



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)

RECOMMANDATIONS PROFESSIONNELLES

**ISOLATION EN SOUS FACE  
DES PLANCHERS BAS**

MARS 2014

NEUF-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 - Introduction .....</b>	<b>7</b>
<b>2 - Description de l'ouvrage.....</b>	<b>8</b>
2.1. • Domaine d'application.....	8
2.2. • Description .....	9
2.2.1. • Projection d'isolant .....	9
2.2.2. • Fonds de coffrage et coffrage isolant.....	9
2.2.3. • Panneaux rapportés.....	10
<b>3 - Performances requises.....</b>	<b>11</b>
3.1. • Performances thermiques / énergétiques .....	11
3.1.1. • Contexte réglementaire .....	11
3.1.2. • Performances thermiques intrinsèques du procédé.....	13
3.1.3. • Ponts thermiques de liaisons.....	15
3.1.4. • Contribution qualitative au confort d'été dans le bâtiment.....	19
3.2. • Performance acoustique.....	19
3.2.1. • Contexte réglementaire .....	19
3.2.2. • Effets sur l'acoustique .....	20
3.2.3. • Dispositions constructives minimales vis-à-vis des exemples de solutions acoustiques (ESA) et de Qualitel .....	24
3.3. • Sécurité incendie.....	27
3.3.1. • Réaction au feu des parois et des isolants.....	28
3.3.2. • Résistance au feu des parois isolées.....	28
3.4. • Stabilité mécanique .....	30
3.4.1. • Dimensionnement.....	30
3.4.2. • Dispositions constructives .....	34
3.5. • Locaux particulièrement humides ou à ambiance agressive.....	34
3.6. • Besoin de maintenance et d'entretien périodique .....	34
<b>4 - Fiche technique sur le procédé de projection de laine minérale avec liants .....</b>	<b>36</b>
4.1. • Description.....	36
4.2. • Conception et dimensionnement .....	37
4.2.1. • Choix des matériaux.....	37
4.2.2. • Performances thermiques.....	37
4.2.3. • Performances acoustiques.....	38
4.2.4. • Sécurité incendie .....	39
4.3. • Compatibilité entre performances.....	42
4.4. • Mise en œuvre .....	42
4.4.1. • Reconnaissance du support et traitement des supports.....	42
4.4.2. • Pose de l'isolant et des finitions éventuelles.....	43
4.4.3. • Traitement des points singuliers.....	44

<b>5 - Fiche technique sur les procédés de fond de coffrage et coffrage isolant.....</b>	<b>47</b>
5.1. • Description.....	47
5.2. • Conception et dimensionnement .....	47
5.2.1. • Choix des matériaux.....	47
5.2.2. • Performances thermiques.....	48
5.3. • Performances acoustiques.....	50
5.4. • Sécurité incendie.....	50
5.5. • Compatibilité entre performances.....	51
5.6. • Mise en œuvre .....	51
5.6.1. • Pose de l'isolant et des finitions éventuelles.....	51
5.6.2. • Traitement des points singuliers.....	52
<b>6 - Fiche technique sur le procédé de panneaux rapportés sous dalle .....</b>	<b>56</b>
6.1. • Description.....	56
6.2. • Conception et dimensionnement .....	57
6.2.1. • Choix des matériaux.....	57
6.2.2. • Performances thermiques.....	57
6.2.3. • Performances acoustiques.....	59
6.2.4. • Sécurité incendie .....	59
6.2.5. • Compatibilité entre performances .....	60
6.3. • Mise en œuvre .....	60
6.3.1. • Reconnaissance et traitement des supports.....	60
6.3.2. • Pose de l'isolant et des éventuelles finitions.....	61
6.3.3. • Traitement des points singuliers.....	62
<b>7 - Références .....</b>	<b>66</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>68</b>
Annexe 1 .....	69
Annexe 2 .....	73
Annexe 3 .....	77



# Introduction

# 1



L'isolation thermique en sous face des planchers bas <sup>1</sup> est une technique couramment employée pour isoler des locaux donnant sur des parkings, des caves, des commerces, des espaces ouverts, etc.

Ce document vise à fournir des recommandations sur trois techniques d'isolation en sous face des planchers bas afin d'éclairer les entreprises et les concepteurs sur leurs performances et leur mise en œuvre.

Cet ouvrage traite :

- de l'isolation par panneaux rapportés sous dalle et fixés mécaniquement ;
- de l'isolation posée en fond de coffrage ;
- de l'isolation par projection de laine minérale.

Cette technique est aussi utilisée pour l'isolation acoustique et la protection contre l'incendie.

La technique d'isolation par plafond suspendu peut également être utilisée pour isoler les planchers bas. Pour ce procédé, on se référera aux guides RAGE relatifs à l'isolation par l'intérieur.

---

■ 1 On entend par plancher bas, toute paroi horizontale donnant sur un local chauffé uniquement sur sa face supérieure.



# 2

## Description de l'ouvrage



### 2.1. • Domaine d'application

Le document vise tous les types de bâtiment situés en France européenne. Sont concernées toutes les zones climatiques de la France européenne, y compris en altitude au-dessus de 900 m (climat de plaine et de montagne).

Ces recommandations professionnelles visent les bâtiments neufs et existants.

Les applications sont réalisées en sous face de toutes les parois horizontales, ainsi que sur toutes les faces des éléments structurels (poutres), nues, en intérieur ou en extérieur, non exposées aux intempéries, de forme quelconque relevant des ouvrages réalisés selon les DTU :

- NF DTU 21 : Exécution des travaux en béton ;
- NF DTU 23.2 : Planchers à dalles alvéolées préfabriquées en béton ;
- NF DTU 23.3 : Ossatures en éléments industrialisés en béton ;
- NF DTU 32.1 : Charpente en acier.

Sont exclus du domaine d'application les planchers en bois ou en panneaux dérivés de bois.

Sont exclus également du domaine d'application tous planchers donnant sur un vide-sanitaire lorsque l'espace disponible en sous-face n'est pas suffisant pour mettre en œuvre l'une des trois techniques d'isolation visées par ces recommandations professionnelles.

Les supports maçonnés ou en béton peuvent être de type :

- plancher nervuré à poutrelles préfabriquées et entrevous associées à du béton coulé en œuvre ou associées à d'autres constituants préfabriqués par du béton coulé en œuvre ;
- dalle pleine confectionnée à partir de prédalles préfabriquées et de béton coulé en œuvre ;

- dalles pleines coulées en place ;
- plancher confectionné à partir de dalles alvéolées en béton précontraint.

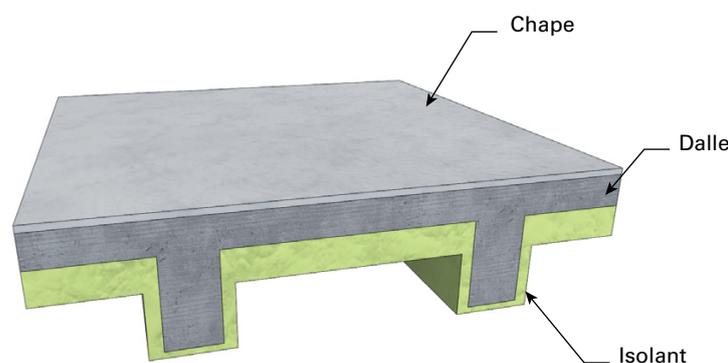
Sont également visés tous les planchers à bacs métalliques collaborants et réalisés avec du béton coulé sur des tôles nervurées galvanisées ou galvanisées prélaquées.

Les supports enduits, peintures, panneaux rigides, associés à toute surface de parois ou de structures décrites précédemment sont visés.

## 2.2. • Description

### 2.2.1. • Projection d'isolant

Cette technique vise à isoler des parois ou des structures de bâtiment par projection pneumatique de produits élaborés à partir de laines minérales avec liant. La projection est réalisée par une machine spécifique qui fonctionne suivant le principe suivant : le produit est propulsé dans un tuyau jusqu'à la lance de projection. Dans le même temps, l'eau est envoyée dans un autre tuyau jusqu'à la lance vers des buses de pulvérisation afin de mouiller à l'eau le produit et activer les liants en sortie de lance (le mouillage à la colle n'est pas visé par ce document).



▲ Figure 1 : Procédé de projection d'isolant

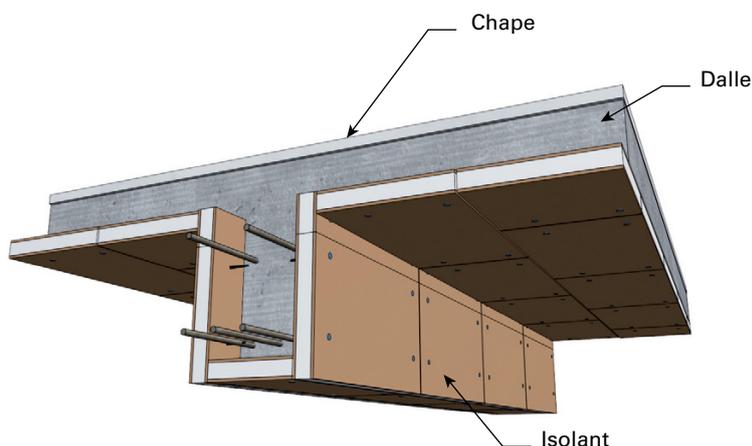
### 2.2.2. • Fonds de coffrage et coffrage isolant

L'isolation en fond de coffrage est une technique qui consiste à disposer des panneaux isolants (nus ou revêtus), composés de laine de bois, de mousse plastique alvéolaire (PSE, XPS) ou de laine minérale, sur la table de coffrage du plancher, d'y fixer des éléments d'accroche (agrafes, ancrés, queues-de-cochon, etc.) et d'y couler ensuite le béton.



On distingue deux variantes :

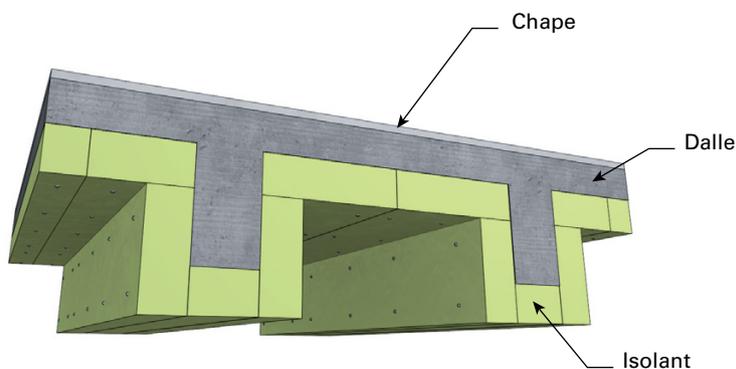
- la mise en œuvre traditionnelle : les panneaux sont posés sur un support continu servant de coffrage (planches, par exemple) ;
- la mise en œuvre en coffrage isolant : certains panneaux peuvent être mis en œuvre sans peau coffrante continue.



▲ Figure 2 : Procédé du fond de coffrage avec panneaux isolants

### 2.2.3. • Panneaux rapportés

Les panneaux rapportés sont des éléments isolants rigides fixés mécaniquement en sous face de dalle. Ils sont composés de laine minérale, de mousse plastique alvéolaire (PSE, XPS) associées ou non à des plaques de laine de bois.



▲ Figure 3 : Procédé d'isolation par panneaux rapportés



## Performances requises

# 3



### Note

L'[Annexe 3] fournit, par technique visée, les documents de référence existant à la date de rédaction de ce document.

## 3.1. • Performances thermiques / énergétiques

### 3.1.1. • Contexte réglementaire

#### 3.1.1.1. • Réglementations thermiques dans le neuf et l'existant

La réglementation thermique se répartit en trois réglementations. Une réglementation concerne les bâtiments neufs (RT 2012) et deux réglementations concernent les bâtiments existants (RT globale des bâtiments existants et RT par élément des bâtiments existants).

L'application de la réglementation thermique 2012, couverte par les arrêtés du 26 octobre 2010 et du 28 décembre 2012, s'échelonne selon les catégories et l'usage des bâtiments entre le 28 octobre 2011 et le 1<sup>er</sup> janvier 2013.

La réglementation thermique globale concernant les bâtiments existants, 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 réglementation thermique par élément des bâtiments existants, couverte par l'arrêté du 3 mai 2007, s'applique aux cas de rénovation non visés par la réglementation thermique globale.



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

La RT 2012 fixe des exigences globales à ne pas dépasser sur le besoin bioclimatique (Bbio), les ponts thermiques (ratio  $\psi$ ), la perméabilité à l'air, la consommation en énergie primaire (Cep) et la température intérieure de confort (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 ne fixe pas d'exigences globales à l'échelle du bâtiment.

### 3.1.1.3. • Respect des exigences minimales et valeurs limites concernant le procédé

En plus des exigences minimales à l'échelle du bâtiment, 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. À l'inverse, la RT 2012 ne fixe pratiquement plus d'exigence à l'échelle des composants, mais essentiellement des exigences globales à l'échelle du bâtiment.

Les planchers bas ont un impact sur la performance thermique globale à l'échelle du bâtiment et peuvent, par ailleurs, être soumis aux exigences minimales indiquées (Tableau 1).

	Réglementation thermique (RT)	Exigences
Neuf	2012	Pas d'exigences minimales au niveau de la paroi sauf pour les parois séparant des parties de bâtiments à occupation continue de parties de bâtiments à occupation discontinue où $U \leq 0,36 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ Exigence au niveau du ratio $\psi$ du bâtiment $\leq 0,28 \text{ W}/(\text{K}.\text{m}^2 \text{ SHON}_{\text{RT}})$
Existant	Globale	$U_p \leq 0,36 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ pour les planchers bas donnant sur l'extérieur ou sur un parking collectif $U_p \leq 0,40 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ pour les planchers bas donnant sur un local non chauffé
	Par élément	$R_{\text{totale}} \geq 2,3 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$ pour les planchers bas donnant sur l'extérieur ou sur un parking collectif de bâtiments situés en zone climatique H1, H2 et H3 $\geq 800 \text{ m}$ $R_{\text{totale}} \geq 2,00 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$ dans les autres cas Spécificité pour les planchers chauffants : $R_{\text{isolant}} \geq 2,00 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$ pour les planchers rayonnants électriques ; $R_{\text{isolant}} \geq 1,25 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$ pour les autres cas.

▲ Tableau 1 : Rappels des exigences réglementaires



### 3.1.2. • Performances thermiques intrinsèques du procédé

D'une manière générale, la performance thermique des planchers bas est caractérisée, comme toutes les parois opaques, par un coefficient de transmission thermique surfacique  $U_p$  s'exprimant en  $W/(m^2.K)$ .

Le terme de résistance thermique  $R$ , s'exprimant en  $m^2.K/W$ , est généralement employé pour caractériser une couche homogène de matériau constituant une paroi.

#### 3.1.2.1. • Introduction

La présente méthode s'applique aux planchers bas isolés en sous face et donnant sur un local non chauffé ou sur l'extérieur.

#### 3.1.2.2. • Méthode de calcul

Le coefficient de transmission thermique surfacique  $U_p$  d'un plancher bas isolé en sous face se calcule d'après la formule suivante :

$$U_p = U_c + \Delta U_j + n \times \chi_f$$

où

$\Delta U_j$  : majoration du coefficient  $U_c$  lié aux éventuels joints ouverts entre panneaux en  $W/(m^2.K)$  ;

$\chi_f$  : coefficient de transmission ponctuel dû à une fixation ponctuelle traversant l'isolation, en  $W/K$  ;

$n$  : nombre de fixations ponctuelles traversant l'isolation par  $m^2$  de paroi ;

$U_c$  : coefficient de transmission thermique en partie courante du plancher, en  $W/(m^2.K)$  :

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

avec

$R_{se}$  : résistance superficielle extérieure, en  $m^2.K/W$  ;

$R_{si}$  : résistance superficielle intérieure, en  $m^2.K/W$  ;

$R_i$  : résistance thermique de la couche  $i$ , en  $m^2.K/W$  ;

$$R_i = \frac{e_i}{\lambda_i}$$

$e_i$  : épaisseur de l'élément de la couche  $i$ , en  $m$  ;

$\lambda_i$  : conductivité thermique de la couche  $i$ , en  $W/(m.K)$ .

**Note**

Les caractéristiques thermiques utiles ( $\lambda_u$  et  $R_u$ ) des matériaux et produits de construction doivent être déterminées conformément aux règles d'application de la réglementation thermique française (règles Th-Bât). Ces règles précisent les modalités de conversion des valeurs déclarées dans le cadre du marquage « CE » en valeurs utiles. En pratique, un coefficient de sécurité appelé  $F_R$  pondère les valeurs déclarées afin de tenir compte de la représentativité de ces valeurs :  $\lambda_u = \lambda_d \times (F_T \times F_m \times F_R)$  et  $R_u = R_d \times (F_T \times F_m \times F_R)$

Avec  $F_T$ <sup>1</sup> et  $F_m$ <sup>2</sup> égaux à 1 et  $F_R$  déterminé selon les règles ci-dessous :

- Si la valeur déclarée est issue d'un marquage « CE » système 1+,  $F_R = 1$  ;
- Si la valeur déclarée est issue d'un marquage « CE » autres systèmes,  $F_R = 1,15$  ;
- Si la valeur déclarée est issue de documents d'avis techniques ou documents d'application,  $F_R = 1$  ;
- Si la valeur déclarée est issue d'une certification au sens des articles L115-27 et L115-28 du code de la consommation ou certification équivalente (associée ou pas à un marquage CE),  $F_R = 1$ .

Le coefficient de transmission thermique surfacique  $U_f$  total d'un plancher bas isolé en sous face intégrant les ponts thermiques des liaisons intermédiaires (poutres, poteaux et refends), se calcule d'après la formule suivante :

$$U_f = U_p + \frac{\sum_k \psi_k \times L_k + \sum_i \chi_i}{A}$$

$U_f$  : coefficient de transmission surfacique total du plancher bas donnant sur l'espace non chauffé tenant compte de l'effet des liaisons intermédiaires du plancher, en  $m^2.K/W$  ;

$\psi_k$  : coefficient linéique de la liaison intermédiaire  $k$  du plancher bas, en  $W/(m^2.K)$  ;

$L_k$  : linéaire de la liaison intermédiaire, en m ;

$\chi_i$  : coefficient linéique ponctuel  $i$  lié à un élément déperditif ponctuel (poteau, par exemple), en  $W/K$  ;

$A$  : surface intérieure du plancher bas, en  $m^2$ .

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

■ 1  $F_T$ , facteur de conversion lié à la température moyenne du matériau en œuvre. Pour les applications courantes,  $F_T$  peut être pris égal à 1. Pour les applications particulières où la température moyenne du matériau en œuvre est sensiblement différente de 10 °C,  $F_T$  doit être déterminé conformément à la norme NF EN ISO 10456.

■ 2  $F_m$ , facteur de conversion lié à la teneur en humidité moyenne du matériau en œuvre. Pour les applications courantes,  $F_m$  peut être pris égal à 1. Pour les applications particulières où la teneur en humidité du matériau est connue être sensiblement différente de la valeur conventionnelle donnée dans la norme « produit » correspondante,  $F_m$  doit être déterminé conformément à la norme NF EN ISO 10456. Les valeurs thermiques données dans les documents d'Avis Technique ou dans les Documents Techniques d'Application ou dans les certificats associés à la marque « NF » tiennent compte de l'effet de l'humidité en œuvre du matériau (prendre  $F_m = 1$ ).

### 3.1.3. • Ponts thermiques de liaisons

#### 3.1.3.1. • Introduction

Pour tous les procédés d'isolation thermique en sous face d'un plancher bas, les ponts thermiques dus à la liaison avec les murs verticaux sont importants, qu'il s'agisse d'une isolation des murs aussi bien par l'intérieur que par l'extérieur. Dans le cas d'une isolation des murs par l'extérieur, une correction du pont thermique est possible en prolongeant l'isolation sur la face intérieure du mur bas.

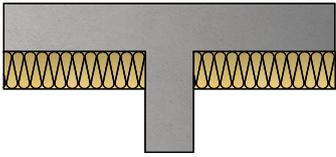
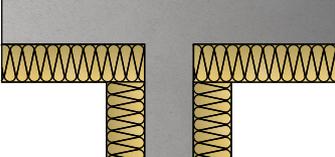
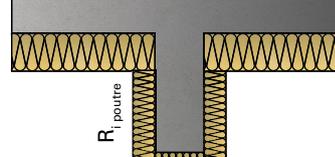
#### 3.1.3.2. • Méthode de calcul

### Principe de calcul

Les ponts thermiques de liaison doivent être déterminés par calcul numérique selon les règles Th-Bât (chapitre II, fascicule 5), règles d'application de la réglementation thermique, 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 suivantes peuvent être utilisées.

### Valeurs tabulées

#### Valeurs par défaut $\psi$ des poutres à retombée

Poutre non isolée	Poutre isolée sur deux faces	Poutre isolée sur trois faces
$R_{isp} > 2 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$ 	$R_{isp} \geq 2 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$ 	$2 \leq R_{isp} \leq 4 \text{ (m}^2\cdot\text{K)/W}$ $R_{i \text{ poutre}}$ 
$\psi = 1,21 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$	$\psi = 0,81 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$	$\psi = 0,72 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ si $R_{i \text{ poutre}} = 0,5 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ $\psi = 0,59 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ si $R_{i \text{ poutre}} = 1 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$ $\psi = 0,52 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ si $R_{i \text{ poutre}} = 1,5 \text{ m}^2\cdot\text{K/W}$

Valeurs valables pour un plancher en béton plein de 20 cm d'épaisseur et pour des poutres de 40 cm de largeur et 60 cm de hauteur.

Interpolations linéaires possibles

▲ Figure 4 : Ponts thermiques liés aux poutres à retombée



## Valeurs par défaut $\chi$ des poteaux

Poutres non isolées	Poutres isolées sur trois faces avec $R_i \geq 1 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$
Poteau de 35 cm x 35 cm $\chi = 0,02 \text{ W/K}$ Poteau de 45 cm x 45 cm $\chi = 0,03 \text{ W/K}$	Poteau de 35 cm x 35 cm $\chi = 0,35 \text{ W/K}$ Poteau de 45 cm x 45 cm $\chi = 0,50 \text{ W/K}$

▲ Figure 5 : Ponts thermiques liés aux poteaux

## Valeurs par défaut $\psi$ des refends non traversants

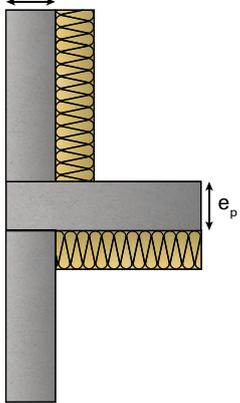
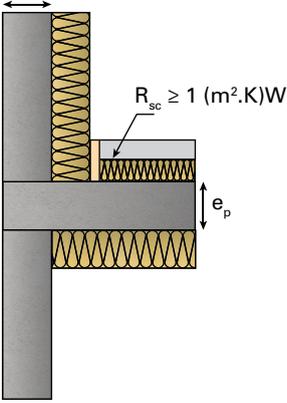
Refend non isolé	Refend isolé $h = 20 \text{ cm}$	Refend isolé $h = 60 \text{ cm}$
$15 \leq e_p \leq 30 \text{ cm}$ 	$15 \leq e_p \leq 30 \text{ cm}$ 	$15 \leq e_p \leq 30 \text{ cm}$ 
$\psi = 0,96 \text{ W/(m.K)}$	$\psi = 0,79 \text{ W/(m.K)}$	$\psi = 0,50 \text{ W/(m.K)}$

Valeurs valables pour un plancher en béton plein de 20 cm d'épaisseur et un refend en béton plein de 35 cm d'épaisseur.

Interpolations linéaires possibles en fonction de la hauteur  $h$

▲ Figure 6 : Ponts thermiques liés aux refends

Valeurs par défaut  $\psi$  des liaisons mur-plancher bas

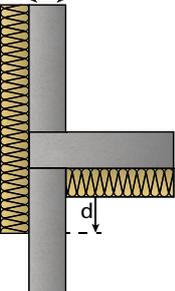
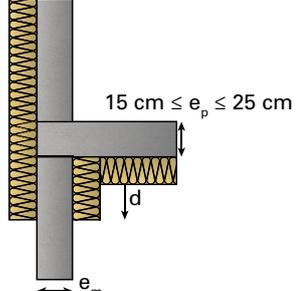
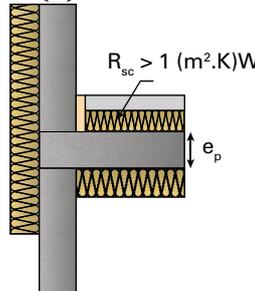
Isolation par l'intérieur Plancher bas isolé en sous face	Isolation par l'intérieur Plancher bas isolé en sous face et sous chape
<p><math>15 \text{ cm} \leq e_m \leq 30 \text{ cm}</math></p> 	<p><math>15 \text{ cm} \leq e_m \leq 30 \text{ cm}</math></p> 
$\psi = 0,79 \text{ W}/(\text{m.K})$	$\psi = 0,25 \text{ W}/(\text{m.K})$

Valeurs valables pour un plancher en béton plein de 20 cm d'épaisseur.

▲ Figure 7 : Ponts thermiques de liaison entre un mur isolé par l'intérieur et un plancher bas isolé en sous face



**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 du plancher mais uniquement de celle de la chape ou 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 de ce dernier.**

Isolation par l'extérieur Planchers bas isolés en sous face	Isolation par l'extérieur Planchers bas isolés en sous face et isolation du mur de soubassement	Isolation par l'extérieur Plancher bas isolé en sous face et sous chape
<p><math>15 \text{ cm} \leq e_m \leq 30 \text{ cm}</math></p> 	<p><math>15 \text{ cm} \leq e_m \leq 30 \text{ cm}</math></p> <p><math>15 \text{ cm} \leq e_p \leq 25 \text{ cm}</math></p> 	<p><math>15 \text{ cm} \leq e_m \leq 30 \text{ cm}</math></p> 



Isolation par l'extérieur Planchers bas isolés en sous face	Isolation par l'extérieur Planchers bas isolés en sous face et isolation du mur de soubassement	Isolation par l'extérieur Plancher bas isolé en sous face et sous chape
$0 \text{ cm} < d < 30 \text{ cm}$ $\psi = 0,95 \text{ W}/(\text{m.K})$ $d > 30 \text{ cm}$ $\psi = 0,81 \text{ W}/(\text{m.K})$	$d > 30 \text{ cm}$ (Isolation intérieure et extérieure du mur) $\psi = 0,51 \text{ W}/(\text{m.K})$ $d > 1000$ (Isolation intérieure et extérieure du mur) $\psi = 0,48 \text{ W}/(\text{m.K})$	$\psi = 0,73 \text{ W}/(\text{m.K})$

Valeurs valables pour un plancher en béton plein de 20 cm d'épaisseur.

▲ **Figure 8** : Ponts thermiques de liaison entre un mur isolé par l'extérieur et un plancher bas isolé en sous face



**La (Figure 7) et la (Figure 8) proposent des solutions d'amélioration du pont thermique de liaison avec une isolation mixte du plancher bas (en-dessous et au-dessus du plancher). Ces solutions peuvent présenter des risques de condensation au sein du plancher. Il convient d'examiner au cas par cas toute solution de ce type à l'aide d'une étude approfondie.**

## Exemples d'application

Le (Tableau 2) présente l'impact des ponts thermiques liés aux poutres à retombée et aux poteaux pour deux configurations d'isolation.

Le coefficient  $U_p$ , exprimé en  $\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$ , représente la déperdition thermique à travers le plancher et intègre les éventuels ponts thermiques liés à la fixation des panneaux isolants. Le coefficient  $U_f$ , exprimé en  $\text{W}/(\text{m}^2.\text{K})$ , intègre le coefficient  $U_p$  et les ponts thermiques liés aux éventuelles poutres, aux poteaux et aux refends.

Le calcul est réalisé pour des entraxes de poutres longitudinales de 7 m et de poutres transversales de 5 m. Un poteau est présent à chaque croisement de poutres.

$U_p$ ( $\text{W}/[\text{m}^2.\text{K}]$ )	Configurations avec poutres non isolées		Configurations avec poutres isolées $R_i > 1 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$	
	$U_f$ ( $\text{W}/[\text{m}^2.\text{K}]$ )	Écart $U_f-U_p$ (%)	$U_f$ ( $\text{W}/[\text{m}^2.\text{K}]$ )	Écart $U_f-U_p$ (%)
0,15	0,46	209 %	0,29	94 %
0,20	0,51	156 %	0,34	71 %
0,25	0,56	125 %	0,39	56 %
0,30	0,61	104 %	0,44	47 %
0,35	0,66	89 %	0,49	40 %
0,40	0,71	78 %	0,54	35 %

▲ **Tableau 2** : Exemples d'impact des ponts thermiques des poutres et des poteaux sur le coefficient  $U_f$  du plancher

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

La mise en œuvre d'une isolation en sous face d'un plancher lourd (en béton, par exemple), démunie de revêtement isolant côté intérieur, permet d'augmenter l'inertie thermique du bâtiment, donc le stockage des apports solaires en provenance des baies.

En fonction de l'usage d'un bâtiment, l'inertie peut contribuer à une réduction des consommations de chauffage en hiver.

En été, l'inertie permet de stocker la chaleur dans la masse. Associée à une sur ventilation nocturne, lorsque la température extérieure est inférieure à la température intérieure, la chaleur est évacuée du bâtiment la nuit. L'inertie permet alors de limiter fortement les pointes de température en période estivale.

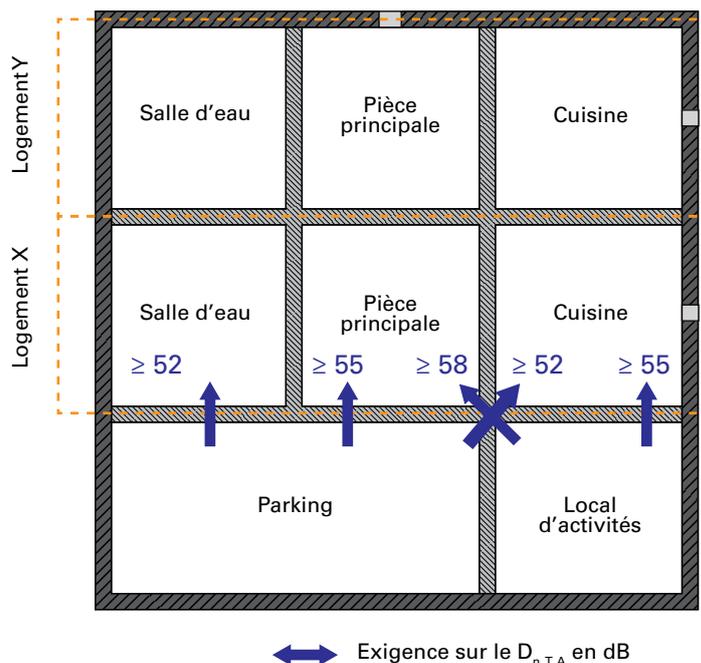
## 3.2. • Performance acoustique

### 3.2.1. • Contexte réglementaire

Les réglementations acoustiques françaises sont des réglementations de résultats et non de moyens, ce n'est donc pas la performance propre des produits ou des systèmes qui est visée, mais la performance globale du bâtiment. Donc, pour concevoir un bâtiment de façon à ce qu'il puisse atteindre les exigences fixées, il est nécessaire de bien connaître la performance des systèmes qui le composent ainsi que leurs connexions.

À ce jour, il existe principalement quatre domaines réglementés sur le plan acoustique pour les bâtiments neufs ou les extensions de bâtiment :

- arrêté du 30 juin 1999 relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation ;
- arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les hôtels ;
- arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les établissements d'enseignement ;
- arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les établissements de santé.



▲ Figure 9 : Exigences réglementaires liées au plancher bas pour les bâtiments d'habitation

Les techniques faisant l'objet de ce document étant surtout présentes en plancher bas, entre locaux non chauffés et locaux chauffés, la contrainte acoustique spécifique est principalement orientée sur l'isolement au bruit aérien intérieur, mais aussi de façon plus marginale sur l'isolement au bruit aérien vis-à-vis de l'extérieur.



**Il est important de rappeler que seul le dimensionnement de la structure d'un bâtiment, associé à des dispositifs spécifiques, permet de limiter la propagation des bruits solides (chaufferie, par exemple). L'isolation ne pourra traiter ce problème ; il doit être étudié dès la conception du projet.**

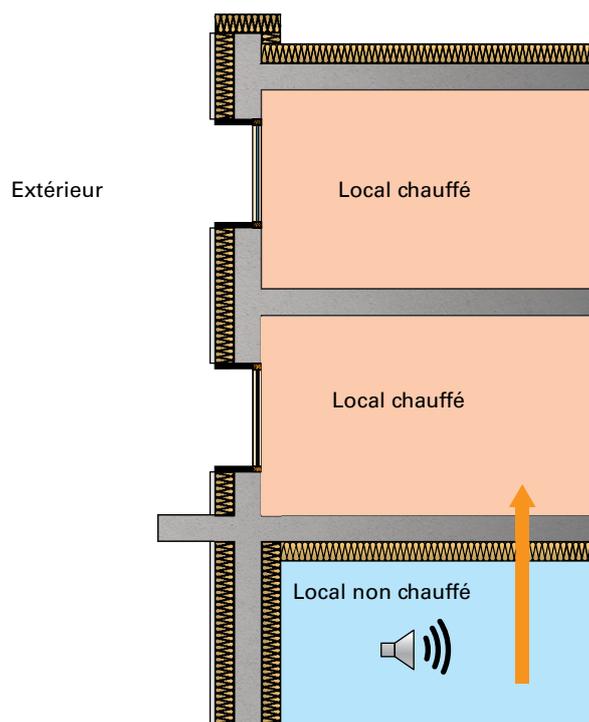
### 3.2.2. • Effets sur l'acoustique

#### Note

Ce paragraphe est illustré par des exemples qui ne pourront être considérés comme exhaustifs.

#### 3.2.2.1. • Modification de la transmission directe (isolement acoustique entre locaux chauffés et non chauffés)

La (Figure 10) montre schématiquement la transmission directe par le plancher bas séparant des locaux non chauffés (garages, par exemple) et locaux chauffés (pièces d'un logement, par exemple).



▲ Figure 10 : Transmission du bruit aérien entre locaux chauffés et locaux non chauffés

## Performance produit : $\Delta(R_w + C)$ en dB

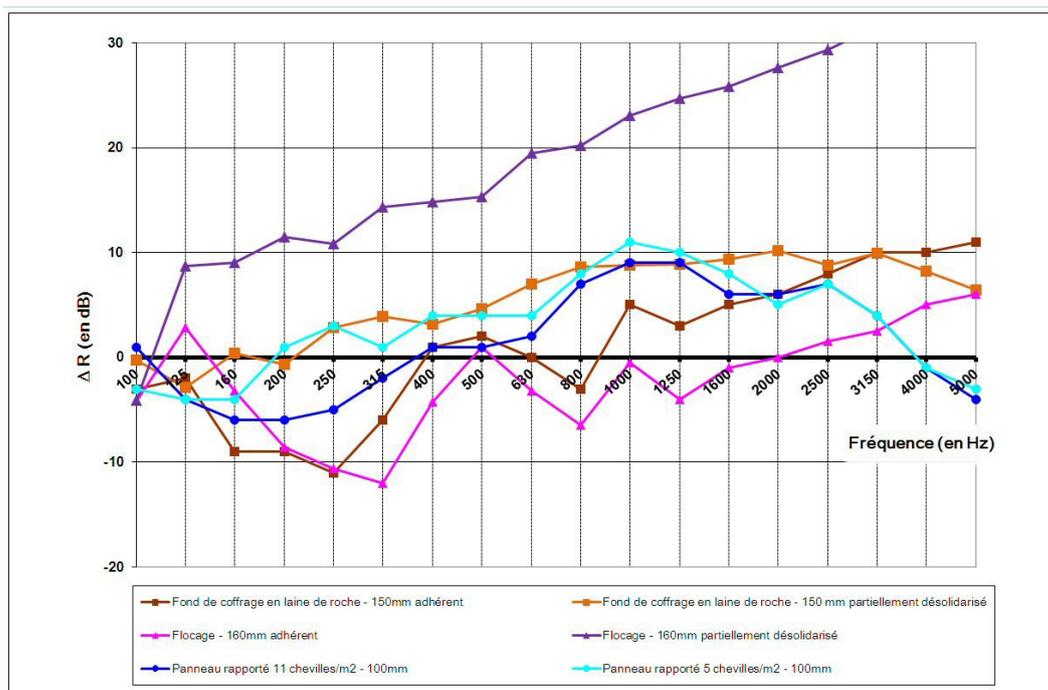
La performance acoustique d'un plancher isolé en sous-face est donnée par l'indice  $\Delta(R_w + C)$  ; plus cet indice est élevé, plus le produit est performant.

La plupart des systèmes traités dans ce document dégradent l'isolation au bruit aérien de leur plancher support.

Les paramètres impactant la performance acoustique sont les suivants :

- la nature du plancher support (Tableau 24) ;
- la nature des produits : cellules ouvertes ou fermées, densité, épaisseur, module d'élasticité, etc. (Tableau 26) ;
- la nature du contact entre l'isolant et le plancher. Une désolidarisation maximale sera recherchée sur le plan acoustique, mais le feu et la mécanique limitent fortement les possibilités (Tableau 3). En suivant ce principe, certains industriels ont ainsi trouvé des solutions permettant de ne pas dégrader la performance de la dalle nue, voire de l'améliorer dans certains cas.

Le graphe (Figure 11) et le (Tableau 3) présentent l'impact de la désolidarisation de l'isolation du plancher support pour les trois procédés visés par ce document.



▲ Figure 11 : Indice d'affaiblissement acoustique en fonction de la fréquence avec ou sans désolidarisation

Système	$\Delta(R_w+C)_{direct}$ dB
Fond de coffrage en laine de roche – 150 mm adhérent	- 7
Fond de coffrage en laine de roche – 150 mm partiellement désolidarisé	2
Projection – 160 mm adhérent	- 7
Projection – 160 mm partiellement désolidarisé	7
Panneau rapporté 100 mm – 11 attaches/m <sup>2</sup>	- 2
Panneau rapporté 100 mm – 5 attaches/m <sup>2</sup>	2

*Nota* : ces essais n'ont pas tous été réalisés sur le même plancher support mais la (Figure 29) de l'Annexe 2 illustre l'influence faible de ce paramètre sur le  $\Delta R$  (résultats issus de mesures).

▲ Tableau 3 : Exemple d'impact de la désolidarisation de l'isolation du support sur l'indice d'affaiblissement acoustique

## Performance in situ : isolement acoustique au bruit aérien $D_{n,T,A} = D_{n,T,w} + C$ en dB

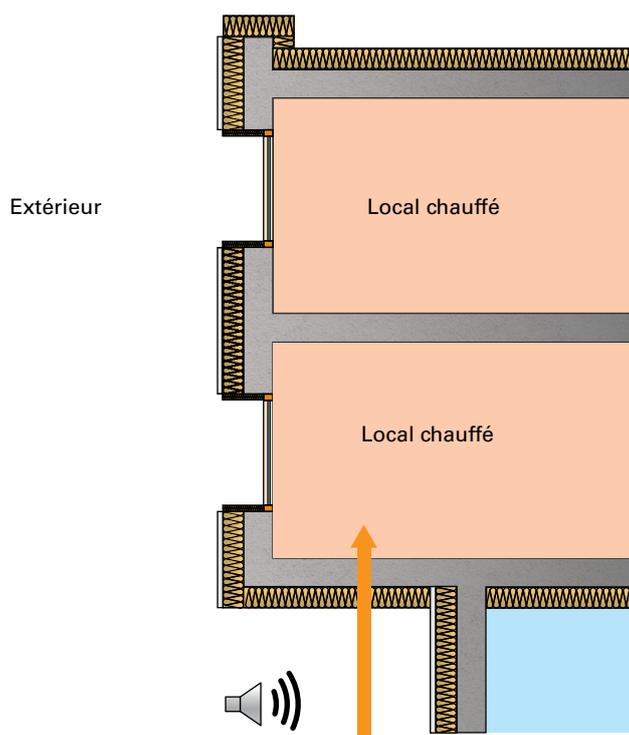
La performance de l'ouvrage est donnée en termes d'isolement au bruit aérien  $D_{n,T,A} = D_{n,T,w} + C$  en dB. Le niveau réglementaire est de 55 dB entre une pièce principale de logement et un parking, et de 58 dB entre une pièce principale de logement et un local d'activité. Pour les hôtels, notamment, l'exigence peut atteindre 60 dB dans certains cas de figure.

Pour obtenir ces niveaux d'isolement, il est nécessaire de sur dimensionner l'épaisseur du plancher bas et de choisir une technique d'isolation en sous face la moins dégradante possible acoustiquement.

Dans la pratique, la mesure de cet isolement acoustique n'est pas aisée étant donné les volumes généralement présents (parking, local d'activité, etc.).

### 3.2.2.2. • Modification de la transmission directe (isolement acoustique entre locaux chauffés et extérieur)

La (Figure 12) montre schématiquement l'isolement aux bruits aériens (transmission acoustique directe) entre l'extérieur et locaux chauffés (pièces d'un logement). Ce cas peut être rencontré dans la situation d'un passage ouvert sous un immeuble d'habitation.



▲ Figure 12 : Transmission du bruit aérien entre les locaux chauffés et l'extérieur

#### Performance produit : $\Delta(R_w + C_{tr})$ en dB

Pour la majorité d'entre eux, ces systèmes dégradent l'isolement au bruit aérien de leur plancher support.

#### Performance in situ : isolement au bruit aérien

$$D_{n,T,A,tr} = D_{n,T,w} + C_{tr} \text{ en dB}$$

La performance de l'ouvrage est donnée en termes d'isolement au bruit aérien  $D_{n,T,A,tr} = D_{n,T,w} + C_{tr}$  en dB. Le niveau réglementaire est de 30 dB à 45 dB en fonction de la situation de l'immeuble entre l'extérieur et l'intérieur.

Le respect de cette exigence ne pose généralement pas de problème étant donné l'épaisseur et le type de planchers généralement utilisés pour les planchers bas.



### 3.2.3. • Dispositions constructives minimales vis-à-vis des exemples de solutions acoustiques (ESA) et de Qualitel

Il est à noter que les deux approches considérées portent sur des bâtiments neufs d'habitation collective. Cependant, l'arrêté du 25 avril 2003 relatif aux hôtels reprend des exigences similaires ( $D_{n,T,A}$  supérieures à 55 dB et à 60 dB entre chambre et certains locaux, notamment non chauffés, comme les parkings).

#### 3.2.3.1. • Approche des ESA de janvier 2014 <sup>3</sup>

Le (Tableau 4) reprend la classification de la famille de produit objet de cette étude. La consultation des solutions balayées par ce document montre qu'entre parking et logement aucun système présentant une performance  $\Delta[R_w+C] \geq 2$  dB peut permettre de répondre à l'exigence réglementaire. Pour l'isolement entre local d'activité et logement, il faut même une classe de plus (ESA 5) soit un  $\Delta(R_w+C) \geq 8$  dB.

Cela implique qu'en logement collectif, pour un parking ou un local d'activité, aucun produit dégradant l'isolement au bruit aérien de la dalle n'est utilisable.

Type	Plancher support
	Béton de 14 cm
ESA 3	$0 \leq \Delta(R_w+C)_{\text{plancher lourd}}$
ESA 4	$+4 \leq \Delta(R_w+C)_{\text{plancher lourd}}$
ESA 5	$+8 \leq \Delta(R_w+C)_{\text{plancher lourd}}$
ESA 6	$+12 \leq \Delta(R_w+C)_{\text{plancher lourd}}$

▲ Tableau 4 : Extrait des Exemples de solutions acoustiques [4] concernant la classification de la famille « Doublages horizontaux » (qui inclut les procédés de type fond de coffrage, panneau rapporté sous dalle ou projection)

#### 3.2.3.2. • Approche Qualitel



**Le référentiel QUALITEL est un document mis-à-jour régulièrement. Les tableaux ci-dessous sont ceux en vigueur à la date de rédaction du document. Il convient d'utiliser la dernière version du document lors d'un travail de conception. Il est téléchargeable gratuitement via le site internet <http://www.qualite-logement.org>.**

Pour les produits d'épaisseur supérieure à 30 mm, le (Tableau 5) et le (Tableau 6) présentent les solutions techniques pour deux isolements  $D_{n,T,A}$ , l'un supérieur à 55 dB, l'autre à 58 dB. Là encore, il apparaît difficile d'utiliser des produits apportant une dégradation du plancher support.

■ 3 ESA, Ministère de l'Égalité des territoires et du Logement, Ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie, janvier 2014.

Le référentiel Qualitel fournit une liste de solutions techniques permettant de respecter un isolement vertical  $D_{nT,A}$  supérieur ou égal à 55 dB lorsque le plancher sépare un logement d'un local non chauffé (garage collectif ou individuel, par exemple) et supérieur ou égal à 58 dB lorsque le plancher sépare un logement d'un local d'activité.

Ces solutions conviennent uniquement lorsque :

- les cloisons de distribution dans la pièce du logement sont de type alvéolaires ou plaques de plâtre sur ossature métallique ;
- les séparatifs verticaux dans la pièce du logement sont de type :
  - lourds c'est-à-dire avec une masse surfacique  $\geq 400 \text{ kg/m}^2$  ;
  - légers composés de plaques de plâtre sur ossature métallique.

On entend par :

- Revêtement de sol : sol souple (plastique, moquette, etc.) ou sol dur (carrelage, résine, etc.) à adapter selon les exigences de niveaux de bruits de chocs ;
- Chape sur SCAM d'épaisseur totale d'isolant  $\leq 10 \text{ mm}$  (y compris pour un système prévu avec plusieurs couches d'isolant) : chape flottante sur sous-couche acoustique mince d'épaisseur totale d'isolant  $\leq 10 \text{ mm}$  certifiée CSTBat ;
- Chape sur isolant thermique : chape flottante sur isolant thermique d'épaisseur supérieure ou égale à 60 mm.
- Chape thermo-acoustique :
  - une chape flottante constituée d'un isolant thermique (PSE, XPS, PU) superposé à une sous-couche acoustique de type SCAM 1 (fibre de verre + couche bitumeuse), ou d'un isolant thermique (PSE, PU) superposé à une sous-couche acoustique de type SCAM 2 (voile de polyester). Il y a lieu de vérifier que la sous-couche acoustique possède une certification CSTBat en cours de validité, et que l'association des deux produits respecte les dispositions du NF DTU 52.10 ;
  - une chape flottante sur laine minérale d'au moins 2 cm d'épaisseur ;
  - toute chape flottante sur isolant présentant un  $\Delta[R_w + C] \geq 4 \text{ dB}$  (mesuré avec une chape de 60 mm sur une dalle béton de 200 mm ou une chape de 40 mm sur une dalle béton de 140 mm).

En présence d'un procédé de sol flottant ou collé (parquet ou stratifié flottant, procédé d'isolation acoustique collé ou flottant pour carrelage, chape flottante) avec un  $\Delta[R_w + C] < 0$  mis en œuvre sur le plancher béton, il y a lieu de majorer l'épaisseur du plancher afin de compenser proportionnellement le  $\{\Delta[R_w + C] - T_C\}$  induit par le procédé d'isolation acoustique.



**Les solutions techniques présentées ci-dessous ne sont pas valables en présence de doublage de façade en mousse rigide dans le local inférieur (typiquement un local d'activité).**

## Isolement vertical exigé $D_{n,T,A} = 55$ dB entre un logement et un local non chauffé (garage collectif ou individuel)

Solutions techniques descriptives pour $D_{n,T,A} = 55$ dB avec façade en béton $\geq 16$ cm ou en blocs béton creux de 20 cm et plancher séparatif en béton de 20 cm minimum				
Plancher séparatif en béton d'épaisseur 20 cm avec doublage et traitements réalisés par :		Isolation thermique de la façade		
Doublage thermique en sous-face de plancher	Traitement au dessus du plancher	Intérieure		Extérieure
		Doublage Th 80 mm	Doublage th-A 80 mm	
Flocage d'épaisseur $> 30$ mm ou Doublage en fond de coffrage sans écran d'interposition	Revêtements de sol, chape sur SCAM ou sur isolant thermique	Non	Oui si plancher béton $\geq 23$ cm	Oui si plancher béton $\geq 23$ cm
Pas de traitement ou Flocage d'épaisseur $\leq 30$ mm ou Doublage en fond de coffrage ou fixé mécaniquement avec $\Delta [Rw + C] \geq 2$ dB		Oui si plancher béton $\geq 23$ cm	Oui	Oui
Plafond rapporté avec plénum 100 mm + LM (laine minérale) 80 mm + BA 13		Oui	Oui	Oui
Flocage d'épaisseur $> 30$ mm ou Doublage en fond de coffrage sans écran d'interposition	Chape thermo-acoustique + revêtement de sol	Non	Oui	Oui si plancher béton $\geq 23$ cm
Pas de traitement ou Flocage d'épaisseur $\leq 30$ mm ou Doublage en fond de coffrage ou fixé mécaniquement avec $\Delta [Rw + C] \geq 2$ dB		Oui si plancher béton $\geq 23$ cm	Oui	Oui
Plafond rapporté avec plénum 100 mm + LM (laine minérale) 80 mm + BA 13		Oui	Oui	Oui

Source : Référentiel Qualitel Habitat & Environnement millésime 2012 (révisé en janvier 2013)

▲ Tableau 5 : Solution du référentiel Qualitel – millésime 2012 (révisé en janvier 2013) – pour un  $D_{n,T,A} \geq 55$  dB

## Isolement vertical exigé $D_{n,T,A} = 58$ dB entre un logement et un local d'activité

Solutions techniques descriptives pour $D_{n,T,A} = 58$ dB avec façade en béton $\geq 16$ cm et plancher séparatif en béton de 23 cm				
Plancher séparatif en béton d'épaisseur 23 cm avec doublage et traitements réalisés par :		Isolation thermique de la façade		
		Intérieure		Extérieure
Doublage thermique en sous-face de plancher	Traitement au dessus du plancher	Doublage Th 80 mm	Doublage th-A 80 mm	
Flocage d'épaisseur > 30 mm ou Doublage en fond de coffrage sans écran d'interposition	Revêtements de sol, chape sur SCAM ou sur isolant thermique	Non	Non	Oui si façade béton $\geq 20$ cm et plancher béton $\geq 25$ cm
Pas de traitement ou Flocage d'épaisseur $\leq 30$ mm ou Doublage en fond de coffrage ou fixé mécaniquement avec $\Delta [Rw + C] \geq 2$ dB		Non	Oui	Oui si façade béton $\geq 20$ cm
Plafond rapporté avec plénum 100 mm + LM (laine minérale) 80 mm + BA 13		Non	Oui si plancher béton $\geq 20$ cm	Oui si plancher béton $\geq 20$ cm
Flocage d'épaisseur > 30 mm ou Doublage en fond de coffrage sans écran d'interposition	Chape thermo-acoustique + revêtement de sol	Non	Non	Oui si plancher béton $\geq 25$ cm
Pas de traitement ou Flocage d'épaisseur $\leq 30$ mm ou Doublage en fond de coffrage ou fixé mécaniquement avec $\Delta [Rw + C] \geq 2$ dB		Non	Oui	Oui
Plafond rapporté avec plénum 100 mm + LM (laine minérale) 80 mm + BA13		Non	Oui si plancher béton $\geq 20$ cm	Oui si plancher béton $\geq 20$ cm

Source : Référentiel Qualitel Habitat & Environnement millésime 2012 (révisé en janvier 2013)

▲ **Tableau 6** : Solution du référentiel Qualitel – millésime 2012 (révisé en janvier 2013) – pour un  $D_{n,T,A} \geq 58$  dB

### 3.3. • Sécurité incendie

Le type d'isolant appliqué en sous face d'un plancher ainsi que sa mise en œuvre jouent un rôle très important sur la performance de la paroi vis-à-vis des risques en cas d'incendie.

Dans le cas où un plancher nu n'assure pas la durée de résistance au feu exigée par la réglementation, sa protection par un isolant est indispensable. Par conséquent, lorsque la stabilité au feu est assurée



à l'aide d'un isolant, il est nécessaire de connaître le comportement au feu de l'isolant et sa mise en œuvre afin que l'ensemble plancher-isolant assure son rôle pendant toute la durée fixée par les exigences réglementaires du type de bâtiment concerné.

Il est important de connaître le comportement de l'isolant à la fois par rapport à la réaction au feu et à la résistance au feu. Il faut rappeler qu'un mauvais isolant par rapport à la réaction au feu conduit à une propagation très rapide du feu et peut produire une très grande quantité de fumées, et qu'un isolant ayant mauvais comportement par rapport à la résistance au feu n'assurera pas la stabilité au feu requise du bâtiment.

#### Note

Un plafond rapporté sous l'isolation du plancher peut contribuer aux performances de l'ouvrage vis-à-vis du risque incendie.

### 3.3.1. • Réaction au feu des parois et des isolants

La réaction au feu des matériaux est propre à chacun d'entre eux et est définie par un classement européen (allant de A à F) en fonction de son comportement vis-à-vis des caractéristiques normalisées telles que le pouvoir calorifique, la durée d'inflammation, le dégagement de chaleur, la taille des flammes, etc. D'un matériau classé A à un matériau classé F, en passant par les classe B, C, D et E, on passe d'un matériau incombustible à un matériau classé très inflammable lequel n'a aucune performance acceptable au feu. C'est pour cette raison qu'il convient de s'assurer que les matériaux mis en œuvre (isolant, parement, etc.) ont des classements de réaction au feu compatibles avec les exigences requises pour les locaux auxquels ils sont destinés. En général, les matériaux de protection qui procurent une durée de résistance au feu sont classés A1 ou A2 car leur température de fusion est supérieure à 1200 °C.

La réaction au feu des procédés d'isolation en sous face de plancher bas doit être justifiée dans les conditions de l'arrêté du 21 novembre 2002 modifié relatif à la réaction au feu des produits de construction et d'aménagement. Les exigences concernant le classement vis-à-vis de la réaction au feu de l'isolant, ou de l'ensemble isolant-parement, sont définies par la réglementation liée au type de bâtiment dans lequel cet isolant ou isolant-parement est mis en œuvre.

### 3.3.2. • Résistance au feu des parois isolées

En France, la résistance au feu des produits de construction doit être justifiée selon l'arrêté du 22 mars 2004, modifié le 14 mars 2011, relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages. Cet arrêté indique que les performances de résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages peuvent être

déterminées par une ou plusieurs des approches définies dans ses annexes 1 à 4. Ces approches sont :

- essai conventionnel donnant lieu à un domaine d'application direct, conformément à l'annexe 1 ;
- appréciation de laboratoire agréé, établie selon l'annexe 4 de l'arrêté ;
- méthode de calcul et règles de dimensionnement, selon l'annexe 2 (non applicable ici) ;
- référence à un procédé de fabrication ou de construction approuvé, dont la liste figure en annexe 3 de l'arrêté (ne vise pas le cas de l'isolation en sous face de plancher bas).

Actuellement, les laboratoires agréés par le ministère de l'Intérieur peuvent déterminer la durée de résistance au feu d'une paroi à l'aide de méthodes avancées. Ces méthodes font appel à des calculs numériques qui permettent la modélisation du comportement thermomécanique de la paroi ou du plancher. L'utilisation de ces méthodes exige la connaissance des propriétés thermophysiques et physicomécaniques des matériaux composant les parois et les isolants.

Il est à noter que ces recommandations professionnelles ne faisant pas partie de cette liste, elles n'exonèrent en rien le passage par une des approches pertinentes précitées.

La protection au feu d'un plancher peut être assurée par plusieurs types de protection tels que :

- des produits projetés de type fibreux ou pâteux ;
- des produits de protection de types plaques ou matelas rigides (leur masse volumique est élevée pour assurer la rigidité, comme par exemple la laine de roche de masse volumique supérieure à 140 kg/m<sup>3</sup>) ;
- des plafonds résistants au feu rapportés sous l'isolation thermique du plancher.

Le choix et l'épaisseur du produit de protection dépendra du type de plancher et/ou de son support. C'est pour cette raison qu'avant de protéger un plancher il faut connaître sa composition et ses dimensions.

Dans les cas des planchers nervurés à poutrelles préfabriquées, des dalles en béton armé, des prédalles préfabriquées, des dalles alvéolées précontraintes, des poutres de précontraints et des poutres en béton un paramètre particulièrement important est l'enrobage des armatures ou des fils/torons de précontraint.

Une vérification rapide des dimensions et de l'enrobage des types de planchers et/ou de leurs supports, à l'aide des valeurs tabulées de la norme NF EN 1992-1-2, permettra de savoir si la protection au feu est nécessaire ou non pour éviter le risque d'effondrement du plancher. Bien entendu, ces tableaux prennent en compte le niveau du chargement de l'élément étudié.



Dans le cas où le support du plancher est en acier, et quelle que soit la durée de résistance au feu requise, il faut qu'il soit protégé. De plus, si le milieu est humide il faut éviter les produits fibreux qui ne sont pas prévus pour ces conditions.

## 3.4. • Stabilité mécanique

Cette partie présente une méthode de dimensionnement ainsi que des recommandations qui doivent être établies afin d'assurer la stabilité des procédés considérés.

La zone géographique visée par ces recommandations est la France européenne. Ce qui signifie que les hypothèses prises sont valables pour la zone de vent 4 maximum au sens de l'Eurocode 1 (NF EN 1991-1-4).

### 3.4.1. • Dimensionnement

#### 3.4.1.1. • Hypothèses de calcul

Les charges à prendre en compte dans le dimensionnement des procédés d'isolation sous plancher bas sont les suivantes :

- les charges de vent ;
- la masse du procédé isolant ;
- les charges rapportées.

Les charges de vent peuvent être calculées au cas par cas selon l'Eurocode 1 (NF EN 1994-1-4). Dans le cas de locaux intérieurs aux bâtiments (normalement séparés de l'extérieur par des murs et des menuiseries), il est possible de choisir une valeur forfaitaire de 20 daN/m<sup>2</sup>.

#### Note

Les efforts de vent dans certains locaux peuvent être très inférieurs à la valeur forfaitaire proposée voire même quasi nuls (parkings souterrains avec une seule ouverture, locaux fermés avec une seule ouverture possible, etc.).

La masse du procédé isolant comprend celle de l'isolant lui-même, des éventuelles plaques de parement, des éventuels renforts, de la finition ainsi que de la masse des fixations lorsqu'elle est représentative (> 1 % du total).

Les charges rapportées sont composées de tous les éléments qu'il est prévu de fixer directement dans le procédé d'isolation. Ces fixations ne sont admises que pour des charges très légères de type réseau électrique privé. La masse ne doit pas dépasser 10 % de la masse du procédé isolant. Au-delà, une fixation directe au support doit être réalisée. Cette charge additionnelle est prévue dans tous les cas pour tenir compte des aménagements futurs.

L'ensemble des charges est additionné sans coefficient de sécurité complémentaire.

### 3.4.1.2. • Exemples de calcul de charge

Le (Tableau 7) et le (Tableau 8) suivants présentent des exemples de calcul de charge pour le cas des isolants projetés ou rapportés ainsi que le cas des complexes avec laine de bois.

Masse Volumique de l'isolant (daN/m <sup>3</sup> )	Épaisseur (mm)	Masse Surfaccique (daN/m <sup>2</sup> )	Masse des renforts (daN/m <sup>2</sup> )	Effort Forfaitaire de vent (daN/m <sup>2</sup> )	Charge Rapportée (daN/m <sup>2</sup> )	Charge Totale (daN/m <sup>2</sup> )
25	50	1,25	0,0	20	0,13	21,38
	75	1,88	0,0	20	0,19	22,06
	100	2,50	0,0	20	0,25	22,75
	150	3,75	0,3	20	0,38	24,43
	200	5,00	0,3	20	0,50	25,80
	250	6,25	0,3	20	0,63	27,18
40	50	2,0	0,0	20	0,20	22,20
	75	3,0	0,0	20	0,30	23,30
	100	4,0	0,0	20	0,40	24,40
	150	6,0	0,3	20	0,60	26,90
	200	8,0	0,3	20	0,80	29,10
	250	10,0	0,3	20	1,0	31,30
60	50	3,0	0,0	20	0,30	23,30
	75	4,5	0,0	20	0,45	24,95
	100	6,0	0,0	20	0,60	26,60
	150	9,0	0,3	20	0,90	30,20
	200	12,0	0,3	20	1,2	33,50
	250	15,0	0,3	20	1,5	36,80
80	50	4,0	0,0	20	0,40	24,40
	75	6,0	0,0	20	0,60	26,60
	100	8,0	0,0	20	0,80	28,80
	150	12,0	0,3	20	1,20	33,50
	200	16,0	0,3	20	1,60	37,90
	250	20,0	0,3	20	2,00	42,30
100	50	5,0	0,0	20	0,50	25,50
	75	7,5	0,0	20	0,75	28,25
	100	10,0	0,0	20	1,00	31,00
	150	15,0	0,3	20	1,50	36,80
	200	20,0	0,3	20	2,00	42,30
	250	25,0	0,3	20	2,50	47,80

▲ Tableau 7 : Exemples de calcul de charge pour les isolants projetés ou rapportés





Masse Volumique de l'isolant (daN/m <sup>3</sup> )	Épaisseur (mm)	Masse Surfaccique (daN/m <sup>2</sup> )	Masse des plaques en laine de bois (daN/m <sup>2</sup> )	Effort Forfaitaire de vent (daN/m <sup>2</sup> )	Charge Rapportée (daN/m <sup>2</sup> )	Charge Totale (daN/m <sup>2</sup> )
25	50	1,25	6	20	0,13	27,38
	75	1,88	6	20	0,19	28,06
	100	2,50	6	20	0,25	28,75
	150	3,75	6	20	0,38	30,13
	200	5,00	6	20	0,50	31,50
	250	6,25	6	20	0,63	32,88
40	50	2,0	6	20	0,20	28,20
	75	3,0	6	20	0,30	29,30
	100	4,0	6	20	0,40	30,40
	150	6,0	6	20	0,60	32,60
	200	8,0	6	20	0,80	34,80
	250	10,0	6	20	1,0	37,00
60	50	3,0	6	20	0,30	29,30
	75	4,5	6	20	0,45	30,95
	100	6,0	6	20	0,60	32,60
	150	9,0	6	20	0,90	35,90
	200	12,0	6	20	1,2	39,20
	250	15,0	6	20	1,5	42,50

▲ Tableau 8 : Exemples de calcul de charge pour les complexes avec plaques en laine de bois

### 3.4.1.3. • Adhérence au support

Pour les procédés dont la fixation au support dépend tout ou partie de l'adhérence, la performance doit avoir été définie par des essais exhaustifs, réalisés dans un laboratoire agréé, visant l'ensemble des formulations de béton envisageables (dosages en ciment, eau, granulats, additifs, etc.) ou par des essais *in situ*. Les annexes F et I du DTU 27.1 ainsi que les avis techniques existants fournissent une méthode d'essai et d'interprétation. Les essais doivent être menés sur tous les supports des ouvrages visés.

### 3.4.1.4. • Identification de la résistance des fixations

La résistance des fixations doit être définie par rapport, d'une part, à son ancrage dans le matériau support et, d'autre part, à sa performance dans le procédé isolant. La résistance des fixations dans l'isolant doit être au moins égale à trois fois la charge qui lui sera appliquée en œuvre.



Procédé	Type de performance à définir
Fond de coffrage avec laine minérale	Résistance de la fixation dans le béton au jeune âge (2 jours) Résistance de la fixation dans la laine minérale
Fond de coffrage avec panneaux à base de laine de bois associé à du PSE, avec panneaux de mousse de polystyrène extrudé (XPS), et avec des panneaux de PSE.	Résistance de la fixation dans le béton au jeune âge (2 jours)
Panneaux rapportés en laine minérale	Résistance de la fixation dans le béton : références aux documentations des fixations Résistance de la fixation dans les autres matériaux anciens : essais <i>in situ</i> Résistance de la fixation dans la laine minérale
Panneaux rapportés à base de laine de bois associé à du PSE, avec panneaux de mousse de polystyrène extrudé (XPS), et avec des panneaux de PSE.	Résistance de la fixation dans le béton : références aux documentations des fixations Résistance de la fixation dans les autres matériaux anciens : essais <i>in situ</i>

▲ Tableau 9 : Résistance des fixations en fonction du procédé

## Résistance des fixations dans le procédé isolant

Si les fixations dans le procédé isolant ne sont pas connues par ailleurs, il est nécessaire de réaliser un essai d'identification. Celui-ci peut se dérouler selon les indications suivantes :

- le nombre d'essai est au moins de 5 ;
- l'essai est réalisé sur des maquettes de 300 x 300 mm<sup>2</sup> ;
- l'application de l'effort peut être réalisée par un vérin ou tout autre système permettant l'application fiable des efforts ;
- la fixation est implantée dans le procédé isolant dans les conditions représentatives de la configuration en œuvre prévue ;
- la charge maximale doit être atteinte au bout d'une minute d'essai environ.

Les essais conduisent aux mesures de la charge maximale d'arrachement *N*. Pour chaque essai, le mode de rupture obtenu doit être noté :

- rupture de la cohésion de l'isolant ;
- rupture par poinçonnement de la tête de fixation ;
- rupture par glissement.

## Résistance dans le support

Lorsque l'élément de fixation est visé par un marquage CE, la valeur caractéristique de résistance est indiquée dans la norme européenne ou l'Evaluation Technique Européenne (ETE). Il est nécessaire de procéder à des essais sur chantier pour les chevilles en plastique visées par le marquage CE, pour tous les procédés de fixation non marqués CE ainsi que pour tous les procédés implantés dans de la maçonnerie (entrevous en terre cuite, en béton creux, etc.). La méthode d'essai sur chantier est définie à l'[Annexe 1].



## Systèmes fixés mécaniquement

La détermination de la charge admissible des chevilles de fixation des profilés ou des isolants (selon le mode de fixation) nécessite, dans tous les cas, une reconnaissance préalable effectuée conformément à l'[Annexe 1].

### 3.4.2. • Dispositions constructives

Lorsque des chevilles métalliques pour béton sont utilisées, leur domaine d'application doit couvrir le béton fissuré.

Les fixations dans le procédé isolant doivent avoir été testées selon des chargements dynamiques ou cycliques.

La résistance au cisaillement des fixations doit être calculée ou testée.

## 3.5. • Locaux particulièrement humides ou à ambiance agressive

Il est nécessaire que les renforts métalliques utilisés soient protégés de la corrosion. La durabilité peut venir d'une protection de l'élément par revêtement résistant au type de corrosion pouvant être subie par l'ouvrage (selon la nature des usages des lieux) ou bien celle associée à l'isolant. La protection doit être appropriée au type de corrosion potentielle et doit être déterminée en conséquence.

### Note

Les prescriptions du DTU 25.41 pour les locaux jusqu'à EB+P peuvent être utilisées. Pour les autres locaux (EB+C, EC, industriels, etc.) ainsi que pour les ambiances extérieures une étude particulière doit être menée.

## 3.6. • Besoin de maintenance et d'entretien périodique

Selon le DTU 27.1 (NF P15-202-1, Février 2004) :

- l'entretien est à la charge du maître d'ouvrage et intervient après la réception de l'ouvrage ;
- dans son sens le plus large, la notion d'entretien recouvre l'ensemble des actions visant à maintenir les revêtements en bon état et à compenser les dégradations dues à un usage normal ou anormal des locaux, ou à des interventions de différents corps d'état, afin de préserver l'aspect et la qualité des prestations réalisées, de maintenir la sécurité et la valeur des biens ;

- l'usage normal implique de prendre des précautions et les dispositions utiles pour ne pas provoquer la détérioration du revêtement d'une façon générale et, en particulier, par des chocs d'origine mécanique ou thermique, par des frottements d'objets contondants ou pouvant provoquer une striation, par des projections de produits chimiques sous forme liquide ou de vapeur.



# Fiche technique sur le procédé de projection de laine minérale avec liants

# 4



## 4.1. • Description

Le procédé visé dans ce paragraphe correspond à une isolation thermique mise en œuvre par projection pneumatique de laine minérale. Le mélange à projeter est composé de liants, d'isolants et d'adjuvants. À la date d'écriture du document, le DTU 27.1 prévoit la mise en œuvre d'une isolation d'épaisseur maximale de 200 mm (avec armatures intermédiaires obligatoire à partir de 160 mm). Certains Avis Techniques permettent la mise en œuvre d'une isolation d'épaisseur variant entre 40 et 240 mm. En effet, dans ces documents, l'adhérence du produit sur des épaisseurs d'isolation allant jusqu'à 240 mm est étudiée et la mise en œuvre est permise pour une plage de masse volumique donnée et pour certains climats.



▲ Figure 13 : Projection d'isolant sous plancher

En complément du DTU 27.1, des systèmes de projection à base de fibres minérales à liants hydrauliques peuvent faire l'objet de certification ACERMI concernant les performances intrinsèques du produit



liée à un Avis Technique relatif au procédé. De même, certains procédés font l'objet d'une Evaluation Technique Européenne (ETE) pouvant comporter leur évaluation en résistance au feu selon les différents types de supports. Dans ce cas, ils relèvent de marquage « CE » et font l'objet de DoP selon le Règlement des Produits de Construction.

La projection de produits pâteux visés par le DTU 27.2 est exclue de ce document, ces produits ayant pour vocation principale la protection des structures vis-à-vis du feu (résistance au feu) et non l'isolation thermique.

Est également exclue la projection de mousse de polyuréthane, technique récente faisant l'objet d'évaluations spécifiques.

## 4.2. • Conception et dimensionnement

### 4.2.1. • Choix des matériaux

Les isolants utilisés sont ceux visés par le DTU 27.1, soit les laines minérales visées par la norme NF B20-001.

Les liants utilisés sont ceux visés par le DTU 27.1 et les Avis Techniques concernés, soit les liants à base de ciments, de chaux ou de résines.

Lorsque la projection s'effectue directement sur le plancher support, un primaire d'accrochage est à utiliser conformément au DTU 27.1. Il s'agit de produits en phases aqueuses composés de copolymères acryliques ou vinyliques en suspension.

Lorsque la projection s'effectue sur une armature d'accrochage de type métal déployé, le primaire n'est pas nécessaire.

### 4.2.2. • Performances thermiques

#### 4.2.2.1. • Ponts thermiques intégrés

Si le produit projeté ne nécessite pas la mise en place d'une armature intermédiaire de renfort, il n'y a pas de ponts thermiques intégrés.

Dans le cas où une armature d'accrochage est fixée à 120 mm du support, les ponts thermiques donnés (Tableau 10) sont à prendre en compte.

Épaisseur d'isolation (mm)	Pont thermique intégré lié à une fixation ponctuelle de 8 mm de diamètre assurant le maintien d'un grillage, d'un treillis ou d'une feuille de métal déployé fixé à 120 mm du support
160 mm	$\chi = 0,005 \text{ W/K}$
200 mm	$\chi = 0,002 \text{ W/K}$

▲ Tableau 10 : Ponts thermiques intégrés au procédé de projection d'isolant avec armature d'accrochage



#### 4.2.2.2. • Exemples d'application

### Exemple 1 : projection d'isolant sans armature intermédiaire

Exemples de calcul de coefficients  $U_p$  et  $R_p$  pour un plancher support en béton de 20 cm.

		Conductivité thermique utile de l'isolant (W/[m.K])					
		0,040		0,045		0,050	
		$U_p$	$R_p$	$U_p$	$R_p$	$U_p$	$R_p$
Épaisseur de l'isolant (mm)	100	0,34	2,60	0,38	2,32	0,41	2,10
	120	0,29	3,10	0,32	2,77	0,35	2,50
	140	0,25	3,60	0,28	3,21	0,31	2,90
	160	0,23	4,10	0,25	3,66	0,27	3,30
	180	0,20	4,60	0,23	4,10	0,25	3,70
	200	0,18	5,10	0,20	4,54	0,23	4,10
	220	0,17	5,60	0,19	4,99	0,21	4,50
	240	0,16	6,10	0,17	5,43	0,19	4,90

Interpolations linéaires possibles entre les valeurs

▲ **Tableau 11** : Coefficients de transmission surfacique  $U_p$  et résistances thermiques  $R_p$  d'un plancher isolé par projection sans armature intermédiaire

### Exemple 2 : projection d'isolant avec armature intermédiaire à 120 mm du support à partir d'une épaisseur d'isolation de 160 mm

Exemples de calcul de coefficients  $U_p$  et  $R_p$  pour un plancher support en béton de 20 cm et une densité d'attaches ponctuelles assurant la fixation de l'armature au support de 8 par  $m^2$ .

		Conductivité thermique utile de l'isolant (W/[m.K])					
		0,040		0,045		0,050	
		$U_p$	$R_p$	$U_p$	$R_p$	$U_p$	$R_p$
Épaisseur de l'isolant (mm)	100	0,34	2,60	0,38	2,32	0,41	2,10
	120	0,29	3,10	0,32	2,77	0,35	2,50
	140	0,25	3,60	0,28	3,21	0,31	2,90
	160	0,27	3,43	0,29	3,10	0,31	2,84
	180	0,23	4,00	0,25	3,61	0,28	3,29
	200	0,20	4,66	0,22	4,19	0,24	3,81

Interpolations linéaires possibles entre les valeurs

▲ **Tableau 12** : Coefficients de transmission surfacique  $U_p$  et résistances thermiques  $R_p$  d'un plancher isolé par projection avec armature intermédiaire

#### 4.2.3. • Performances acoustiques

Le (Tableau 13) fournit des exemples d'impact de l'affaiblissement acoustique du plancher en fonction de la raideur dynamique du squelette de projection (module d'élasticité dynamique en compression à l'épaisseur près) :

Système	$\Delta(Rw+C)_{\text{plancher lourd}}$ dB
Plancher support 140 mm + projection 160 mm – s'	- 5
Plancher support 140 mm + projection 160 mm – s'/2	- 4
Plancher support 140 mm + projection 160 mm – 2*s'	- 4
Plancher support 140 mm + projection 160 mm – s'/5	- 3
Plancher support 140 mm + projection 160 mm – 5*s'	- 3

▲ **Tableau 13** : Projection (à base de laine minérale de densité 150 kg/m<sup>3</sup>) et dalle de 140 mm. Effet de la raideur dynamique du squelette de la projection (calculs AcouSYS)

La désolidarisation de l'isolation du plancher support permet d'améliorer considérablement l'indice d'affaiblissement acoustique comme en témoigne le (Tableau 14) :

Système	$\Delta(Rw+C)_{\text{direct}}$ dB
Projection 160 mm adhérent	- 7
Projection 160 mm partiellement désolidarisé	7

▲ **Tableau 14** : Projection (à base de laine minérale) et dalle de 160 mm. Effet de la désolidarisation du plancher support (calculs AcouSYS)

#### 4.2.4. • Sécurité incendie

Deux cas peuvent se présenter en ce qui concerne la protection au feu des planchers isolés à l'aide de produits projetés :

1. **Le plancher est protégé pour des raisons d'isolation thermique** par un matériau qui n'a aucune performance en situation d'incendie. Dans ce cas, deux solutions peuvent être utilisées pour la protection vis-à-vis de l'incendie :

- application d'un plafond résistant au feu ;
- application d'un flocage résistant au feu sur un support métallique (grillage de type Nergalto ou autre) qui est positionné sur l'isolant existant.

Au cas où l'isolant existant (thermique) est constitué d'un produit inflammable, il faut dimensionner l'épaisseur du produit de protection au feu pour éviter cette inflammation.

Pour les plafonds résistants au feu constitués d'une structure métallique et d'écran en plaques de plâtre, suspendus sur le plancher en béton, on peut donner les données suivantes à titre indicatif :

- les fourrures métalliques de la structure métallique du plafond, en sous-face desquelles sont fixées les plaques de plâtre, sont espacées au maximum de 600 mm ;
- si le plafond est constitué de deux couches de plaques de plâtre, l'espacement des fixations sur chaque fourrure, de la première couche de plâtre est de l'ordre de 25 mm à 300 mm et celui de la deuxième couche est de l'ordre de 150 mm ;
- si le plafond est constitué d'une seule couche l'espacement des fixations est de l'ordre de 150 mm ;



- un plafond constitué de deux couches de plaques de plâtre standard BA13 peut assurer avec le plancher une durée de résistance au feu REI30 ;
- un plafond constitué de deux couches de plaques de plâtre spécial feu BA13 peut assurer avec le plancher une durée de résistance au feu REI60 ;
- un plafond constitué d'une couche de plaques de plâtre standard BA13 peut assurer une durée de résistance au feu REI15 ;
- un plafond constitué d'une couche de plaques de plâtre spécial feu BA15 peut assurer une durée de résistance au feu REI30.

Les joints des plaques de plâtre d'une couche sur l'autre sont positionnés en quinconce et les fixations sont également décalées. Les détails sur la mise en œuvre des protections des planchers sont donnés dans les rapports d'essai de résistance au feu.

Pour les produits feu projetés sur un support métallique (grillage), il faut que le grillage soit fixé mécaniquement en sous-face du plancher. Le nombre de ces fixations est très important et ne peut être déterminé que par des essais de résistance au feu, ou par des calculs avancés. À titre indicatif 20 fixations par m<sup>2</sup>, positionnées en quinconce, peuvent assurer une très bonne tenue mécanique des produits projetés. L'épaisseur du produit projeté sur un grillage ne doit pas dépasser l'épaisseur définie par des essais de résistance au feu. Au cas où une épaisseur importante est nécessaire à mettre en œuvre, plusieurs grillages successifs sont nécessaires.

2. **Le plancher n'est pas protégé.** Dans ce cas, s'il n'y a pas d'exigence d'isolation thermique à froid, une des deux solutions présentées ci-avant peut être utilisée.

Lorsqu'il faut également assurer une exigence thermique à froid, la solution de projection d'un produit résistant au feu qui assure les deux fonctions est possible. Mais étant donné que, pour satisfaire l'exigence thermique l'épaisseur de la projection est bien supérieure à celle demandée en situation d'incendie, il faut que la tenue mécanique de la protection soit assurée pendant toute la durée de résistance au feu exigée. Pour les grandes épaisseurs elles peuvent être assurées à l'aide de plusieurs couches de protections appliquées sur plusieurs grillages métalliques qui sont tous fixés sur la dalle à l'aide de fixations en acier. Comme pour le cas précédent le dimensionnement de la protection peut être réalisé par des calculs avancés.

Pour les planchers avec des supports métalliques le dimensionnement du flocage des supports (poutres en acier) est fait à l'aide des abaques fournis par les fabricants des produits de protection. Ces abaques permettent de déterminer la température de l'échauffement d'un support en fonction de l'épaisseur du produit de protection et du facteur de massiveté du support (la poutre).



Le procès-verbal d'un essai de résistance au feu et son rapport d'essai précisent :

- la composition du produit de la protection à projeter ;
- l'état de surface ;
- la masse volumique obtenue ;
- le mode d'application ;
- la nature du support ;
- le primaire d'accrochage ;
- l'épaisseur appliquée ;
- le produit de finition éventuel ;
- le domaine d'application ;
- le classement.

Tout procédé de projection destiné à assurer une performance en matière de résistance au feu justifie d'un procès-verbal de résistance au feu. Ce procès-verbal comporte l'ensemble des dispositions permettant la mise en œuvre correspondant à la performance requise.

### En conclusion

La durée de résistance au feu d'un produit projeté et sa mise en œuvre sont, en général, déterminées par des essais de résistance au feu. Il existe aussi la possibilité d'effectuer des études spécifiques de type avis de chantier, avis de laboratoire ou calculs avancés. Mais les critères de la tenue mécanique de ces produits ne peuvent être identifiés que par des résultats expérimentaux. Ces critères sont indispensables pour les études spécifiques. Par conséquent en France, ces études ne sont réalisées que par les laboratoires agréés dans le domaine de la résistance au feu. Les spécialistes de ces laboratoires possèdent des connaissances expérimentales sur le comportement au feu de ces produits et des connaissances de modélisation du comportement des structures. Il faut rappeler que la réalisation de simulation numérique exige la connaissance de l'évolution, en fonction de la température, des propriétés thermophysiques (conductivité thermique et chaleur spécifique) de ces matériaux. Pour les produits pour lesquels ces caractéristiques ne sont pas connues la réalisation de simulations numériques est impossible.

### Note

Le comportement au feu des produits projetés constitués de matériaux inorganiques qui ont des températures de fusion inférieures à 1 000° C n'apporte que quelques minutes (laine de verre, par exemple) ou rien du tout (polystyrène ou polyuréthane nu, par exemple) à la résistance au feu d'un plancher bas.

Le comportement au feu de projections constituées de matériaux inorganiques ayant des températures de fusion supérieures à 1 200° C (laine de roche ou de laitier, par exemple) peut améliorer sensiblement la durée de résistance au feu d'un plancher bas.



### 4.3. • Compatibilité entre performances

L'exigence de protection des structures vis-à-vis du feu nécessite une masse volumique élevée du mélange à projeter. Or, plus la densité du produit projeté augmente et plus sa conductivité thermique augmente – de 0,040 W/(m.K) à plus de 0,050 W/(m.K) –, d'où une dégradation de la performance thermique du plancher.

La performance acoustique nécessite une désolidarisation entre le plancher support et l'isolation. Les procès-verbaux de résistance au feu permettent de s'assurer de la conformité de cette mise en œuvre vis-à-vis des risques incendie.

### 4.4. • Mise en œuvre

La mise en œuvre de la projection est décrite dans le DTU 27.1 ou dans les avis techniques des produits. Les indications des paragraphes suivants viennent en complément de ces documents.



**Une mise hors d'eau doit être assurée avant la mise en œuvre de l'isolation.**

#### 4.4.1. • Reconnaissance du support et traitement des supports

##### 4.4.1.1. • Supports neufs

La surface des plafonds doit être saine, dépoussiérée et débarrassée de tout produit non adhérent par brossage, grattage, ponçage, etc. Elle ne doit pas ressuer l'humidité.

Un délai de séchage est nécessaire, selon les conditions atmosphériques locales, au minimum 30 jours pour les maçonneries d'éléments, et 45 jours pour les supports en béton.

En cas de support en béton banché, l'applicateur doit s'assurer auprès de l'entreprise de gros œuvre qu'elle a bien choisi un produit de démoulage compatible avec l'application d'un produit à base de liant hydraulique, conformément à l'article 32 du DTU 23.1. Sinon, des essais d'adhérence doivent être réalisés selon les indications du DTU 27.1. En cas de résultats insuffisants, un décapage superficiel à très haute pression ou par sablage doit être effectué.

### 4.4.1.2. • Supports anciens

#### Note

Si beaucoup de passages de câbles, de canalisations ou de gaines sont présents sur le plancher support, il convient de les déporter, si la hauteur du local non chauffé le permet, afin de réaliser une isolation la plus continue possible. Cette technique d'isolation peut donc entraîner, en fonction du plancher support, des travaux conséquents en amont de la pose de l'isolation.

Une préparation du support est nécessaire afin d'assurer l'adhérence du revêtement à la structure. Les supports en béton brut reçoivent l'application d'un primaire d'accrochage. Lorsque l'on souhaite désolidariser le revêtement de la structure, il faut mettre en place une armature d'accrochage.

Dans tous les cas des essais d'adhérence sont exécutés (cf. DTU 27.1).

### 4.4.2. • Pose de l'isolant et des finitions éventuelles

La projection ne doit pas être entreprise lorsque la température ambiante ou la température du support est inférieure à 5 °C.

La projection s'effectue au moyen d'une machine pneumatique. La machine comprend généralement :

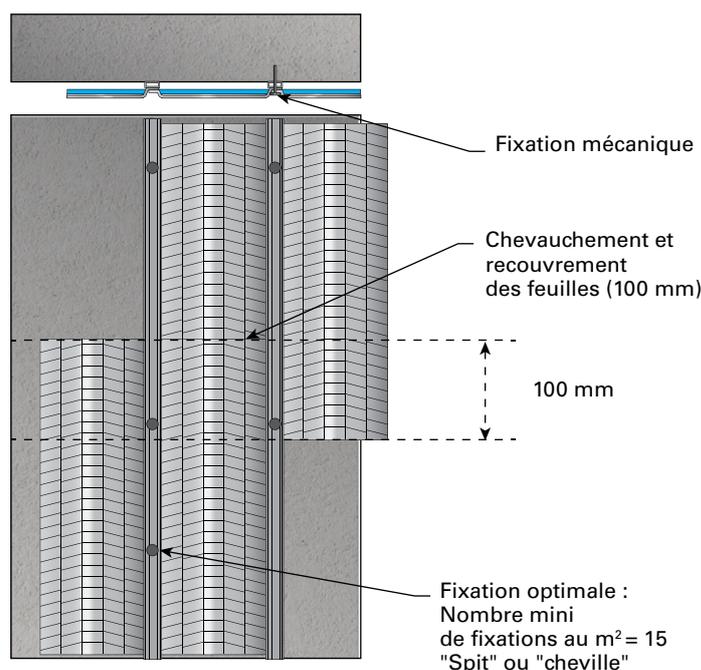
- une trémie d'alimentation ;
- un dispositif de cardage ;
- un dispositif de soufflage (ventilateur, turbine ou surpresseur) ;
- un tuyau pour véhiculer le mélange à projeter ;
- un pistolet de projection du mélange à projeter et de l'eau. Le projeteur qualifié effectue les réglages des débits en fonction des prescriptions techniques du fabricant.

L'application d'une couche s'effectue en une ou plusieurs passes. L'épaisseur maximale d'une couche est de 120 mm. Sa surface est roulée <sup>1</sup> ou comprimée <sup>2</sup> en fin d'application. Avant l'application d'une nouvelle couche, la couche précédente est humidifiée et/ou reçoit une préparation particulière : en général, un primaire d'accrochage. De plus, l'application de la couche suivante nécessite un intervalle de temps de séchage de 48 heures à *minima*.

Pour des raisons acoustiques principalement, une armature d'accrochage recouverte d'un papier peut être fixée sous le plancher. Des précisions sur le dimensionnement de l'armature d'accrochage et de sa fixation au support sont fournies dans les documents d'évaluation.

■ 1 Le revêtement roulé est, après projection, aplani à l'aide d'un rouleau lisse (peau de mouton) qui permet d'obtenir une surface légèrement granitée.

■ 2 Le revêtement comprimé avec une taloche présente un aspect plus soigné. Cette finition permet également de rattraper des différences d'épaisseur ponctuelles.



▲ Figure 14 : Armature d'accrochage fixée sous une dalle en béton

Selon le DTU 27.1, lorsque l'épaisseur d'isolation est comprise entre 160 et 200 mm, une armature d'accrochage, identique à celle utilisée pour des raisons acoustiques, est nécessaire et est placée à 120 mm du support. Des avis techniques existent sur ces procédés. L'adhérence du produit sur des épaisseurs d'isolation allant jusqu'à 240 mm y est étudiée et la mise en œuvre est permise sans armature intermédiaire pour une plage de masse volumique donnée et pour certains climats.

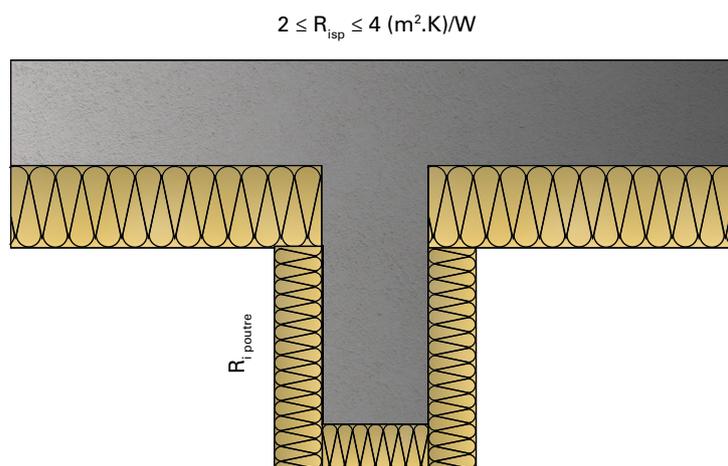
Les produits de finition peuvent être appliqués au pistolet. Leur masse surfacique sèche en œuvre doit être inférieure à 3 kg/m<sup>2</sup>.

### 4.4.3. • Traitement des points singuliers

#### 4.4.3.1. • Retombées de poutre

La technique de projection permet d'isoler les poutres. Toutefois l'épaisseur projetée peut être limitée en fonction de la hauteur disponible et de la largeur de la poutre. Il est alors nécessaire de le prendre en compte dans les calculs thermiques en se référant à la (Figure 4).

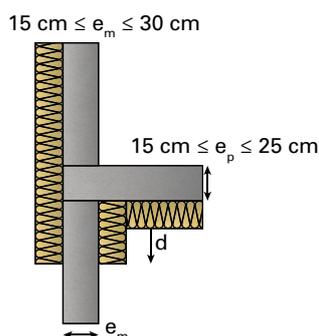
L'isolation des poutres à retombées permet de réduire le pont thermique de plus de 40 % (valable pour une résistance thermique minimale autour des poutres de 0,5 m<sup>2</sup>.K/W).



▲ Figure 15 : Isolation des poutres à retombées

#### 4.4.3.2. • Rives de plancher

Lorsque le mur est isolé par l'extérieur, une isolation intérieure du mur, sur une retombée minimale de 30 cm, en continuité de l'isolation du plancher permet de réduire le pont thermique de plus de 45 % (cf. 3.1.3.2).



▲ Figure 16 : Réduction du pont thermique par isolation intérieure du mur bas en complément de l'isolation extérieure

#### 4.4.3.3. • Trémies

Elles doivent être ouvertes avant la réalisation de la projection qui, elle, doit s'arrêter au droit de la trémie.

#### 4.4.3.4. • Pénétrations diverses (passage de gaines, de canalisations, de câbles, etc.)

##### Recommandations des industriels

Aucun matériel électrique non protégé susceptible de créer une source de chaleur continue (spots, transformateurs, câbles, etc.) ne doit être recouvert par l'isolant (cf. norme NF C 15-100).

Aucune canalisation, chemin de canalisation ou tuyauterie ne peut recevoir de projection directe d'isolant conformément aux Avis Techniques sur cette technique d'isolation.

Ces éléments peuvent traverser, pénétrer partiellement, ou longer la couche d'isolant, mais le support de la projection doit rester l'élément béton.



**Afin de ne pas endommager l'isolation lorsqu'elle est en place, il est nécessaire de mettre en œuvre les tiges filetées assurant le maintien des divers réseaux avant la mise en œuvre de l'isolation.**

La projection de laine minérale peut être projetée autour des canalisations et tuyauteries existantes. Lorsqu'une canalisation horizontale longe une dalle, la projection est faite entre la dalle et la canalisation ; si la canalisation est trop proche de la dalle, il est recommandé de dévier les éléments traversants afin de réaliser une isolation la plus continue possible.

#### 4.4.3.5. • Conduits d'évacuation des produits de combustion

Les éléments constituant l'habillage, le coffrage ou la gaine d'un conduit de fumées doivent être en matériau bénéficiant d'un classement de réaction au feu au moins M1 ou A2-s2,d0, à moins qu'ils ne respectent, pour le type de conduit de fumées mis en œuvre, les distances de sécurité fixées dans le DTU 24.1.

# Fiche technique sur les procédés de fond de coffrage et coffrage isolant

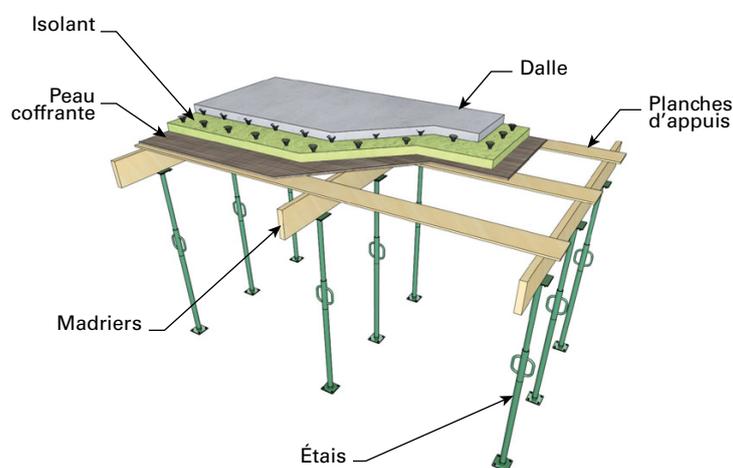
# 5



## 5.1. • Description

L'isolation en fond de coffrage est une technique utilisée dans les bâtiments neufs. Le béton est coulé directement sur des panneaux isolants, bien jointifs, posés sur la peau coffrante du plancher.

Les épaisseurs mises en œuvre actuellement utilisées vont de 35 à 310 mm.



▲ Figure 17 : Pose d'un isolant en fond de coffrage traditionnel

## 5.2. • Conception et dimensionnement

### 5.2.1. • Choix des matériaux

Il existe de très nombreux produits de fond de coffrage. Les isolants peuvent être :

- des laines minérales (MW) conformes à la norme NF EN 13162 ;
- des produits manufacturés en laine de bois (WW) conformes à la norme NF EN 13168.



La seule contrainte réelle au niveau de l'isolant au moment de la mise en œuvre est de présenter une raideur suffisante pour reprendre les charges de chantier sans déformation permanente. Le dimensionnement de la table de coffrage doit prendre en compte le surpoids induit par l'isolation et les poseurs.

Certains procédés, en laine de roche, par exemple, peuvent apporter une protection incendie complémentaire aux structures sur lesquelles ils sont appliqués. Les panneaux sont généralement fournis nus, mais ils peuvent être revêtus de plaques en laine de bois. La mise en place des fixations pour ces systèmes est souvent réalisée sur chantier.

Les procédés en mousse plastique alvéolaire sont utilisés en combinaison avec des plaques en laine de bois et/ou en laine de roche. Ces plaques confèrent aux procédés des caractéristiques mécaniques et incendie complémentaires à l'isolant. Les produits relèvent de la norme NF EN 13168. La mise en œuvre des fixations est réalisée soit sur le chantier *via* des ancrs traversant les panneaux, soit *via* des agrafes mises en œuvre en usine.

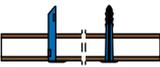
Si aucune exigence de protection contre le feu n'est nécessaire, il est possible d'utiliser des ancrs en plastique.

Dans le cas contraire, il faut utiliser des ancrs, des spirales ou des agrafes métalliques.

## 5.2.2. • Performances thermiques

### 5.2.2.1. • Ponts thermiques intégrés

Lorsque des éléments de fixations métalliques traversent les panneaux isolants, la performance thermique est dégradée.

Épaisseur d'isolation	Ressort d'ancrage pénétrant de 70 mm dans l'isolation	Ancre métallique	Agrafe métallique	Ancre en plastique
				
	$\chi$ en W/K			
100 mm	0,000	0,010	0,006	0,000
200 mm	0,000	0,008	0,004	0,000
300 mm	0,000	0,006	0,003	0,000

▲ Tableau 15 : Ponts thermiques intégrés au procédé de fond de coffrage



### 5.2.2.2. • Exemples d'application

#### Exemple 1 : isolation en fond de coffrage avec fixations en plastique

Exemples de calcul de coefficients  $U_p$  et  $R_p$  pour un plancher support en béton de 20 cm.

		Conductivité thermique utile de l'isolant (W/[m.K])							
		0,030		0,035		0,040		0,045	
		$U_p$	$R_p$	$U_p$	$R_p$	$U_p$	$R_p$	$U_p$	$R_p$
Épaisseur de l'isolant (mm)	100	0,27	3,43	0,30	2,96	0,34	2,60	0,38	2,32
	120	0,23	4,10	0,26	3,53	0,29	3,10	0,32	2,77
	140	0,20	4,77	0,23	4,10	0,25	3,60	0,28	3,21
	160	0,17	5,43	0,20	4,67	0,23	4,10	0,25	3,66
	180	0,16	6,10	0,18	5,24	0,20	4,60	0,23	4,10
	200	0,14	6,77	0,16	5,81	0,18	5,10	0,20	4,54
	250	0,11	8,43	0,13	7,24	0,15	6,35	0,17	5,66
	300	0,10	10,10	0,11	8,67	0,13	7,60	0,14	6,77

▲ **Tableau 16** : Résistances thermiques d'un plancher isolé par fond de coffrage avec ressorts d'ancrage ou fixations en plastique

#### Exemple 2 : isolation en fond de coffrage avec ancrés métalliques

Exemples de calcul de coefficients  $U_p$  et  $R_p$  pour un plancher support en béton de 20 cm et une densité d'ancres métalliques de 8 par  $m^2$ .

		Conductivité thermique utile de l'isolant (W/[m.K])							
		0,030		0,035		0,040		0,045	
		$U_p$	$R_p$	$U_p$	$R_p$	$U_p$	$R_p$	$U_p$	$R_p$
Épaisseur de l'isolant (mm)	100	0,35	2,56	0,38	2,27	0,42	2,04	0,46	1,85
	120	0,30	2,97	0,34	2,64	0,37	2,38	0,40	2,17
	140	0,27	3,37	0,30	3,01	0,33	2,71	0,36	2,48
	160	0,24	3,76	0,27	3,36	0,30	3,04	0,32	2,78
	180	0,22	4,15	0,25	3,72	0,27	3,37	0,29	3,08
	200	0,20	4,54	0,23	4,08	0,25	3,70	0,27	3,38
	250	0,17	5,54	0,19	4,98	0,21	4,53	0,22	4,15
	300	0,14	6,61	0,16	5,95	0,17	5,41	0,19	4,96

▲ **Tableau 17** : Résistances thermiques d'un plancher isolé par fond de coffrage avec ancrés métalliques



### 5.3. • Performances acoustiques

L'impact de l'épaisseur d'isolant sur la performance acoustique du plancher est présenté dans le (Tableau 18) :

Système	$\Delta(Rw+C)_{\text{plancher lourd}}$ dB
Plancher support 160 mm + laine de roche de 120 mm	- 7
Plancher support 160 mm + laine de roche de 100 mm	- 6
Plancher support 160 mm + laine de roche de 80 mm	- 5
Plancher support 160 mm + laine de roche de 60 mm	- 5
Plancher support 160 mm + laine de roche de 40 mm	- 3

▲ Tableau 18 : Fond de coffrage (laine de roche de densité 110 kg/m<sup>3</sup>) et dalle 160 mm. Effet de l'épaisseur de la couche de laine de roche (calculs AcouSYS)

Une désolidarisation partielle de l'isolation du plancher support permet d'améliorer l'indice d'affaiblissement acoustique du plancher :

Système	$\Delta(Rw+C)_{\text{direct}}$ dB
Fond de coffrage en laine de roche – 150 mm adhérent	- 7
Fond de coffrage en laine de roche – 150 mm partiellement désolidarisé	2

▲ Tableau 19 : Fond de coffrage. Effet d'une désolidarisation partielle du support

### 5.4. • Sécurité incendie

En général, les isolants en laine de roche améliorent fortement la durée de résistance au feu des planchers mais leur mise en œuvre doit être validée par des essais de résistance au feu. La contribution de la laine de roche, sur la durée de résistance au feu de l'ensemble plancher-isolant, dépend de la spécification technique de la laine de roche et de son épaisseur. Un des paramètres important qui influence le comportement au feu de la laine de roche vis-à-vis de la résistance au feu est sa masse volumique. Pour que l'épaisseur de la laine de roche dimensionnée pour une durée de résistance au feu soit assurée il faut que la masse volumique de la laine soit supérieure à 100 kg/m<sup>3</sup>.

Comme pour tout type de protection au feu, la durée de résistance au feu pour laquelle est prévue une protection en laine de roche dépend très fortement de la mise en œuvre. Il faut particulièrement faire attention au type de fixation et au nombre des fixations qui assurent la tenue mécanique des panneaux de laine de roche pendant toute la durée de résistance au feu exigée. Ces détails ne peuvent être validés que par des essais de résistance au feu. Bien entendu l'expérience des essais de résistance au feu permet aux laboratoires agréés de délivrer une des études spécifiques citées dans la section (cf. 4.2.4). Pour information, le CSTB a déjà validé des solutions de planchers en béton protégés de laine de roche, qui assurent des durées de résistance au feu jusqu'à REI360.

Les produits organiques et la laine de verre n'apportent aucune contribution sur la durée de résistance au feu du plancher s'ils ne sont pas protégés par des écrans résistants au feu.

Pour des procédés du fond de coffrage avec panneaux isolants, où l'isolant est suivi d'une plaque en laine de bois, ou un autre type de plaque, la durée de résistance au feu de l'ensemble plancher-panneau isolant ne peut être validée que par des essais de résistance au feu.

Pour les produits de coffrage sans aucune durée de résistance au feu (de type mousse plastique alvéolaire, par exemple) il est nécessaire de les protéger, soit par un plafond résistant au feu, soit par un produit projeté sur un support métallique tel que décrit en section (4.2.4). De toute façon, quelle que soit la protection rapportée, il faut faire très attention à la température d'inflammation du produit du coffrage. Il faut que la température au dos de la protection rapportée soit bien inférieure à la température d'inflammation du produit du coffrage.

## 5.5. • Compatibilité entre performances

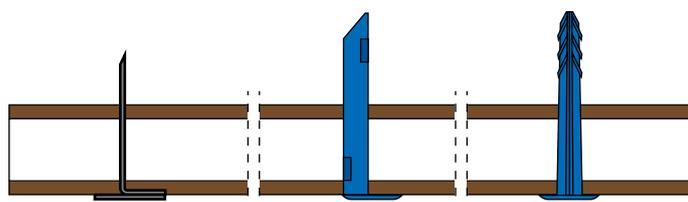
La performance acoustique nécessite généralement une désolidarisation « partielle » entre le plancher support et l'isolation. L'interposition d'un film (polyane, par exemple) entre l'isolant et la dalle peut améliorer la performance acoustique. Cependant, il est alors nécessaire d'utiliser des fixations traversantes d'où une dégradation de la performance thermique du procédé. Cette mise en œuvre doit également être validée par un procès-verbal de résistance au feu.

L'utilisation de fixations plastiques permet de réduire fortement les déperditions or ce n'est possible que si aucune exigence vis-à-vis du feu ne concerne le bâtiment.

## 5.6. • Mise en œuvre

### 5.6.1. • Pose de l'isolant et des finitions éventuelles

Les panneaux sont soit agrafés en usine, soit préparés sur site avec des ancres en plastique ou en métal.



▲ Figure 18 : Mode de fixations des panneaux en fond de coffrage



Les coffrages ou étalements doivent présenter une rigidité suffisante pour résister, sans tassements ni déformations nuisibles, aux actions de toute nature qu'ils sont exposés à subir pendant l'exécution des travaux, et notamment aux efforts engendrés par le serrage du béton (source : DTU 21).

Le support de pose de l'isolant (table de coffrage) est considéré posé et sûr. Sa résistance mécanique doit être telle qu'elle supportera le poids de l'isolant, de la dalle et des intervenants sur l'ouvrage. Les panneaux isolants doivent être posés directement sur la table de coffrage bord à bord, bien jointifs et à joints décalés.

Le nombre de fixations par panneau dépend du poids du panneau mis en œuvre ainsi que de la résistance mécanique de ces éléments.

Les fixations doivent dépasser de l'isolant afin d'assurer un entourage dans le béton d'au moins 30 mm. Les chutes de panneaux doivent être fixées avec la même densité de fixations rapportée à la surface. Les ressorts d'ancrage doivent être répartis de façon homogène sur chaque panneau. Le coulage de la dalle doit être réalisé au plus tôt après la pose de l'isolant. Le coulage de la dalle s'effectue selon les préconisations de son fournisseur et de l'organisation du chantier en respectant les règles de l'art.

Les opérations de décoffrage et de désétalement ne peuvent être effectuées que lorsque la résistance du béton est suffisante, compte tenu des sollicitations de l'ouvrage, pour éviter toute déformation excessive. Ces opérations doivent se faire de façon régulière et progressive pour ne pas entraîner de sollicitations brutales dans l'ouvrage.

#### Note

On peut réduire le délai pendant lequel l'ouvrage doit rester coffré si un étalement adapté, mis en place au moment opportun, est maintenu pendant une durée suffisante.

Par temps froid, les délais avant décoffrage doivent être augmentés, à défaut de précaution particulière concernant la maturation du béton (source : DTU 21).

La pose de l'isolant ne modifie pas le temps de séchage.

Une fois les étapes de bétonnage et de démontage des étais réalisées, les panneaux isolants peuvent être peints pour améliorer le rendu esthétique en sous face. La mise en peinture doit être réalisée avec une peinture à base de résines vinyliques en phase aqueuse. D'autres natures de peintures peuvent être envisagées à condition de justifier d'un procès-verbal de résistance au feu. L'application peut être faite au rouleau ou au pistolet pneumatique.

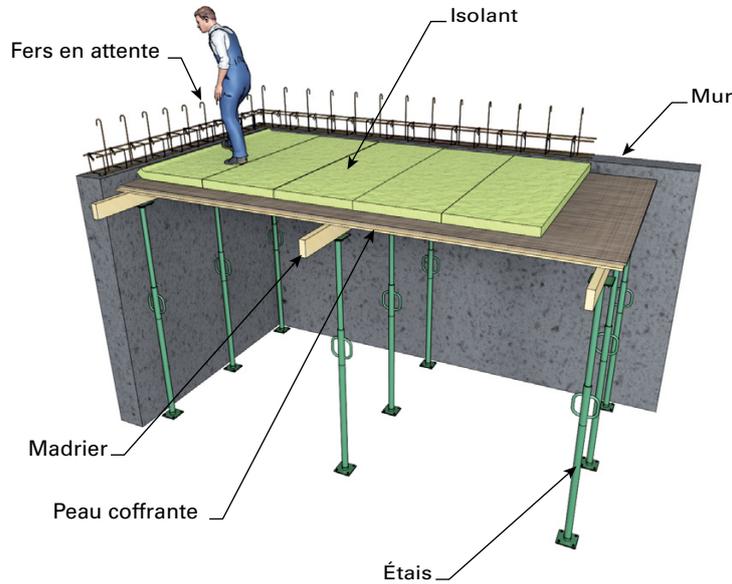
### 5.6.2. • Traitement des points singuliers

Une mise hors d'eau doit être assurée au niveau des points singuliers et plus particulièrement des diverses pénétrations.



### 5.6.2.1. • Angles

Une découpe précise des panneaux sera réalisée afin que l'isolation au niveau des angles soit assurée.



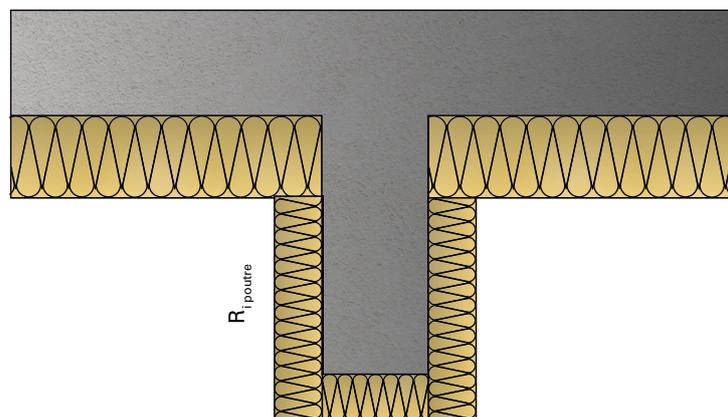
▲ Figure 19 : Isolation au niveau des angles

### 5.6.2.2. • Retombées de poutre

Si les retombées de poutre sont coulées sur place, il est possible de placer l'isolant sur les trois faces du coffrage. Il est également possible de les isoler soit par projection (cf. 4.4.3.1) soit en fixant mécaniquement l'isolant autour d'elles, à condition de pouvoir justifier la performance de ces mises en œuvre via des procès-verbaux de résistance au feu.

L'isolation des poutres à retombées permet de réduire le pont thermique de plus de 40% (valable pour une résistance thermique minimale autour des poutres de 0,5 m<sup>2</sup>.K/W).

$$2 \leq R_{isp} \leq 4 \text{ (m}^2\text{.K/W)}$$

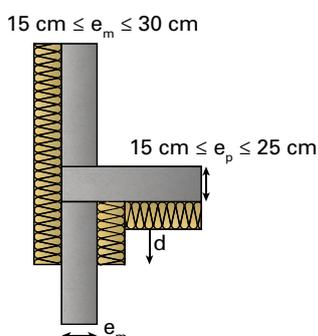


▲ Figure 20 : Isolation des poutres à retombées



### 5.6.2.3. • Rives de plancher

Lorsque le mur est isolé par l'extérieur, une isolation intérieure du mur sur une retombée minimale de 30 cm (réalisée à posteriori de l'isolation du plancher), en continuité de l'isolation du plancher permet de réduire le pont thermique de plus de 45 % (cf. 3.1.3.2). Cette isolation peut être fixée mécaniquement ou collée.



▲ Figure 21 : Réduction du pont thermique par isolation intérieure du mur bas en complément de l'isolation extérieure

### 5.6.2.4. • Trémies

Une découpe précise des panneaux sera réalisée afin que l'isolation au niveau des trémies soit assurée.

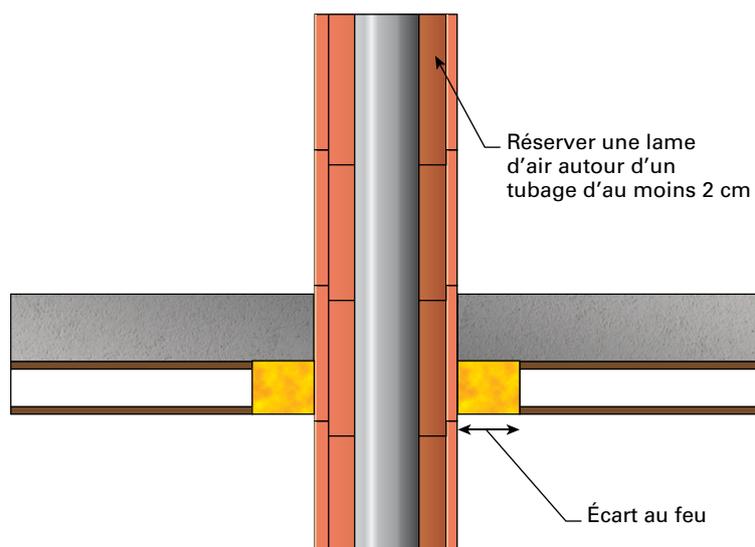
### 5.6.2.5. • Pénétrations diverses (passage de gaines, de canalisations, de câbles, etc.)

Lors de la conception du bâtiment, il est nécessaire de dimensionner au plus juste les réservations et de les calfeutrer après la mise en œuvre des réseaux avec des produits coupe-feu de type mastic, mousse expansive ou mortier.

### 5.6.2.6. • Conduits d'évacuation des produits de combustion

Les éléments constituant l'habillage, le coffrage ou la gaine d'un conduit de fumées doivent être en matériau bénéficiant d'un classement de réaction au feu au moins M1 ou A2-s2,d0, à moins qu'ils ne respectent, pour le type de conduit de fumées mis en œuvre, les distances de sécurité fixées dans le DTU 24.1.

Si l'isolant mis en œuvre sous le plancher ne respecte pas les conditions du DTU 24.1, il est nécessaire de placer sur un support jointif un matériau incombustible en respectant l'écart au feu. Le matériau devra présenter une compression suffisante pour permettre sa mise en œuvre en fond de coffrage.



▲ Figure 22 : Écart au feu pour une mise en œuvre en panneaux rapportés



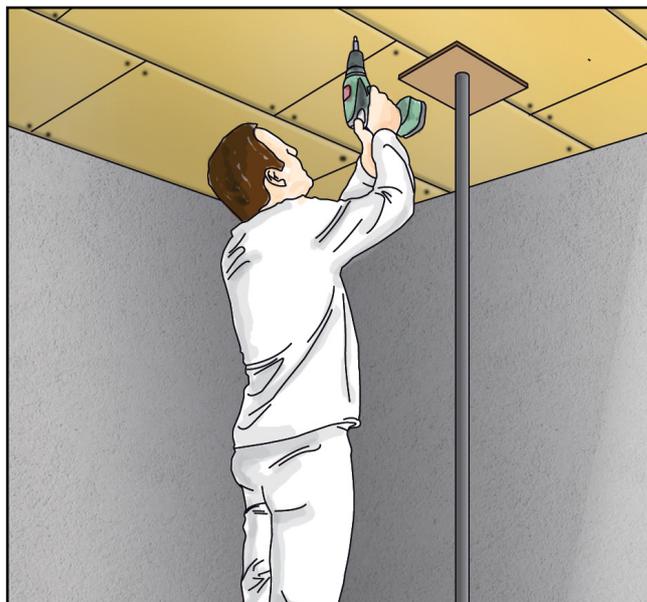
# Fiche technique sur le procédé de panneaux rapportés sous dalle

# 6



## 6.1. • Description

Cette technique peut être utilisée pour isoler des planchers neufs ou anciens. Une attention particulière doit être portée sur le dimensionnement des canalisations, des gaines et des câbles pour les bâtiments neufs et sur les modifications des réseaux déjà présents pour les bâtiments existants. Les épaisseurs mises en œuvre à la date d'écriture du document vont jusqu'à 310 mm.



▲ Figure 23 : Pose de panneaux rapportés sous dalle

## 6.2. • Conception et dimensionnement

### 6.2.1. • Choix des matériaux

Les produits utilisés en pose rapportée sont quasiment identiques à ceux utilisés en fond de coffrage. Les isolants peuvent être :

- des laines minérales (MW) conformes à la norme NF EN 13162 ;
- des produits manufacturés en laine de bois (WW) conformes à la norme NF EN 13168.

Les isolants peuvent être des panneaux en laine minérale conformes à la norme NF EN 13162 ou des isolants organiques.

Les procédés en laine de roche sont généralement destinés à apporter une protection incendie complémentaire aux structures sur lesquelles elle est appliquée.

Les procédés en mousse plastique alvéolaire sont utilisés en combinaison avec des plaques en laine de bois et/ou en laine de roche. Ces derniers confèrent aux procédés des caractéristiques mécaniques et incendie complémentaires à l'isolant. Ces produits relèvent de la norme NF EN 13168.

Si aucune exigence de protection contre le feu n'est nécessaire, il est possible d'utiliser des fixations en plastique.

Dans le cas contraire, il faut utiliser des ancrs, des chevilles ou des clous métalliques.

Il existe également sur le marché des systèmes de fixations cachées réalisés à partir de clips métalliques.

### 6.2.2. • Performances thermiques

L'isolation par panneaux rapportés sous dalle engendre des ponts thermiques intégrés au niveau des fixations ponctuelles et des joints ouverts éventuels entre panneaux.

#### 6.2.2.1. • Valeurs par défaut $\Delta U_j$ concernant les joints ouverts entre panneaux

Pour la technique d'isolation concernant les panneaux rapportés sous dalle, on applique la majoration suivante :  $\Delta U_j = 0,05 \text{ W}/(\text{m}^2.\text{K})$ .



### 6.2.2.2. • Valeurs par défaut $\chi_f$ concernant les fixations ponctuelles

Épaisseur totale d'isolation (mm)	$\chi$ en W/K			
	Fixation métallique pleine	Fixation métallique creuse	Clip métallique (fixation cachée)	Fixation en plastique
35	0,011	0,008	0,002	0,000
100	0,010	0,007	0,003	
250	0,007	0,004	0,006	
300	0,006	0,003	0,007	

Interpolations linéaires possibles

▲ Tableau 20 : Valeurs par défaut de  $\chi_f$

## Exemples d'application

### Exemple 1 : isolation en panneaux rapportés avec fixations en plastique

Exemples de calcul de coefficients  $U_p$  et  $R_p$  pour :

- un plancher support en béton de 20 cm ;
- des ouvertures de joints entre panneaux inférieurs à 2 mm ;
- des panneaux de dimensions 0,6 x 2 m<sup>2</sup>.

		Conductivité thermique utile de l'isolant (W/[m.K])							
		0,030		0,035		0,040		0,045	
		$U_p$	$R_p$	$U_p$	$R_p$	$U_p$	$R_p$	$U_p$	$R_p$
Épaisseur de l'isolant (mm)	35	0,63	1,25	0,70	1,09	0,77	0,97	0,83	0,87
	100	0,27	3,34	0,31	2,89	0,35	2,54	0,38	2,28
	120	0,23	3,97	0,27	3,43	0,30	3,02	0,33	2,70
	140	0,20	4,59	0,23	3,97	0,26	3,50	0,29	3,13
	160	0,18	5,20	0,21	4,50	0,23	3,96	0,26	3,54
	180	0,16	5,81	0,19	5,02	0,21	4,43	0,23	3,96
	200	0,15	6,40	0,17	5,54	0,19	4,88	0,21	4,37
	250	0,12	7,85	0,14	6,80	0,16	6,01	0,17	5,38
	300	0,10	9,23	0,12	8,02	0,13	7,09	0,15	6,35

Interpolations linéaires possibles

▲ Tableau 21 : Résistances thermiques d'un plancher isolé par panneaux rapportés avec fixations en plastique et joints  $\leq 2$  mm

### Exemple 2 : isolation en panneaux rapportés avec fixations métalliques pleines

Exemples de calcul de coefficients  $U_p$  et  $R_p$  pour :

- un plancher support en béton de 20 cm ;
- une densité de fixations de 8 par m<sup>2</sup> ;
- des ouvertures de joints entre panneaux compris entre 2 et 5 mm ;
- des panneaux de dimensions 0,6 x 2 m<sup>2</sup>.



		Conductivité thermique utile de l'isolant (W/[m.K])							
		0,030		0,035		0,040		0,045	
		Up	Rp	Up	Rp	Up	Rp	Up	Rp
Épaisseur de l'isolant (mm)	35	0,72	1,06	0,70	1,09	0,77	0,97	0,83	0,87
	100	0,27	3,34	0,31	2,89	0,35	2,54	0,38	2,28
	120	0,23	3,97	0,27	3,43	0,30	3,02	0,33	2,70
	140	0,20	4,59	0,23	3,97	0,26	3,50	0,29	3,13
	160	0,18	5,20	0,21	4,50	0,23	3,96	0,26	3,54
	180	0,16	5,81	0,19	5,02	0,21	4,43	0,23	3,96
	200	0,15	6,40	0,17	5,54	0,19	4,88	0,21	4,37
	250	0,12	7,85	0,14	6,80	0,16	6,01	0,17	5,38
	300	0,10	9,23	0,12	8,02	0,13	7,09	0,15	6,35

Interpolations linéaires possibles

▲ **Tableau 22** : Résistances thermiques d'un plancher isolé par panneaux rapportés avec fixations métalliques pleines et joints  $\leq 5$  mm

### 6.2.3. • Performances acoustiques

Le (Tableau 23) fournit des exemples d'impact de l'indice d'affaiblissement acoustique de plancher en fonction du nombre d'attaches par  $m^2$  et du contact entre les panneaux isolants et le plancher support.

Système	$\Delta(Rw+C)_{direct}$ dB
Plancher support 220 mm + laine de roche de 100 mm – 11 fixations/ $m^2$	- 2
Plancher support 220 mm + laine de roche de 100 mm – 7 fixations/ $m^2$	- 1
Plancher support 220 mm + laine de roche de 100 mm – 6 fixations/ $m^2$	0
Plancher support 220 mm + laine de roche de 100 mm – 5 fixations/ $m^2$	2
Plancher support 220 mm + laine de roche de 100 mm – contact total	- 6*
Plancher support + laine de roche de 100 mm – sans contact	8*

\* Performances calculées avec le logiciel AcouSYS.

▲ **Tableau 23** : Plaques en laine de roche de 100 mm d'épaisseur et densité de  $110 \text{ kg/m}^3$  rapportées sous une dalle 220 mm. Effet du nombre de fixations métalliques par  $m^2$

### 6.2.4. • Sécurité incendie

Les isolants en laine de roche peuvent améliorer fortement la durée de résistance au feu des planchers mais leur mise en œuvre doit être basée sur des méthodes de fixation déjà validées par des résultats expérimentaux. Toutes les recommandations données dans la section (5.4) sont valables également pour cette section. Il est important de rappeler que la masse volumique de la laine de roche utilisée pour assurer la résistance au feu d'un plancher ou de ces supports doit être supérieure à  $100 \text{ kg/m}^3$ .

Les calculs avancés permettent d'optimiser, à partir de la spécificité de la laine de roche, l'épaisseur à mettre en œuvre pour obtenir la performance en résistance au feu requise. La mise en œuvre, particulièrement le mode de fixation de la laine de roche et le traitement des joints, joue un rôle très important sur la durée de résistance au feu de l'ensemble plancher-isolant.



Les panneaux en laine de verre nus n'apportent aucune contribution sur la résistance au feu des planchers.

La contribution des panneaux composites en laine de bois composite et PSE et/ou en laine de roche sur la résistance au feu des ensembles planchers-isolants ne peut être validée qu'à l'aide des essais de résistance au feu.

### 6.2.5. • Compatibilité entre performances

La performance thermique du produit dépend de la résistance thermique des panneaux isolants mis en œuvre (épaisseur et conductivité thermique) et des ponts thermiques intégrés. La mécanique et les exigences vis-à-vis du feu peuvent imposer un nombre important de fixations par m<sup>2</sup> ce qui induit un impact non négligeable des systèmes de fixations sur la performance thermique d'un plancher lorsque les fixations sont métalliques. L'utilisation de fixations plastiques permet de réduire fortement les déperditions. Or, ce n'est possible que si aucune exigence vis-à-vis du feu ne concerne le bâtiment équipé du système d'isolation en question. La performance acoustique d'un plancher isolé par panneaux est également dégradée par l'augmentation du nombre de fixations au m<sup>2</sup>.

## 6.3. • Mise en œuvre



**Une mise hors d'eau doit être assurée avant la mise en œuvre de l'isolation.**

### 6.3.1. • Reconnaissance et traitement des supports

#### Note

Si beaucoup de passages de câbles et de canalisations ou de gaines sont présents sur le plancher support, il convient de les déporter, si la hauteur du local non chauffé le permet, afin de réaliser une isolation la plus continue possible. Cette technique d'isolation peut donc entraîner, en fonction du plancher support, des travaux conséquents en amont de la pose de l'isolation.

Les supports doivent être plans et ne présenter aucune irrégularité importante en surface, ni désaffleurer supérieur à 0,5 cm (à la règle de 20 cm) pour les systèmes fixés mécaniquement sans calage et à 1 cm pour les autres systèmes. Dans le cas contraire, il est nécessaire d'effectuer des ragréages localisés ou un dressage général.



### 6.3.1.1. • Supports neufs

La surface des plafonds doit être saine dépoussiérée et débarrassée de tout produit non adhérent par brossage, grattage, ponçage, etc. Elle ne doit pas ressuer l'humidité.

Un délai de séchage est nécessaire, selon les conditions atmosphériques locales, au minimum 30 jours pour les maçonneries d'éléments, et 45 jours pour les supports en béton.

En cas de support en béton banché, l'applicateur doit s'assurer auprès de l'entreprise de gros œuvre qu'elle a bien choisi un produit de démoulage compatible avec l'application d'un produit à base de liant hydraulique, conformément à l'article 32 du DTU 23.1. Sinon, des essais d'adhérence doivent être réalisés selon les indications du DTU 27.1. En cas de résultats insuffisants, un décapage superficiel à très haute pression ou par sablage doit être effectué.

### 6.3.1.2. • Supports anciens

Les lézardes existantes sont rebouchées.

Dans le cas de dégradation du béton, une étude doit être réalisée pour définir si un traitement de réparation est nécessaire.

Le décapage peut être obtenu par procédé chimique, thermique, grattage, ponçage, sablage à la vapeur ou à l'eau sous haute pression et s'effectue sur toute la surface du plancher.

## 6.3.2. • Pose de l'isolant et des éventuelles finitions

Le procédé est un système comprenant le panneau isolant, revêtu ou nu, ainsi que des éléments de fixation. L'ensemble doit être utilisé, le cas échéant, conformément au PV d'essai de résistance au feu.

Les dalles à isoler doivent être dépourvues d'équipements. En cas de rénovation, les équipements fixés sous la dalle doivent être préalablement démontés afin de permettre la pose d'une isolation continue.

La résistance du support de pose de l'isolant (dalle en béton plein) doit être vérifiée et son aptitude à être percée également.

Les panneaux doivent être posés en sous face de la dalle, en contact direct avec le béton bord à bord, bien jointifs et à joints décalés.

Le nombre de fixations par panneau est à déterminer en fonction du poids des panneaux et de la résistance mécanique des fixations.

Le choix des fixations en plastique ou métalliques est à déterminer selon la performance feu visée. Certaines justifications de performances élevées de 4h00 de degré coupe-feu peuvent passer par l'ajout d'une rondelle complémentaire à la cheville métallique. Ces rondelles ne doivent ni dépasser ni être enfoncées dans le panneau isolant.



Sans dispositif de levage des panneaux, cette technique peut nécessiter deux personnes pour la manutention et la pose des panneaux, eu égard aux épaisseurs mises en œuvre : une personne positionne le panneau et le maintient fermement en sous face de la dalle, une autre perce la dalle et pose les chevilles à frapper au maillet ou au marteau.

Les forets doivent être adaptés à la profondeur de perçage égale au minimum à l'épaisseur d'isolant majorée de 55 à 60 mm selon la pénétration de la cheville dans la dalle.

Les panneaux peuvent être peints pour améliorer le rendu esthétique en sous face. La mise en peinture doit être réalisée avec une peinture à base de résines vinyliques en phase aqueuse. D'autres natures de peinture peuvent être envisagées à condition de justifier d'un procès-verbal de résistance au feu. L'application peut être faite au rouleau ou au pistolet pneumatique.

### 6.3.3. • Traitement des points singuliers

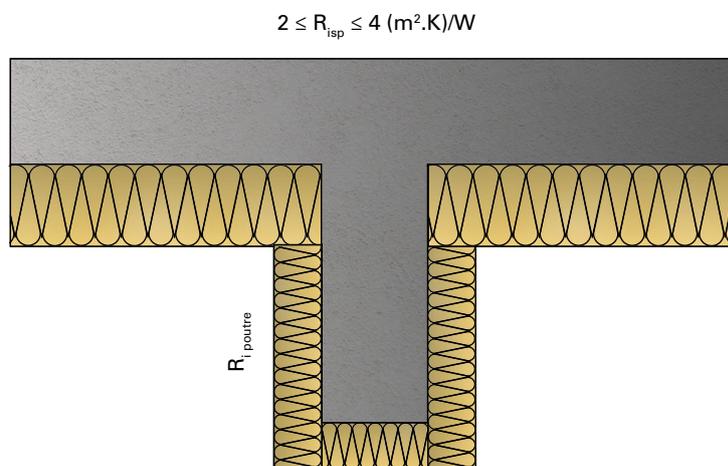
#### 6.3.3.1. • Angles

Une découpe précise des panneaux sera réalisée afin que l'isolation au niveau des angles soit assurée.

#### 6.3.3.2. • Retombées de poutre

Il est possible d'isoler les poutres à retombées soit par projection (cf. 4.4.3.1) soit en fixant mécaniquement de l'isolant autour d'elles, à condition de pouvoir justifier de la performance de ces mises en œuvre via des procès-verbaux de résistance au feu.

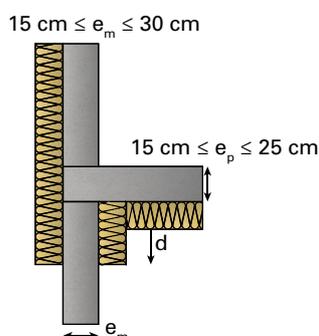
L'isolation des poutres à retombées permet de réduire le pont thermique de plus de 40% (valable pour une résistance thermique minimale autour des poutres de  $0,5 \text{ m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ ).



▲ Figure 24 : Isolation des poutres à retombées

### 6.3.3.3. • Rives de plancher

Lorsque le mur est isolé par l'extérieur, une isolation intérieure du mur, sur une retombée minimale de 30 cm (réalisée à posteriori de l'isolation du plancher), en continuité de l'isolation du plancher permet de réduire le pont thermique de plus de 45 % (cf. 3.1.3.2). Cette isolation peut être fixée mécaniquement ou collée.



▲ Figure 25 : Réduction du pont thermique par isolation intérieure du mur bas en complément de l'isolation extérieure

### 6.3.3.4. • Trémies

L'isolation du plancher bas doit s'arrêter au droit de la trémie.

### 6.3.3.5. • Pénétrations diverses (passage de gaines, de canalisations, de câbles, etc.)

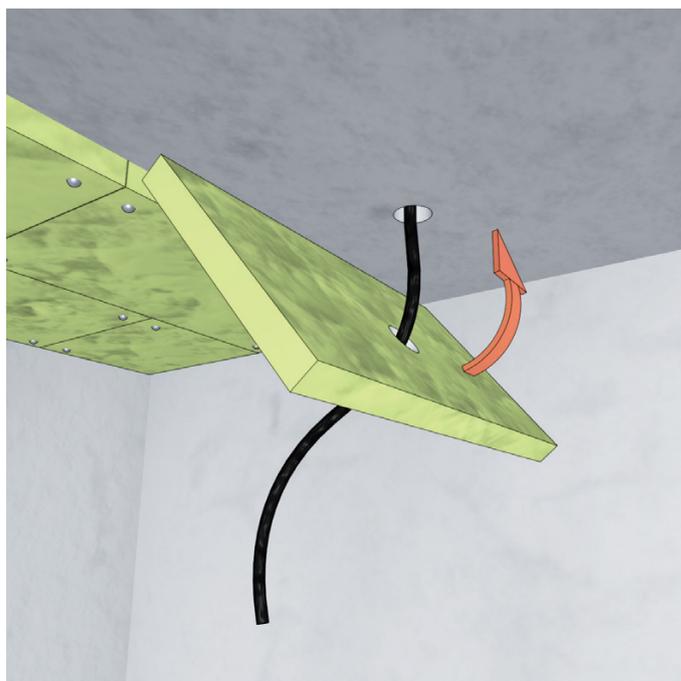
Pour les bâtiments neufs, il est nécessaire de dimensionner les réseaux (électriques, canalisations et gaines de ventilation, par exemple) et de concevoir leur mise en œuvre de manière à ce qu'une isolation, la plus continue possible, puisse être réalisée sous le plancher.

Pour les bâtiments anciens, les réseaux présents doivent être déportés afin de réduire au maximum les déperditions par le plancher.



**Afin de ne pas endommager l'isolation lorsqu'elle est en place, il est nécessaire de mettre en œuvre les tiges filetées assurant le maintien des divers réseaux avant la mise en œuvre des panneaux isolants.**

Concernant les passages de câbles, le panneau isolant sera prédécoupé aux bonnes dimensions avant de le fixer au plancher.

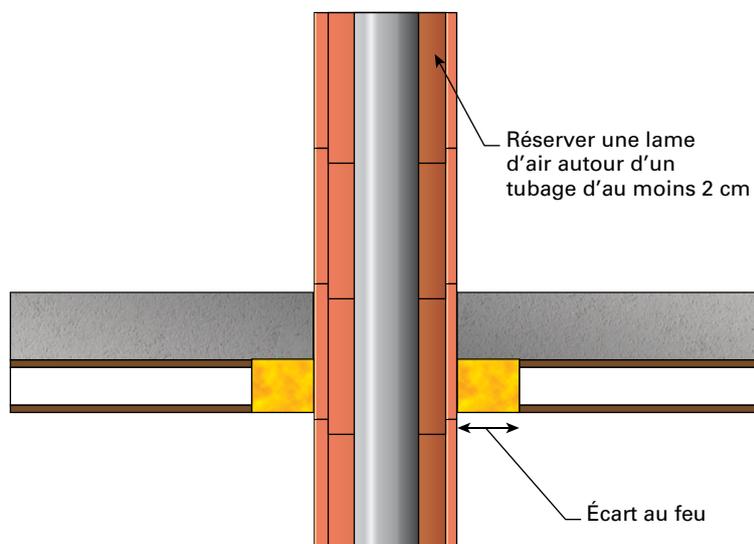


▲ Figure 26 : Passage de câbles pour une mise en œuvre avec panneaux rapportés

### 6.3.3.6. • Conduits d'évacuation des produits de combustion

Les éléments constituant l'habillage, le coffrage ou la gaine d'un conduit de fumées doivent être en matériau bénéficiant d'un classement de réaction au feu au moins M1 ou A2-s2,d0 à moins qu'ils respectent, pour le type de conduit de fumées mis en œuvre, les distances de sécurité fixées dans le DTU 24.1.

Si l'isolant mis en œuvre sous le plancher ne respecte pas les conditions du DTU 24.1, il est nécessaire de fixer mécaniquement un matériau incombustible en tenant compte de l'écart au feu.



▲ Figure 27 : Écart au feu pour une mise en œuvre en panneaux rapportés



## Références

# 7



### Thermique

- Arrêté du 26 octobre 2010 relatif aux caractéristiques thermiques et aux exigences de performance énergétique des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles des bâtiments.
- Arrêté du 3 mai 2007 relatif aux caractéristiques thermiques et à la performance énergétique des bâtiments existants.
- Arrêté du 13 juin 2008 relatif à la performance énergétique des bâtiments existants de surface supérieure à 1 000 mètres carrés, lorsqu'ils font l'objet de travaux de rénovation importants.
- Règles Th-Bât pour bâtiments existants, éditions 2009.
- Règles Th-Bât pour bâtiments neufs, éditions 2012.

### Stabilité mécanique

- NF EN 1991-1-4 (novembre 2005) : Eurocode 1 – Actions sur les structures – Partie 1-4 : Actions générales – Actions du vent + amendement A1 (octobre 2010).
- NF EN 1991-1-4/NA (mars 2008) : Eurocode 1 – Actions sur les structures – Partie 1-4 : Actions générales – Actions du vent – Annexe nationale à la NF EN 1991-1-4 + amendement A1 (juillet 2011).

### Incendie

- Arrêté du 31 janvier 1986 modifié relatif à la protection contre l'incendie des bâtiments d'habitation.
- Règlement de sécurité incendie dans les ERP (approuvé par arrêté du 25 juin 1980 et modifié).



- Cahier du CSTB n° 3231 : « Guide de l'isolation thermique par l'intérieur des bâtiments d'habitation du point de vue des risques en cas d'incendie ».
- Arrêté du 21 novembre 2002 modifié relatif à la réaction au feu des produits de construction et d'aménagement.
- Arrêté du 22 mars 2004 modifié relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages.

### Acoustique

- Arrêté du 30 juin 1999 relatif aux caractéristiques acoustiques des bâtiments d'habitation.
- Arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les hôtels.
- Arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les établissements d'enseignement.
- Arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les établissements de santé.

### Procédés

- NF DTU 27.1 : Réalisation de revêtements par projection de laines minérales avec liant.
- NF DTU 21 (NF P18-201), mars 2004 : Travaux de bâtiment – Exécution des ouvrages en béton – Cahier des clauses techniques (indice de classement : P18-201).
- NF DTU 24.1 : Travaux de fumisterie – Systèmes d'évacuation des produits de combustion desservant un ou des appareils.
- Avis Techniques et Documents Techniques d'application.

## Annexes

---



[ANNEXE 1] : Détermination sur chantier de la résistance en traction d'une fixation mécanique dans un support

[ANNEXE 2] : Acoustique

[ANNEXE 3] : Synthèse des documents de référence par technique





## ANNEXE 1

### DÉTERMINATION SUR CHANTIER DE LA RÉSISTANCE EN TRACTION D'UNE FIXATION MÉCANIQUE DANS UN SUPPORT

#### A. 1.1. Principe

La procédure décrite dans cette annexe vise la détermination de la résistance caractéristique et de la résistance de calcul à l'état limite ultime en traction applicable à une fixation mécanique dans un support en béton ou en maçonnerie d'éléments dont on ignore les caractéristiques.

Cette annexe ne doit pas être considérée comme une procédure de vérification relative aux supports pour lesquels les performances de la fixation sont connues. Les essais ne sont faits ni pour déroger aux règles de bonne construction ni pour déterminer des caractéristiques supérieures à celles données dans les Evaluations Techniques européennes (ETE) des chevilles.

Il appartient à la personne ou à l'organisme en charge des essais de s'assurer de la représentativité des déterminations effectuées sur chantier.

#### A. 1.2. Modalités des essais

##### A. 1.2.1. Type de support

Dans le cadre d'un même chantier, la résistance caractéristique de la fixation doit être déterminée une fois par type de support. Il convient donc d'effectuer une rapide reconnaissance pour connaître le nombre de supports différents sur lesquels on procédera aux essais. Deux supports sont considérés comme identiques lorsqu'ils ont la même constitution et que leur état de conservation reste comparable.

Dans le cas d'une pose sur béton de granulats courants (catégorie A) revêtu, il est impératif que l'Agrément Technique européen de la fixation n'exclut pas expressément la pose sur béton revêtu.

##### A. 1.2.2. Nombre d'essais

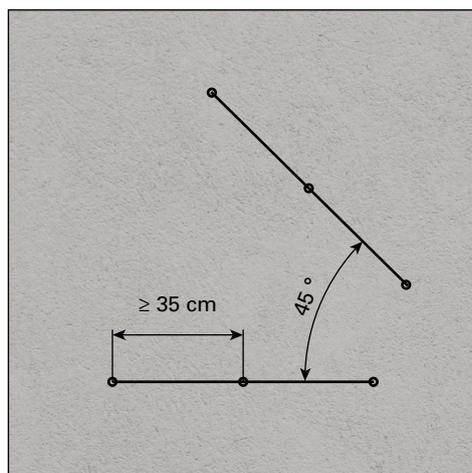
Au moins quinze essais de traction sont réalisés par type de support. Ce nombre est à augmenter lorsqu'un doute existe quant à l'homogénéité ou à la conservation des caractéristiques du support (réparations, humidité permanente, etc.).

##### A. 1.2.3. Emplacement des fixations

Les emplacements où doivent être posées les fixations se partagent en groupes de trois, chaque groupe venant s'aligner sur une droite à environ 45° avec un espacement d'environ 35 cm entre chaque fixation sur le même alignement (Figure 28).



Ces divers alignements sont répartis de façon à intéresser la plus grande surface possible de support. Dans tous les cas, ils doivent être représentatifs du support considéré.



▲ Figure 28 : Exemple d'emplacement des fixations mécaniques dans le support

#### A. 1.2.4. Pose des fixations

Les fixations sont posées conformément aux prescriptions du fournisseur, notamment en ce qui concerne :

- le type d'outillage à utiliser ;
- le mode de perçage, c'est-à-dire avec ou sans utilisation de la percussion ;
- le type et le diamètre précis du foret ;
- la profondeur du trou foré.

Des forets neufs doivent être utilisés. La profondeur d'ancrage des fixations dans le support doit être constante et identique à celle utilisée pour la mise en œuvre du système d'isolation thermique extérieure.

#### A. 1.2.5. Exécution de l'essai

On utilise un appareil d'arrachement permettant une croissance lente et continue de l'effort exercé.

L'appareil d'arrachement doit être régulièrement étalonné, avec une fréquence minimale d'étalonnage égale à deux ans.

La fixation est soit serrée sur un mors détachable de l'appareil d'arrachement, soit reprise au niveau de la tête à l'aide d'une douille de tirage.

Les points d'appui de l'appareil sur le support sont éloignés d'environ 10 cm par rapport à l'axe de tirage. Certains appareils ont des points d'appui situés à environ 6 cm de l'axe de tirage et sont notamment adaptés aux essais sur supports creux.

L'appareil est disposé de façon à ce que l'effort d'arrachement soit appliqué normalement au support. Le mors, bloqué par la fixation, est vissé sur l'axe de l'appareil. Si une douille de tirage est employée, cette dernière, vissée sur l'axe de l'appareil, est glissée sous la tête de la fixation.



La vitesse de mise en charge est choisie de façon à ce que la charge maximale soit obtenue en une minute environ.

Dans la mesure où l'exécution de l'essai n'a pas été entachée d'une erreur ou d'une fausse manœuvre, aucun résultat ne doit être supprimé.

#### A. 1.2.6. Mesures effectuées

Les essais conduisent aux mesures de la charge maximale d'arrachement  $N$ . Pour chaque essai, le mode de rupture obtenu doit être noté :

- rupture de la fixation ;
- rupture du support ;
- rupture par glissement <sup>1</sup>.

### A. 1.3. Détermination de la résistance caractéristique et de la résistance de calcul à l'état limite ultime

#### A. 1.3.1. Résistance caractéristique et classe de résistance

La résistance caractéristique  $N_{rk}$  est obtenue par l'expression suivante :

$$N_{rk} = 0,5 \times N_1$$

et est inférieure ou égale à la valeur caractéristique déclarée dans le marquage CE ou par le fabricant.

$N_1$  : valeur moyenne des cinq mesures les plus faibles à la charge ultime.

#### A. 1.3.2. Résistance de calcul à l'état limite ultime

La résistance de calcul à l'état limite ultime  $N_{Rd,u}$  est obtenue en divisant la résistance caractéristique  $N_{rk}$  par le coefficient partiel de sécurité de la fixation mécanique <sup>2</sup>  $\gamma_M$  :

$$N_{Rd,u} = \frac{N_{rk}}{\gamma_M}$$

La valeur  $N_{Rk}$  étant égale à la valeur qui correspond à la classe de résistance de la cheville.

### A. 1.4. Contenu du rapport d'essais

Chaque type de support testé fait l'objet d'un rapport devant contenir les éléments suivants :

- informations relatives au chantier et au support ;
- informations relatives à la fixation mécanique (désignation commerciale, numéro d'Evaluation Technique européenne, catégories d'utilisation) et à sa pose ;

<sup>1</sup> Si un glissement appréciable est constaté lors de l'essai, la charge maximale d'arrachement est remplacée par la charge atteinte avant glissement. Cette charge correspond généralement à la charge de stabilisation une fois le glissement amorcé.

<sup>2</sup> Les guides d'agrément techniques européens des chevilles donnent un coefficient partiel de sécurité  $\gamma_M$  égal à : 1,8 dans le béton ; 2,5 dans les maçonneries ; 2,0 pour le béton cellulaire autoclavé.

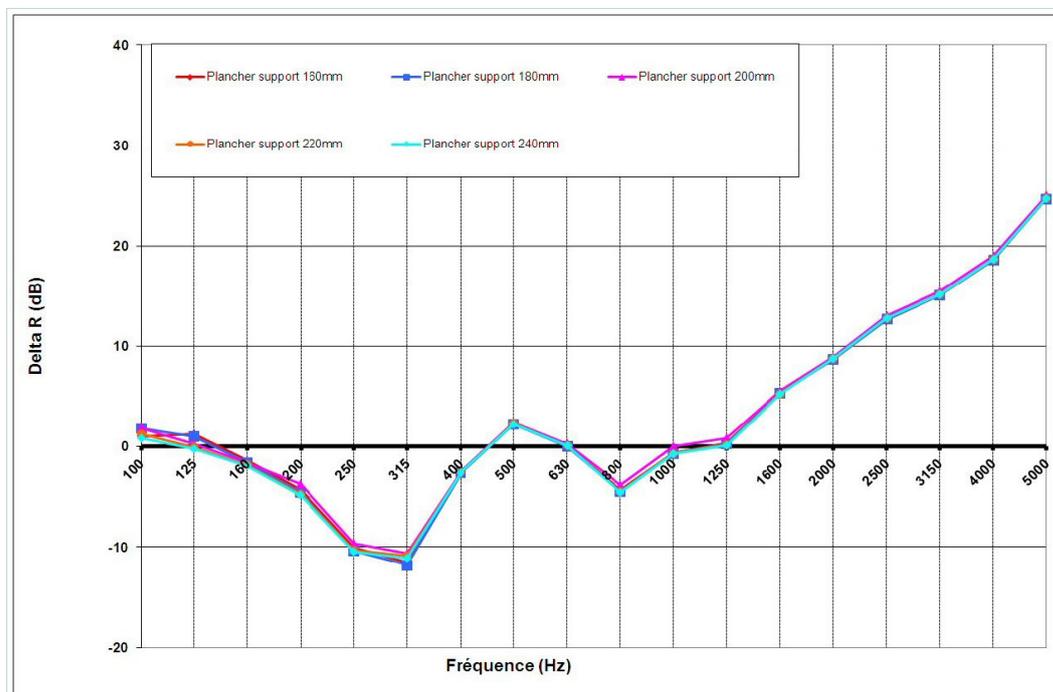
- informations relatives à l'appareil d'arrachement ;
- indication de l'emplacement des essais sur le support ;
- résultats des essais : valeurs individuelles  $N$  et modes de rupture associés ;
- valeurs calculées  $N_1$ ,  $N_{Rk}$  et  $N_{Rd,u}$  ;
- date des essais et noms des participants (opérateur et personnes ayant assisté aux essais) ;
- nom du rédacteur et date de rédaction du rapport, incluant les observations éventuelles.



## ANNEXE 2

### ACOUSTIQUE

L'épaisseur du plancher support a très peu d'impact sur la performance acoustique de ce dernier comme en témoigne le (Tableau 24).

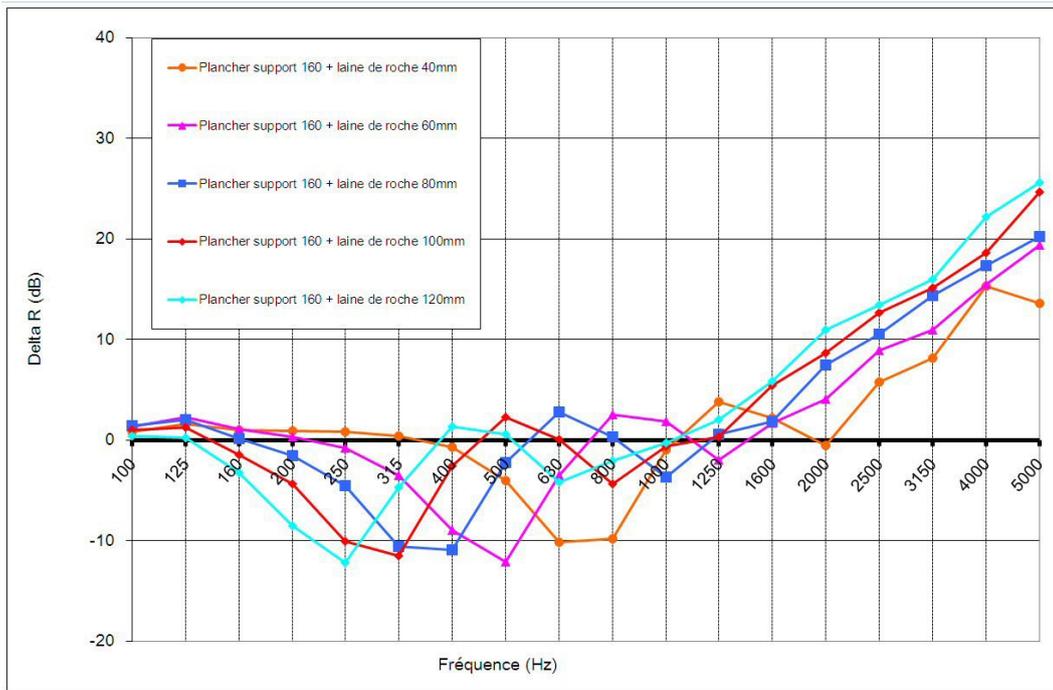


▲ Figure 29 : Indice d'affaiblissement acoustique en fonction de la fréquence en fonction de l'épaisseur du plancher support

Système	$\Delta(R+C)_{\text{direct}}$ dB
Plancher support 160 mm + laine de roche de 100 mm	- 6
Plancher support 180 mm + laine de roche de 100 mm	- 6
Plancher support 200 mm + laine de roche de 100 mm	- 5
Plancher support 220 mm + laine de roche de 100 mm	- 6
Plancher support 240 mm + laine de roche de 100 mm	- 6

▲ Tableau 24 : Fond de coffrage (laine de roche de 100 mm d'épaisseur et de densité 110 kg/m<sup>3</sup>). Effet de l'épaisseur du plancher support (calculs AcouSYS)

Pour ce qui concerne la technique de l'isolation en fond de coffrage, l'impact de l'épaisseur d'isolant est présenté (Figure 30).

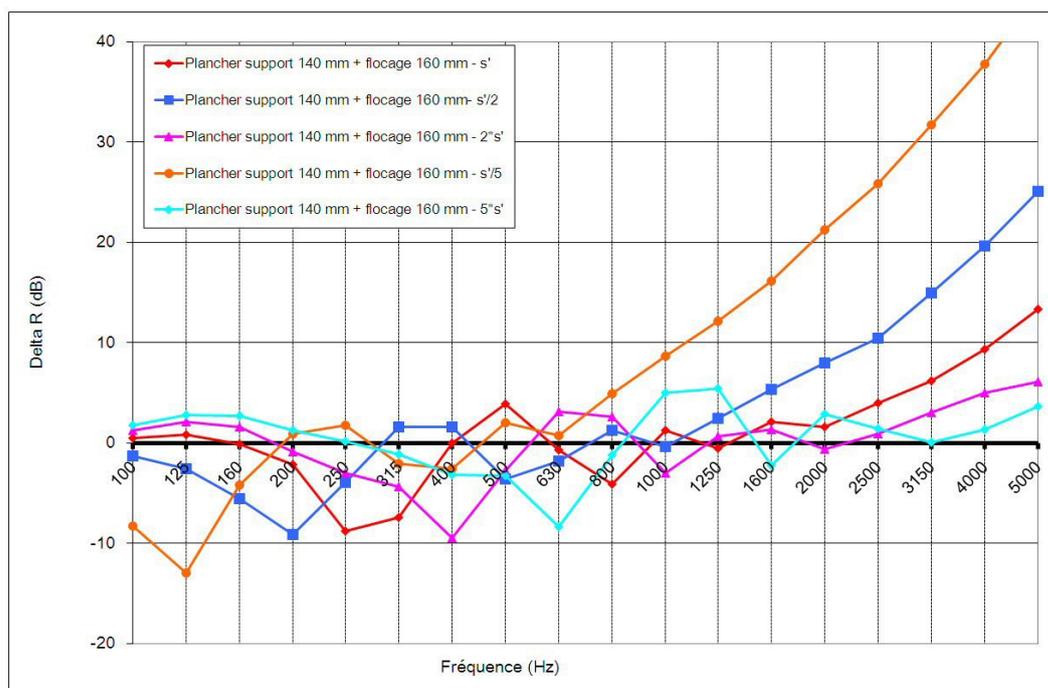


▲ Figure 30 : Indice d'affaiblissement acoustique en fonction de la fréquence en fonction de l'épaisseur d'isolant en fond de coffrage

Système	$\Delta(R_w + C)_{\text{plancher lourd}}$ dB
Plancher support 160 mm + laine de roche de 120 mm	- 7
Plancher support 160 mm + laine de roche de 100 mm	- 6
Plancher support 160 mm + laine de roche de 80 mm	- 5
Plancher support 160 mm + laine de roche de 60 mm	- 5
Plancher support 160 mm + laine de roche de 40 mm	- 3

▲ Tableau 25 : Fond de coffrage (laine de roche de densité 110 kg/m<sup>3</sup>) et dalle 160 mm. Effet de l'épaisseur de la couche de laine de roche (calculs AcouSYS)

L'impact de la raideur dynamique du squelette d'une isolation projetée est présenté (Figure 31) et (Tableau 26) :

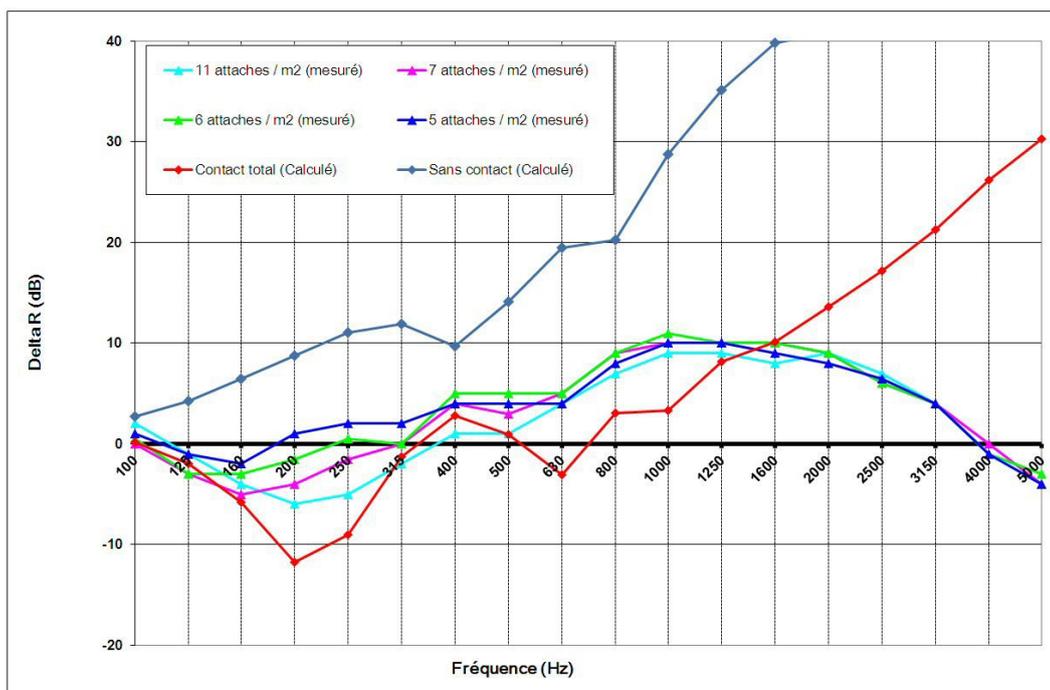


▲ Figure 31 : Indice d'affaiblissement acoustique en fonction de la fréquence en fonction de la raideur dynamique du squelette de projection

Système	$\Delta(R_w + C)_{\text{plancher lourd}}$ dB
Plancher support 140 mm + projection 160 mm – s'	– 5
Plancher support 140 mm + projection 160 mm – s'/2	– 4
Plancher support 140 mm + projection 160 mm – 2*s'	– 4
Plancher support 140 mm + projection 160 mm – s'/5	– 3
Plancher support 140 mm + projection 160 mm – 5*s'	– 3

▲ Tableau 26 : Projection (à base de laine minérale de densité 150 kg/m<sup>3</sup>) et dalle 140 mm. Effet de la raideur dynamique du squelette de la projection (calculs AcouSYS)

L'impact du nombre d'attaches pour une isolation par panneaux rapportés sous dalle est présenté (Figure 32).



▲ Figure 32 : Indice d'affaiblissement acoustique en fonction de la fréquence en fonction du nombre de fixations au m<sup>2</sup>

Système	$\Delta(R_w + C)_{\text{direct}}$ dB
Plancher support 220 mm + laine de roche de 100 mm – 11 attaches/m <sup>2</sup>	- 2
Plancher support 220 mm + laine de roche de 100 mm – 7 attaches/m <sup>2</sup>	- 1
Plancher support 220 mm + laine de roche de 100 mm – 6 attaches/m <sup>2</sup>	0
Plancher support 220 mm + laine de roche de 100 mm – 5 attaches/m <sup>2</sup>	2
Plancher support 220 mm + laine de roche de 100 mm – contact total	- 6*
Plancher support 220 mm + laine de roche de 100 mm – sans contact	8*

▲ Tableau 27 : Plaques en laine de roche de 100 mm d'épaisseur et de densité 110 kg/m<sup>3</sup> rapportées sous une dalle 220 mm. Effet du nombre d'accroches métalliques par m<sup>2</sup> (performances calculées avec le logiciel AcouSYS)



## ANNEXE 3

### SYNTHÈSE DES DOCUMENTS DE RÉFÉRENCE PAR TECHNIQUE

Procédé	Documents de mise en œuvre existants	Épaisseurs visées	Utilisation
Projection de fibres minérales	DTU 27.1	≤ 200 mm	Thermique Acoustique Feu
Projection de fibres minérales	Avis techniques	≤ 240 mm	Thermique Acoustique
Fond de coffrage en laine minérale	Recommandations du fabricant	≤ 200 mm	Thermique Acoustique Feu
Fond de coffrage panneaux à base de laine de bois associée à des mousses plastiques alvéolaires	Guide Promo PSE : Isolation des sols et planchers	≤ 300 mm	Thermique Acoustique Locaux humides
Panneaux rapportés en laine minérale	Recommandations du fabricant	≤ 180 mm	Thermique Acoustique Feu
Panneaux rapportés à base de laine de bois associé à des mousses plastiques alvéolaires	Guide Promo PSE : Isolation des sols et planchers	≤ 300 mm	Thermique Acoustique Locaux humides

▲ Tableau 28 : État de l'art par technique visée

## 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.





Les Recommandations professionnelles « Isolation en sous-face des planchers bas » se focalisent sur trois techniques d'isolation largement utilisées pour isoler les planchers bas donnant sur des locaux non chauffés ou sur l'extérieur : la projection de laine minérale, le fond de coffrage et les panneaux rapportés fixés mécaniquement. À la date d'écriture de ce document, seule la technique d'isolation par projection de laine minérale est visée par un Document Technique Unifié (DTU 27.1), les deux autres techniques relevant uniquement de recommandations des industriels.

**La vocation de ce document est** de fournir au lecteur un document traitant, dans une première partie, des exigences réglementaires auxquelles ces systèmes sont soumis et, dans une seconde partie, de fiches techniques appliquées à chaque procédé étudié et décrivant leur mise en œuvre.

**En termes de conception,** des dispositions spécifiques sont apportées sur les performances thermiques, acoustiques, mécaniques et sécurité vis-à-vis des risques liés à l'incendie.

**Enfin,** chaque fiche technique propose un paragraphe sur la compatibilité entre performances : en effet la recherche d'une haute ou très haute performance thermique peut, dans certains cas, dégrader fortement les performances acoustiques et/ou mécaniques d'un système. Ce paragraphe a pour objectif d'alerter sur des exemples d'impact d'une performance par rapport à une autre.



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)

