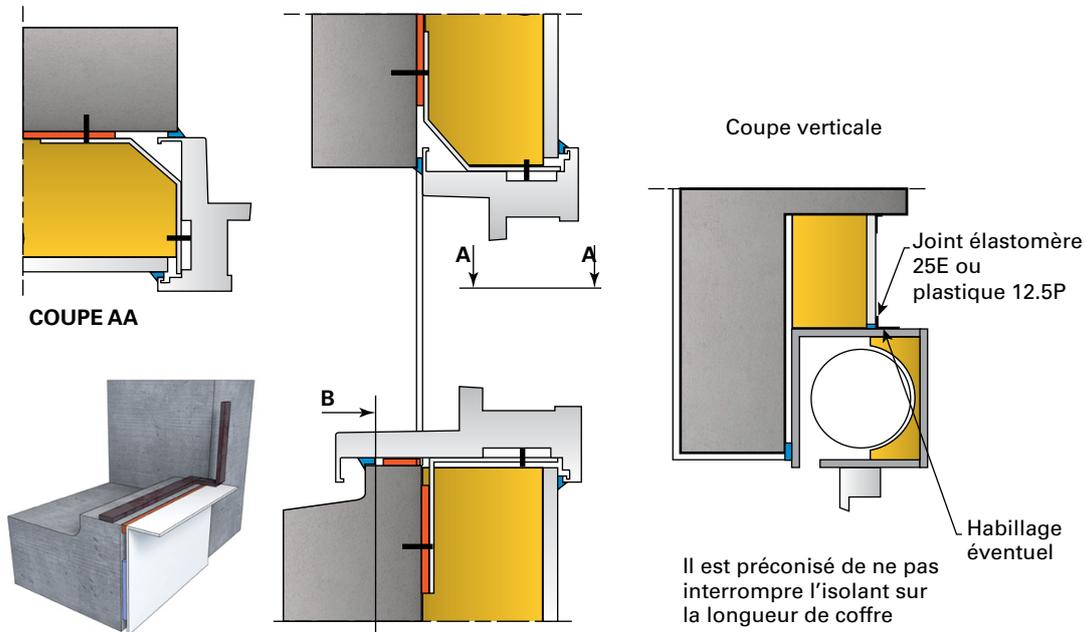


▲ Coupes AA et BB



▲ Coupes CC et DD

▲ Figure 105 : Exemples de jonctions avec coffres de volets roulants en travaux de rénovation, pose sur dormant existant

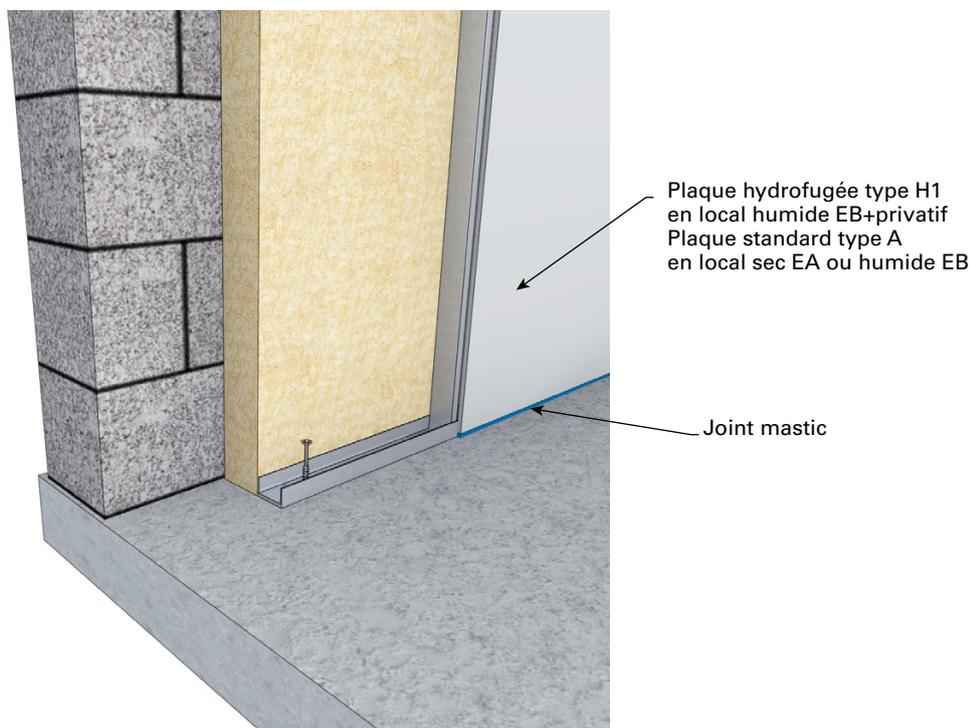


▲ Figure 106 : Exemples de jonctions avec coffres de volets roulants en travaux de rénovation, cas d'un appui déporté



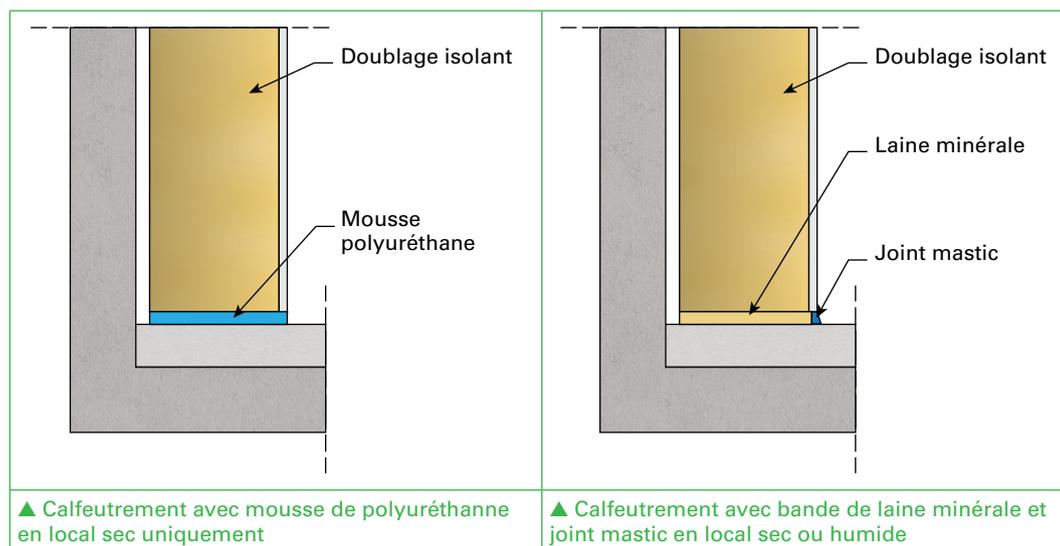
## 9.4.4. • Traitement des pieds de contre-cloisons (calfeutrement, etc.)

Les dispositions suivantes relèvent des DTU 25.41, 25.42 ou des Avis Techniques ou DTA.

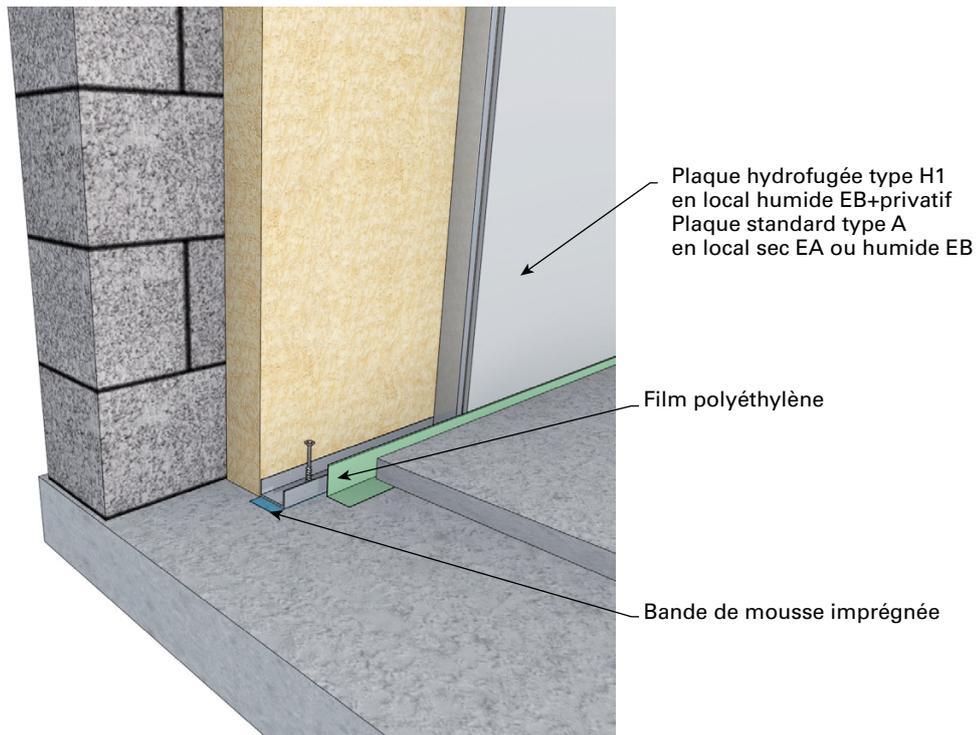


Pose sur sol fini

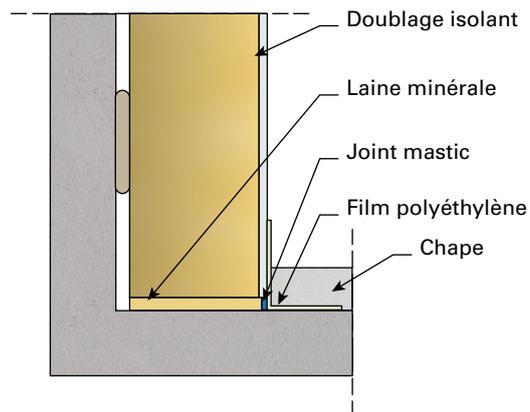
▲ Figure 107 : Pieds de contre-cloison sur sol fini dans un local sec ou humide



▲ Figure 108 : Pieds de complexe de doublage sur sol fini dans un local sec et dans un local humide



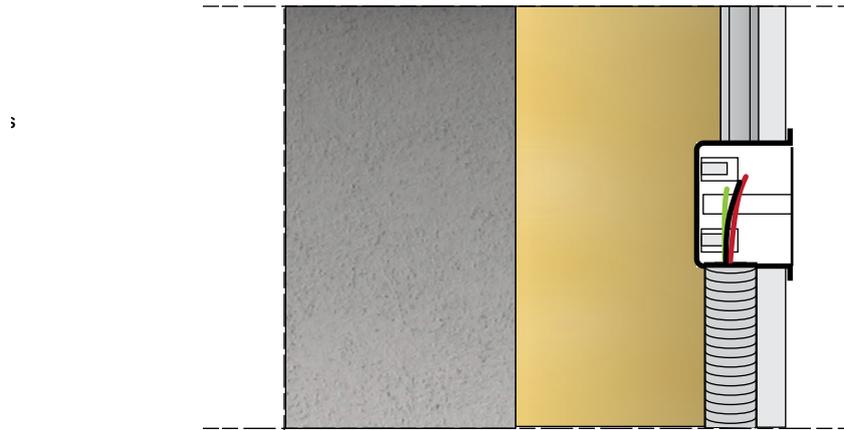
▲ Figure 109 : Pieds de contre-cloison sur sol brut dans un local sec ou humide



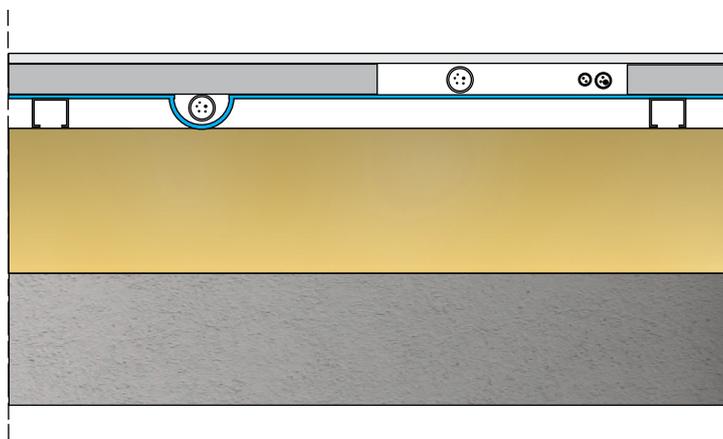
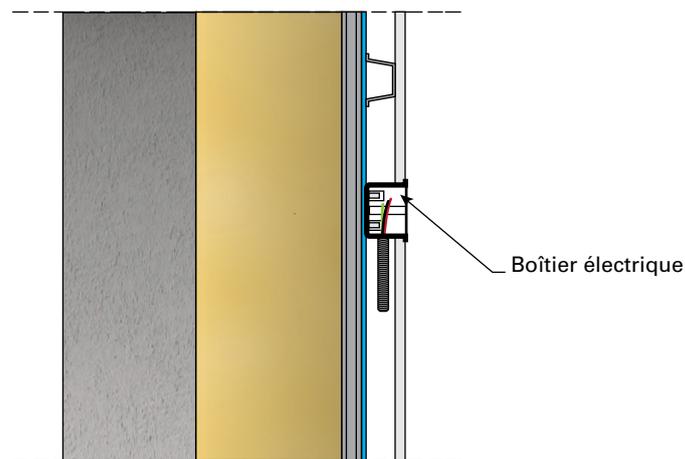
▲ Figure 110 : Pieds de complexe de doublage sur sol brut dans un local sec ou humide

### 9.4.5. • Traitement des traversées et incorporations

Les incorporations électriques sont réalisées conformément aux prescriptions de la norme NF DTU 25.41.



▲ Figure 111 : Détail d'incorporation d'un boîtier électrique dans une contre-cloison en plaques de plâtre sur ossature métallique



▲ Figure 112 : Détail d'incorporation d'un boîtier électrique dans un doublage avec membrane d'étanchéité à l'air et vide technique (coupe verticale et coupe horizontale)



## 9.4.6. • Les traitements en présence de composants de ventilation

### Note

La norme DTU 68.3 n'aborde pas de façon détaillée la mise en œuvre des composants dans l'ouvrage en présence ou non d'isolation par l'intérieur.

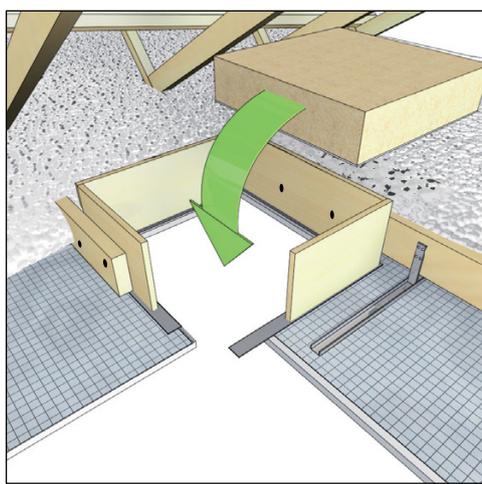
### 9.4.6.1. • Parois verticales

Cas des amenées d'air (hors menuiseries) avec dispositif motorisé ou non mettant en communication le local avec l'air extérieur soit directement, soit par l'intermédiaire d'un conduit en traversée de parois.



**Dans de nombreux cas de rénovation en ITI avec grille d'aération sur des bâtis anciens, on constate l'absence de manchons à la traversée des parois extérieures et la présence d'isolants en contact direct avec l'air extérieur. Il en résulte des condensations, une dégradation des isolants et un développement de moisissures sur la paroi au voisinage de la traversée. La pose de manchons et un calfeutrage soigné des traversées sont indispensables.**

## 9.4.7. • Traitement des trappes d'accès aux combles



Raccordement à une trappe

▲ Figure 113 : Exemple de jonction d'un plafond sous fermettes avec une trappe d'accès aux combles

La (Figure 113) illustre le principe de réalisation des trappes d'accès aux combles. Elles doivent assurer :

- une section de passage suffisante pour permettre l'accès aux combles ;
- un dispositif adapté d'appui d'une échelle ;

- la continuité de l'étanchéité à l'air entre le parement du plafond ou la membrane d'étanchéité à l'air et les parois du coffre ;
- l'étanchéité à l'air entre le bâti du coffre et la trappe (joint souple, système de rampe de serrage) ;
- la continuité de l'isolation thermique mise en œuvre sur le plafond (isolant au dos de la trappe) ;
- le maintien du niveau de résistance au feu éventuellement requis par la réglementation pour le plafond ;
- le maintien de l'isolement acoustique réglementaire par rapport aux bruits extérieurs.

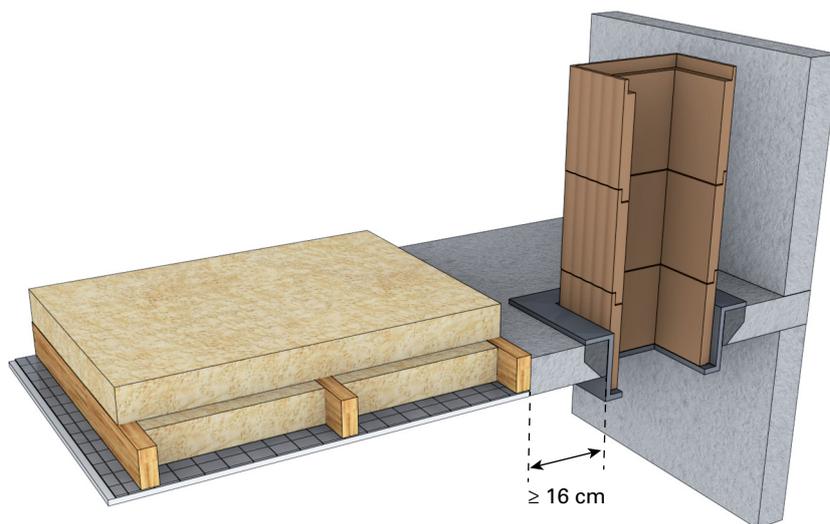
**Note 1**

Le comportement au feu de la trappe de visite devra être justifié par un PV d'essais.

**Note 2**

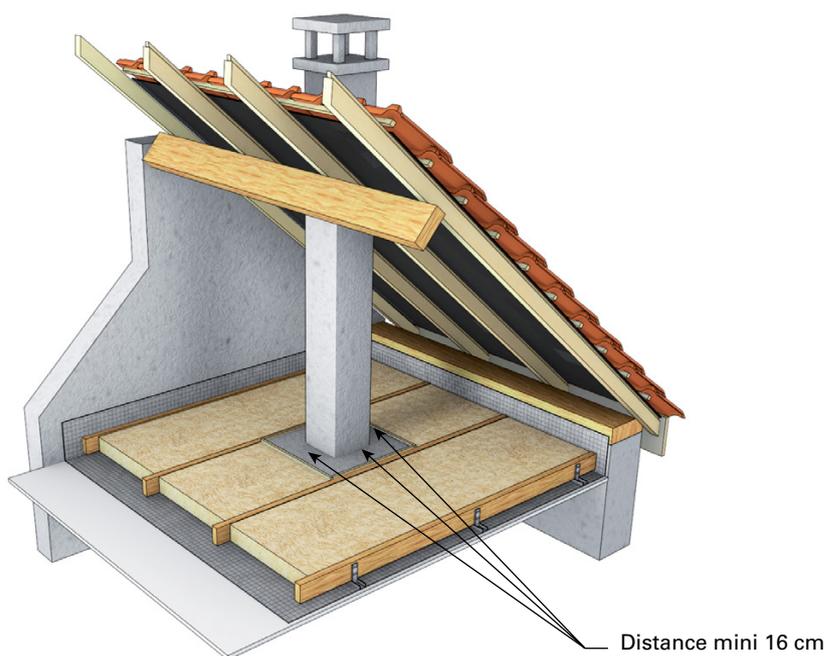
Des trappes de plafond industrialisées sont disponibles sur le marché.

### 9.4.8. • Traitement des jonctions avec les conduits de fumées



Source : NF DTU 24.1

▲ Figure 114 : Suspension des conduits de fumées et distance de sécurité par rapport aux matériaux combustibles



▲ Figure 115 : Exemple de disposition d'un conduit de fumée dans un comble perdu

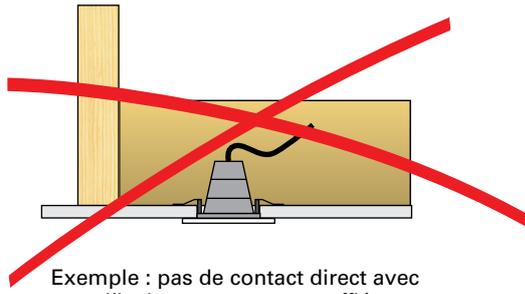
### 9.4.9. • Incorporations de sources de chaleur dans les plénums

L'incorporation de spots lumineux dans les plafonds peut générer des échauffements et présenter un risque d'incendie.

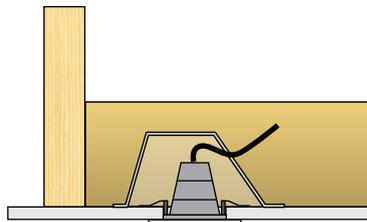
Une solution consiste à équiper chaque spot d'un capot en matériau non combustible et de s'assurer auprès du fabricant que cet équipement est compatible avec la mise en œuvre de l'isolant.

En l'absence de spots protégés, l'isolant ne doit pas être en contact avec les dispositifs d'éclairage encastrés dans le plafond ou toute autre source de chaleur localisée afin d'éviter les échauffements excessifs.

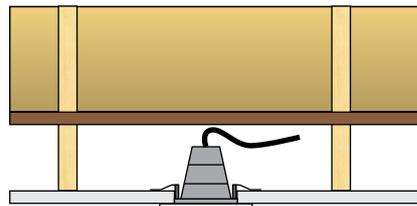
Un écart doit donc être maintenu entre l'isolant et le spot lumineux ou toute autre source ponctuelle de chaleur. Il peut être réalisé par un plénum dans lequel le spot pourra être encastré sans risque de contact avec l'isolant. La hauteur minimale de ce plénum dépend de la distance de sécurité préconisée par le fabricant du spot, et sera dans tous les cas supérieure à 10 cm.



Exemple : pas de contact direct avec l'isolant en vrac ou soufflé

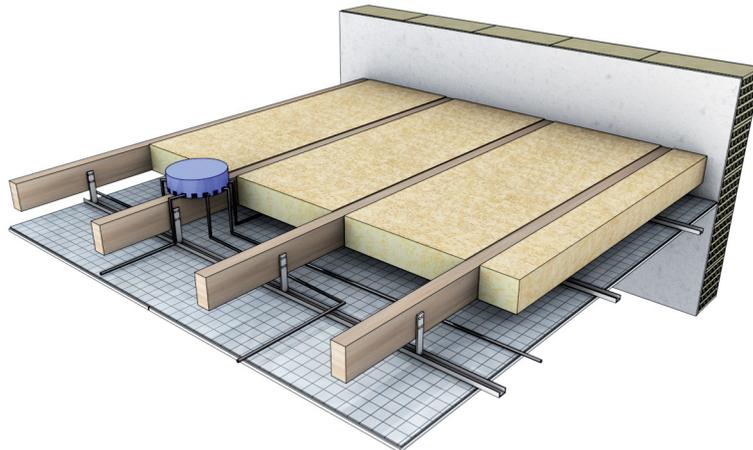


Exemple : utilisation de capot



Solution recommandée utilisation d'un plenum

▲ Figure 116 : Exemple d'encapsulation de spots électriques encastrés dans un plafond



Source : e-Cahiers du CSTB n° 3560\_V2

▲ Figure 117 : Exemple de disposition des réseaux de canalisations électriques dans un plenum





## 9.5. • Coordination entre corps d'état

Les corps d'état concernés sont les suivants : gros œuvre, électricité, plomberie, carrelage, menuiserie, plâtrerie, etc.

Les performances des ouvrages, notamment thermiques, hygro-métriques, étanchéité à l'air, dépendent de la qualité du traitement des interfaces entre corps d'état et de la bonne coordination entre intervenants.

## 9.6. • Suivi de chantier

Le suivi de chantier doit comprendre la fourniture par chaque corps d'état de fiches d'autocontrôle attestant de la bonne réalisation des détails de mise en œuvre, des réglages, etc.

# 10

## Réception des travaux

---



### 10.1. • Planéité

Des tests de planimétrie sont à réaliser, si nécessaire, conformément aux dispositions des DTU.

### 10.2. • Aspect

On contrôlera l'absence de défauts conformément aux dispositions des DTU, le parement de l'ouvrage ne devant présenter ni pulvérisation superficielle, ni trou, ni trace d'outils.

### 10.3. • Étanchéité à l'air

On vérifiera la présence des joints contribuant à l'étanchéité à l'air des jonctions lorsque ceux-ci sont visibles (au pourtour des menuiseries par exemple).

Un test d'étanchéité à l'air sera réalisé s'il a été prévu dans les DPM.

### 10.4. • Fourniture des justificatifs techniques

Les justificatifs techniques à fournir sont les Avis Techniques ou Documents Techniques d'Évaluation, les procès-verbaux ou rapports d'essais, les certificats de conformité des produits aux marques de qualité.



# 11

## Annexes

---



**[ANNEXE A]** : Résumé de la phase diagnostic

**[ANNEXE B]** : Évolutions réglementaires liées à la thermique

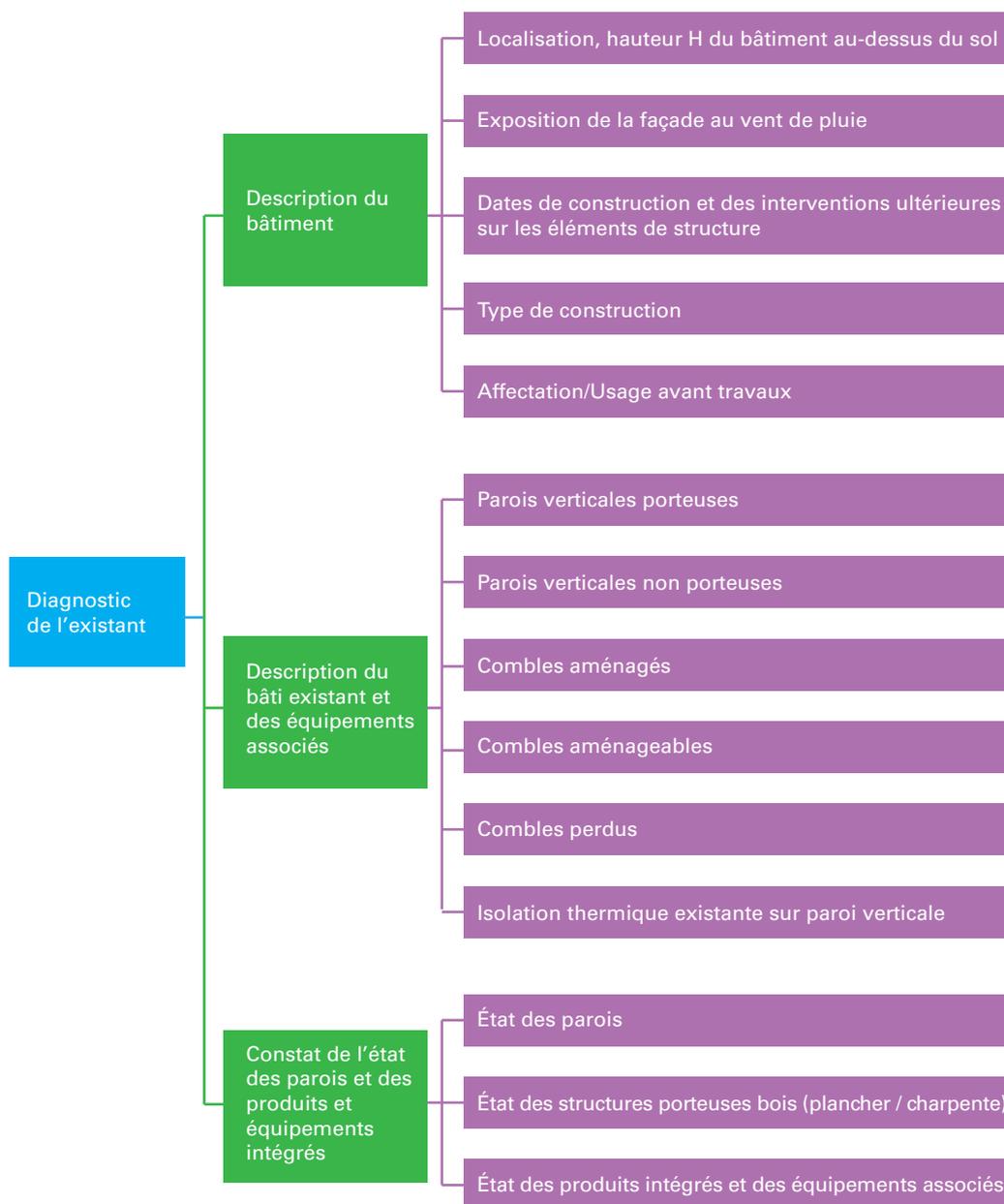
**[ANNEXE C]** : Évolution des règlements de la ventilation

**[ANNEXE D]** : Classement des déchets et produits concernés

**[ANNEXE E]** : Liaisons et points singuliers à traiter

**[ANNEXE F]** : Statut actuel des techniques d'isolation thermique par l'intérieur

## ANNEXE A : RÉSUMÉ DE LA PHASE DIAGNOSTIC



▲ Figure 118 : Organigramme des différentes étapes intervenant dans la phase diagnostic



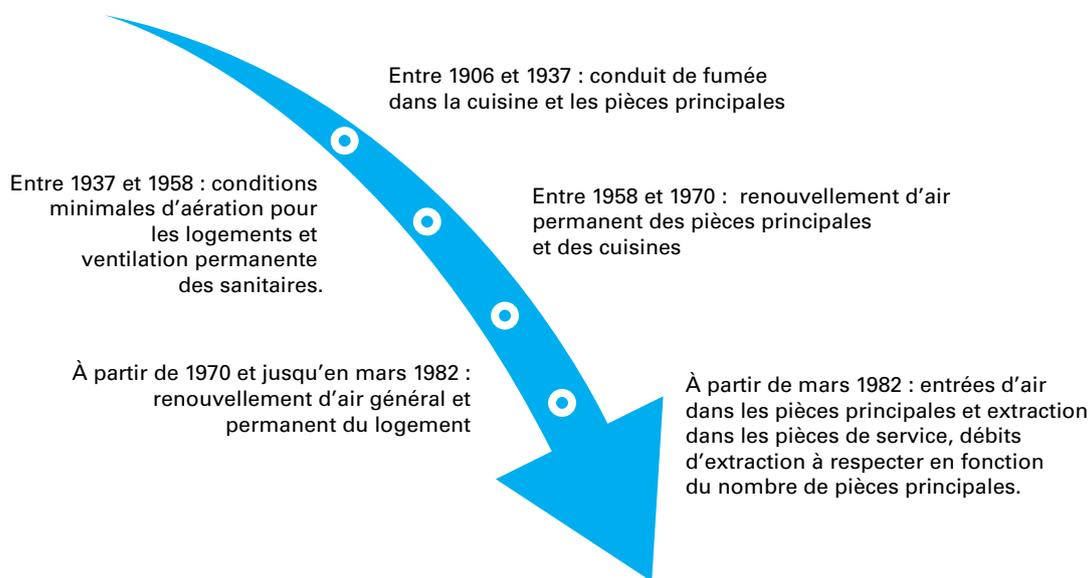
## ANNEXE B : ÉVOLUTION DES RÉGLEMENTATIONS THERMIQUES CONCERNANT LE BÂTI ANCIEN

Ce bref rappel permet de situer les performances thermiques de l'état initial du bâti lors des diagnostics et de prendre en compte les éventuels travaux de réhabilitation thermique antérieurs.

1974	L'exigence porte sur la déperdition des logements (coefficient G) en fonction de la zone climatique et du type de chauffage
1982	Prise en compte des besoins de chauffage (coefficient B) pour le secteur résidentiel. Exigence relative au niveau d'isolation de l'enveloppe (coefficient G1) pour le secteur non résidentiel
1988	Réglementation pour les secteurs résidentiel et tertiaire : G devient GV (déperdition thermique), B devient BV (besoin de chauffage) et C est la consommation d'énergie pour le résidentiel
2000	Réglementation thermique 2000 : la consommation annuelle d'énergie doit être inférieure ou égale à la consommation d'un bâtiment identique, ayant des caractéristiques thermiques de référence. Elle s'applique à tous les bâtiments neufs, résidentiels et tertiaires (coefficients Cep, Cep max, Tic)
2005	Réglementation thermique 2005 (RT 2005) : elle améliore de 15% la performance énergétique des bâtiments (Coefficients Cep, Cep max, Tic). Elle vise 3 objectifs : – limiter les consommations énergétiques ; – assurer le respect des exigences minimales ; – limiter l'inconfort en été.
2007	Réglementation thermique par élément des bâtiments existants (RT existant par élément) : cette réglementation s'applique aux bâtiments non visés par la RT globale des bâtiments existants
2008	Réglementation thermique globale des bâtiments existants (RT globale existant) : cette réglementation thermique s'applique pour un bâtiment d'une surface hors œuvre nette supérieure à 1 000 m <sup>2</sup> faisant l'objet d'une rénovation lourde

## ANNEXE C : ÉVOLUTION DES RÈGLEMENTS DE LA VENTILATION DES LOGEMENTS

Avant 1906 : aucun dispositif d'aération, ou éventuellement grilles fixes en façade et conduits verticaux



▲ Figure 119 : Historique de l'évolution française en matière de ventilation des logements dans le domaine du bâtiment d'habitation

### *Textes réglementaires et normes en vigueur pour le secteur résidentiel*

Les principaux textes qui régissent les exigences en matière de ventilation dans l'habitat sont les suivants :

- La réglementation acoustique pour les installations de VMC (arrêté du 30 juin 1999 relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation) ;
- La réglementation thermique (dispositions concernant le renouvellement d'air) ;
- La réglementation de la sécurité incendie dans l'habitat neuf (arrêté du 31 janvier 1986) ;
- La norme NF EN 15242 : ventilation des bâtiments – Méthodes de calcul pour la détermination des débits d'air dans les bâtiments y compris les infiltrations ;
- La norme NF DTU 68.3 : Installations de ventilation mécanique (annule et remplace les normes NF DTU 68.1 et 68.2).

### *Textes réglementaires et normes en vigueur pour le secteur tertiaire*

Les principaux textes qui régissent les exigences en matière de ventilation des bâtiments tertiaires sont les suivants :

- le règlement sanitaire départemental type (titre III, section II) ;



- le Code du travail (pour les locaux affectés à une activité salariée) ;
- la loi Évin (pour les locaux spécifiques fumeurs) ;
- la réglementation acoustique des établissements recevant du public (arrêtes du 25 avril 2003 par type d'activité) ;
- La réglementation thermique des bâtiments tertiaires (dispositions concernant le renouvellement d'air) ;
- La réglementation de la sécurité incendie dans les établissements recevant du public (arrêté du 6 octobre 2004 modifié) ;
- La norme NF EN 15242 : ventilation des bâtiments – Méthodes de calcul pour la détermination des débits d'air dans les bâtiments y compris les infiltrations ;
- La norme NF DTU 68.3 : installations de ventilation mécanique (annule et remplace les normes NF DTU 68.1 et 68.2)

Les établissements tertiaires assujettis au Code du travail doivent respecter le règlement sanitaire départemental et les règles propres aux différents types de locaux définis dans le Code du travail par, notamment, l'art. R. 232-5. La réglementation distingue les locaux à pollution spécifique (si émissions de polluants tels que gaz, vapeur, fumées, poussières, etc.) des locaux à pollution non spécifique (avec seule présence humaine à l'exception des locaux sanitaires).

La ventilation des locaux peut être soit mécanique ou naturelle par conduits, soit naturelle pour les locaux donnant sur l'extérieur, par ouverture de portes, de fenêtres ou autres ouvrants.

## ANNEXE D : CLASSEMENT DES DÉCHETS ET PRODUITS CONCERNÉS

### *Les déchets inertes*

Les déchets inertes ne se décomposent pas, ne brûlent pas et ne produisent aucune autre réaction physique, chimique ou biologique de nature à nuire à l'environnement ou à la santé.

Il s'agit :

- des bétons ;
- des briques, tuiles et céramiques ;
- des mélanges de béton, briques, tuiles et céramiques ;
- des verres (partie vitrage uniquement) ;
- des matériaux bitumineux sans goudron ;
- des terres et pierres (y compris déblais, mais hors terre végétale).

### *Les déchets non dangereux*

Anciennement nommés « déchets industriels banals » (DIB), les déchets non dangereux sont des déchets ni inertes ni dangereux pour l'environnement ou la santé.

Il s'agit notamment :

- des métaux et leurs alliages ;
- des bois bruts ou faiblement adjuvantés ;
- des papiers, des cartons ;
- du plâtre ;
- des plastiques ;
- des laines minérales ;
- des peintures, vernis, colles, mastics en phase aqueuse (ne comportant pas de substances dangereuses) ;
- des cartouches ne contenant pas de produits toxiques ;
- des mélanges de ces différents déchets, y compris les mélanges contenant des déchets inertes ;
- des DEEE (déchets d'équipements électriques et électroniques) ne contenant pas de substances dangereuses ;
- des déchets alimentaires liés à la vie sur le chantier.

### *Les déchets dangereux*

Les déchets dangereux, anciennement nommés « déchets industriels spéciaux » (DIS) contiennent des substances dangereuses pour l'environnement ou la santé. Ils sont marqués d'un astérisque dans la classification des déchets. La réglementation impose un suivi rigoureux de ces déchets à l'aide de bordereaux de suivi.



Il s'agit notamment :

- de l'amiante friable et lié, tous matériaux amiantés ;
- des aérosols ;
- des accumulateurs et piles contenant des substances dangereuses ;
- du bois traité avec des substances dangereuses ;
- des boues de séparateur d'hydrocarbures ;
- des cartouches contenant des substances dangereuses ;
- des emballages souillés par des substances dangereuses ;
- des produits contenant du goudron ;
- des lampes à économie d'énergie ;
- des DEEE (déchets d'équipements électriques et électroniques) contenant des substances dangereuses ;
- des peintures, vernis, colles, solvants contenant des substances dangereuses ;
- des pinceaux, chiffons souillés avec des produits dangereux ;
- des produits absorbants pollués aux hydrocarbures ;
- des transformateurs à pyralène.

Chaque type de déchets peut être dirigé vers des infrastructures différentes selon son niveau de propreté, sa recyclabilité, les volontés de valorisation, etc.

*Les déchets inertes peuvent être dirigés vers :*

- une plateforme de valorisation des déchets inertes ;
- un centre de regroupement et de tri, transit ;
- une déchetterie pro (sous certaines conditions) ;
- une installation de stockage des déchets inertes (décharge de classe III).

*Les déchets non dangereux peuvent être dirigés vers :*

- des filières industrielles de recyclage (plastic, bois, métaux, etc.) ;
- des filières de valorisation énergétique : centrales, cimenteries ;
- un centre de regroupement et de tri, transit ;
- une déchetterie pro ;
- une installation de stockage des déchets non dangereux (décharge de classe II).

*Les déchets dangereux peuvent être dirigés vers :*

- des filières de valorisation énergétique ;
- un centre de regroupement et de tri, transit ;
- une déchetterie pro ;
- une installation de stockage des déchets dangereux (décharge de classe I).

## ANNEXE E : LIAISONS ET POINTS SINGULIERS À TRAITER



▲ Figure 120 : Renvoi aux paragraphes portant sur les liaisons et les points singuliers à traiter

## ANNEXE F : STATUT ACTUEL DES TECHNIQUES D'ISOLATION THERMIQUE PAR L'INTÉRIEUR



Tableau 75 : Statut actuel des techniques d'isolation thermique par l'intérieur

Type de procédé d'isolation thermique	Produits et/ou techniques traditionnels			Produits et/ou techniques non traditionnels	
	Documents normatifs de mise en œuvre	Référentiel produits	Certification produit	Isolants visés et normes produits	Produits et procédés
Complexes et sandwichs d'isolation thermique par l'intérieur : plaques de plâtre / isolant	NF DTU 25.42 Ouvrages de doublage et habillage en complexes et sandwichs plaques de plâtre et isolant	NF EN 13950 Complexes et sandwichs	CSTBat ACERMI	Laine minérale (MW) NF EN 13162	Complexes et sandwichs plaques de plâtre et isolant
		NF EN 520 Plaques de plâtre	NF Plaques de plâtre	Polystyrène expansé (EPS) NF EN 13163	
		NF EN 13963 Matériaux de jointoiement	CSTBat Enduits	Mousse polystyrène extrudé (XPS) NF EN 13164	
Procédés d'isolation thermique des combles avec isolant et parement plaque, panneau, frise, lambris (plafonds horizontaux, inclinés et pieds droits)	NF DTU 25.41 Ouvrages en plaques de plâtre – Plaques à faces cartonnées	NF EN 14496 Adhésifs à base de plâtre	Non	Mousse rigide de polyuréthane (PUR) NF EN 13165	Système avec membrane (pare vapeur, étanchéité à l'air)
		NF EN 520 Plaques de plâtre	NF Plaques de plâtre	Laine minérale (MW) NF EN 13162	
		NF EN 14195 Profilés métalliques	NF Profilés métalliques	Polystyrène expansé (EPS) NF EN 13163	
Procédés d'isolation thermique des combles avec isolant et parement plaque, panneau, frise, lambris (plafonds horizontaux, inclinés et pieds droits)	NF EN 13963 Matériaux de jointoiement	NF EN 13963 Matériaux de jointoiement	CSTBat Enduits	Mousse polystyrène extrudé (XPS) NF EN 13164	Laine de mouton ; chanvre, lin ; paille ; fibres de bois ; coton, tissu ; plumes de canard ; ouate de cellulose



Type de procédé d'isolation thermique	Produits et/ou techniques traditionnels			Produits et/ou techniques non traditionnels	
	Documents normatifs de mise en œuvre	Référentiel produits	Certification produit	Isolants visés et normes produits	Produits et procédés (*) Évaluation technique produits avec Avis Techniques en cours de validité
Contre-cloisons maçonnées avec isolant	NF DTU 25.42 Ouvrages de doublage et habillage en complexes et sandwiches plaques de plâtre	NF EN 13950 Complexes et sandwiches	CSTBat ACERMI	Laine minérale (MW) NF EN 13162	
		NF EN 520 Plaques de plâtre	NF Plaques de plâtre	Polystyrène expansé (EPS) NF EN 13163	
		NF EN 13963 Matériaux de jointoiement	CSTBat enduits	Mousse polystyrène extrudé (XPS) NF EN 13164	
				Mousse rigide de polyuréthane (PUR) NF EN 13165	
Contre-cloisons en carreaux de plâtre	NF DTU 31.2 Constructions à ossature bois	NF EN 520 Plaques de plâtre	NF Plaques de plâtre	Laine minérale (MW) NF EN 13162	
		NF 771-1 briques de terre cuite,	NF	Laine minérale (MW) NF EN 13162	
		NF 771-3 blocs de béton de granulats courants,	NF	Polystyrène expansé (EPS) NF EN 13163	
		NF 771-4 béton cellulaire autoclavé	NF	Mousse polystyrène extrudé (XPS) NF EN 13164	
Contre-cloisons en carreaux de plâtre	DTU 25.31 Ouvrages verticaux de plâtrerie en carreaux de plâtre			Mousse rigide de polyuréthane (PUR) NF EN 13165	Avis Technique GS20 et Guide technique pour la constitution d'un dossier de demande d'Avis Technique : isolants à base de fibres végétales ou animales, produits destinés à une isolation thermique par l'intérieur (e- Cahiers du CSTB3713)
				Verre cellulaire (CG) NF EN 13167	
				Fibres de bois (WF) NF EN 13171	

Type de procédé d'isolation thermique	Produits et/ou techniques traditionnels				Produits et/ou techniques non traditionnels	
	Document(s) normatifs de mise en œuvre	Référentiel produits	Certification produit	Isolants visés et normes produits	Produits et procédés	Évaluation technique (*) produits avec Avis Techniques en cours de validité
Contre cloisons plaques de plâtre sur ossature avec isolant	NF EN 520 Plaques de plâtre	NF EN 13162	NF Plaques de plâtre	Laine minérale (MW)	Produits et procédés de contre cloison plaque de plâtre sur ossature non visés par le DTU 25.41	Avis Technique GS9 lorsque hors DTU pour : produits différents (parement, isolant, ossature) ; domaine d'emploi différent ; disposition de mise en œuvre différente.
			NF Profils métalliques	NF Profils métalliques	Polystyrène expansé (EPS)	Système avec membrane (pare vapeur, étanchéité à l'air)
	NF EN 13963 Matériaux de jointoiement	CSTB at Enduits	Mousse polystyrène extrudé (XPS)	NF EN 13164	Plâtre de construction ayant des performances d'étanchéité à l'air sur la face intérieure des maçonneries	Avis Technique GS9
	NF EN 13984 Feuilles plastiques et élastomères pare-vapeur	ACERMI	Mousse rigide de polyuréthane (PUR)	NF EN 13165	Isolants d'origine végétale ou animale : laine de mouton ; chanvre ; lin ; paille ; fibres de bois ; coton, tissu ; plumes de canard ; ouate de cellulose	Avis Technique GS 20 et Guide technique pour la constitution d'un dossier de demande d'Avis Technique : isolants à base de fibres végétales ou animales, produits destinés à une isolation thermique par l'intérieur : ( <i>e-Cahiers du CSTB 3713</i> )

Type de procédé d'isolation thermique	Produits et/ou techniques traditionnels				Produits et/ou techniques non traditionnels	
	Documents normatifs de mise en œuvre	Référentiel produits	Certification produit	Isolants visés et normes produits	Produits et procédés	Évaluation technique (*) produits avec Avis Techniques en cours de validité
Procédés d'isolation thermique des planchers de greniers et combles perdus (hors procédés visés par les DTU 25.41, 25.42 et 31.2) Voir DTU 51.3					Procédés d'isolation par soufflage d'isolant laine minérale ou ouate de cellulose	Avis Technique et CPT GS20 Procédé d'isolation par soufflage d'isolant en vrac faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un DTA ( <i>e-Cahiers du CSTB 3693</i> )
					Isolant en panneaux ou rouleaux mis en œuvre sur le plancher	Avis Technique et CPT GS20 Mise en œuvre des procédés d'isolation thermique rapportée en planchers de greniers et combles perdus faisant l'objet d'un Avis Technique, DTA ou Constat de Traditionnalité ( <i>e-Cahiers du CSTB 3647</i> ).
Isolation thermique des constructions à ossature bois	NF DTU 31.2	Panneaux bois NF EN 13986	CTB-COB	Laine minérale NF EN 13162	Isolants d'origine végétale ou animale : laine de mouton ; chanvre ; lin ; paille ; fibres de bois ; coton, tissu ; plumes de canard ; ouate de cellulose	Avis Technique et CPT GS20 Guide technique pour la constitution d'un dossier de demande d'Avis Technique : végétales ou animales ( <i>e-Cahiers du CSTB 3713</i> ) ; Avis Technique et CPT GS 20 : isolation thermique des murs par l'intérieur – Procédés d'isolation à l'aide de produits manufacturés à base de fibres végétales ou animales faisant l'objet d'un Avis Technique ou d'un DTA ( <i>e-Cahiers du CSTB 3728</i> )
		Bois de structure NF EN 14081	CTB-COB	Polystyrène expansé NF EN 13163		
		Feuilles plastiques et élastomères pare-vapeur NF EN 13984	ACERMI	Mousse polystyrène extrudé NF EN 13164		
				Mousse rigide de polyuréthane NF EN 13165		

Type de procédé d'isolation thermique	Produits et/ou techniques traditionnels			Produits et/ou techniques non traditionnels	
	Documents normatifs de mise en œuvre	Référentiel produits	Certification produit	Isolants visés et normes produits	Produits et procédés (*) produits avec Avis Techniques en cours de validité
Menuiseries intérieures en bois		Lambris NF EN 14519, NF EN 14951, NF EN 15146	NF NF NF		Règles professionnelles
		Panneaux à base de bois NF EN 13986			
	NF DTU 36.1 puis NF DTU 36.2 suite à sa publication	Panneaux décoratifs finis surfacés mélaminés NF EN 14322			
Charpentes traditionnelles	NF DTU 31.1	Plaques de stratifié décoratif haute pression NF EN 438			
		Panneaux décoratifs plaqués bois NF B 54-200, NF B 54 201 NF B 54-202			
Charpentes industrielles	NF DTU 31.3	NF EN 14592	CTB-CI Marquage CE		Avis Techniques
Façades légères à ossature acier					
Façades légères à ossature bois					Panneaux fibres de bois, fibres de cellulose, etc.
Construction d'ossatures en acier pour maisons et bâtiments résidentiels	NF DTU 32.3				

## PARTENAIRES du Programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

- Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie (ADEME) ;
- Association des industries de produits de construction (AIMCC) ;
- Agence qualité construction (AQC) ;
- Confédération de l'artisanat et des petites entreprises du bâtiment (CAPEB) ;
- Confédération des organismes indépendants de prévention, de contrôle et d'inspection (COPREC Construction) ;
- Centre scientifique et technique du bâtiment (CSTB) ;
- Électricité de France (EDF) ;
- Fédération des entreprises publiques locales (EPL) ;
- Fédération française du bâtiment (FFB) ;
- Fédération française des sociétés d'assurance (FFSA) ;
- Fédération des promoteurs immobiliers de France (FPI) ;
- Fédération des syndicats des métiers de la prestation intellectuelle du Conseil, de l'Ingénierie et du Numérique (Fédération CINOV) ;
- GDF SUEZ ;
- Ministère de l'Écologie, du Développement Durable et de l'Énergie ;
- Ministère de l'Égalité des Territoires et du Logement ;
- Plan Bâtiment Durable ;
- SYNTEC Ingénierie ;
- Union nationale des syndicats français d'architectes (UNSFA) ;
- Union nationale des économistes de la construction (UNTEC) ;
- Union sociale pour l'habitat (USH).

Les productions du Programme « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 » sont le fruit d'un travail collectif des différents acteurs de la filière bâtiment en France.



ISOLATION THERMIQUE  
PAR L'INTÉRIEUR

JUN 2015

RÉNOVATION

L'isolation thermique par l'intérieur des murs, des planchers et des combles a constitué au cours des 40 dernières années la technique d'isolation la plus utilisée en France. Elle est encore largement utilisée à ce jour, notamment dans le cadre de la rénovation.

Ce guide a pour objectif d'aider au choix des procédés d'isolation thermique par l'intérieur des bâtiments existants en fonction des performances attendues, de la configuration et de la localisation de ces bâtiments.

Ce guide a été établi en prenant en compte les différentes étapes à respecter dans le cadre de travaux de rénovation mettant en œuvre un procédé d'isolation thermique par l'intérieur. Il traite notamment des techniques qui ont pu être mises en place en leur temps, du diagnostic préalable à réaliser, de la bonne connaissance du bâtiment, de sa structure et de son état de conservation ainsi que des différentes réglementations. Il offre également une aide au choix d'un procédé d'isolation thermique ou thermo-acoustique qui pourra être mis en place ou qui remplacera un système d'isolation déjà en place.

Cette aide au choix vise les performances attendues, les reprenant une à une avec un rappel des réglementations en vigueur, des règles de calculs utilisées pour l'établissement des fiches propres à chaque procédé. Elle attire l'attention sur les points particuliers à traiter (thermiques et énergétiques, hygrothermie, dispositions en vue d'éviter les risques de condensations, étanchéité à l'air, ventilation des locaux, isolement acoustique, sécurité incendie, impacts environnementaux et sanitaires, stabilité et durabilité et comportement sous sollicitations sismiques).

Les fiches figurant dans ce guide sont autoportantes. Elles décrivent les procédés d'isolation thermique ou thermo-acoustique les plus couramment utilisés en présentant succinctement les principes de mise en œuvre, leur statut et les référentiels correspondants, ainsi que, pour chacun des procédés, les performances attendues.

Le travail réalisé dans le cadre de l'élaboration de ce guide a nécessité de réunir dans un même document un grand nombre d'informations sur l'isolation thermique par l'intérieur et sur les procédés. Ce travail a permis également de rassembler des éléments (spécifications et principe de mise en œuvre, notamment sur les ossatures bois) qui pourront être intégrés dans les normes NF-DTU 25.41 et 25.42.



PROGRAMME D'ACCOMPAGNEMENT DES PROFESSIONNELS

## « Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012 »

Ce programme est une application du Grenelle Environnement. Il vise à revoir l'ensemble des règles de construction, afin de réaliser des économies d'énergie dans le bâtiment et de réduire les émissions de gaz à effet de serre.

[www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr](http://www.reglesdelart-grenelle-environnement-2012.fr)

