

Commission chargée de formuler des Avis Techniques

Groupe Spécialisé n° 7

Produits et systèmes d'étanchéité
et d'isolation complémentaire
de parois verticales

Détermination de la résistance au vent des systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolant fixés mécaniquement par chevilles

Ce document a été entériné par le Groupe Spécialisé n° 7 le 20 octobre 2011. Ce cahier annule la note du Groupe Spécialisé n° 7 approuvée le 25 novembre 2010.

Acteur public indépendant, au service de l'innovation dans le bâtiment, le Centre Scientifique et Technique du Bâtiment (CSTB) exerce quatre activités clés - recherche, expertise, évaluation, diffusion des connaissances - qui lui permettent de répondre aux objectifs du développement durable pour les produits de construction, les bâtiments et leur intégration dans les quartiers et les villes. Le CSTB contribue de manière essentielle à la qualité et à la sécurité de la construction durable grâce aux compétences de ses 850 collaborateurs, de ses filiales et de ses réseaux de partenaires nationaux, européens et internationaux.

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

© CSTB 2012

Détermination de la résistance au vent des systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolant fixés mécaniquement par chevilles

SOMMAIRE

1. Introduction.....	2
1.1 Objet.....	2
1.2 Domaine d'application	2
2. Principes généraux de détermination de la résistance au vent.....	2
3. Sollicitation du vent	2
3.1 Sollicitation du vent déterminée selon les Règles NV 65	2
3.2 Sollicitation du vent déterminée selon l'Eurocode 1	2
4. Résistance entre l'isolant et les chevilles	2
4.1 Résistance de calcul entre l'isolant et les chevilles	2
4.2 Résistance caractéristique entre l'isolant et les chevilles	3
5. Résistance entre les chevilles et le support	3
5.1 Résistance de calcul entre les chevilles et le support	3
5.2 Résistance caractéristique de la cheville dans le support : classe de résistance.....	3
6. Exemples de détermination	3
6.1 Exemple n° 1	3
6.2 Exemple n° 2	4
7. Références	5
ANNEXE 1	5
ANNEXE 2	6
ANNEXE 3	8

1. Introduction

1.1 Objet

Le présent document a pour objet de synthétiser et d'illustrer les règles de détermination de la résistance au vent des systèmes d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolant fixés mécaniquement par chevilles (pose dite « calée-chevillée »).

1.2 Domaine d'application

Le présent document concerne les systèmes d'isolation thermique extérieure qui relèvent du Guide d'Agrément Technique Européen n° 004 (ETAG 004) et les chevilles de fixation pour isolant (chevilles à rosace) qui relèvent du Guide d'Agrément Technique Européen n° 014 (ETAG 014). Ces systèmes sont représentés sur la Figure 1.

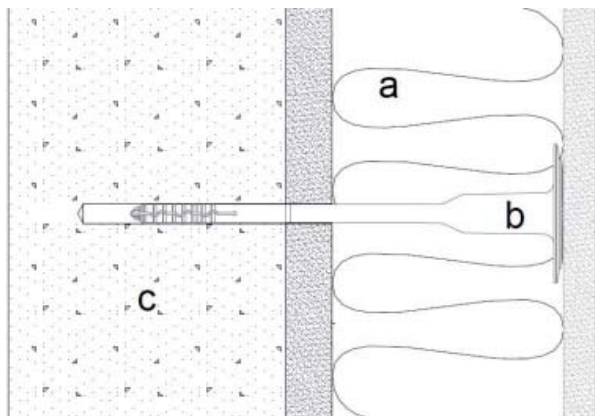


Figure 1 — Système d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolant fixé par chevilles.
a : isolant ; b : cheville ; c : support.

Les rosaces des chevilles doivent présenter les caractéristiques suivantes :

- diamètre supérieur ou égal à 60 mm ;
- résistance supérieure ou égale à 1 kN, déterminée selon le Technical Report 026 ;
- raideur supérieure ou égale à 0,3 kN/mm, déterminée selon le Technical Report 026.

Seuls les supports en béton ou en maçonnerie sont visés dans ce document ; les autres supports nécessitent une étude particulière. Par ailleurs, ces règles sont relatives à l'action du vent en dépression, les systèmes sur béton ou maçonnerie n'étant pas tributaires de l'action du vent en pression.

2. Principes généraux de détermination de la résistance au vent

La détermination de la résistance au vent des systèmes décrits au paragraphe 1 est basée sur deux principes :

① La résistance de calcul à l'action du vent R_d doit être supérieure ou égale à la sollicitation de calcul du vent S_d :

$$R_d \geq S_d$$

② Pour une configuration donnée, la résistance de calcul R_d doit être prise égale à la plus petite des deux valeurs suivantes :

$R_{d, is}$: résistance de calcul entre l'isolant et les chevilles,

$R_{d, su}$: résistance de calcul entre les chevilles et le support.

3. Sollicitation du vent

3.1 Sollicitation du vent déterminée selon les Règles NV 65

La sollicitation de calcul à l'action du vent en dépression S_d est donnée par la relation :

$$S_d = \gamma_F \cdot W_n$$

W_n : sollicitation due à un vent normal, déterminée selon les Règles NV 65¹.

γ_F : coefficient partiel de sécurité sur la sollicitation du vent, égal à 1,75 en cas d'application des Règles NV 65.

3.2 Sollicitation du vent déterminée selon l'Eurocode 1

La sollicitation de calcul à l'action du vent en dépression S_d est donnée par la relation :

$$S_d = \gamma_F \cdot S_k$$

S_k : sollicitation caractéristique due au vent, déterminée selon l'Eurocode 1.

γ_F : coefficient partiel de sécurité sur la sollicitation du vent, égal à 1,5 en cas d'application de l'Eurocode 1.

4. Résistance entre l'isolant et les chevilles

4.1 Résistance de calcul entre l'isolant et les chevilles

La résistance de calcul $R_{d, is}$ entre l'isolant et les chevilles (exprimée en N/m² ou Pa), par rapport à l'action du vent, est donnée par la relation :

$$R_{d, is} = \frac{R_{k, is}}{\gamma_{M, is}}$$

$R_{k, is}$: résistance caractéristique entre l'isolant et les chevilles (Pa).

$\gamma_{M, is}$: coefficient partiel de sécurité².

Chaque valeur de $R_{d, is}$ est arrondie au multiple de 5 Pa immédiatement inférieur.

Le coefficient $\gamma_{M, is}$ dépend entre autres de la nature du matériau isolant. L'Annexe 1 renseigne sur la détermination de ce coefficient.

Remarque : le Document Technique d'Application ou l'Avis Technique renseigne sur les valeurs de $R_{d, is}$ applicables au système.

1. La sollicitation due à un vent extrême W_{ext} , déterminée selon les Règles NV 65, est égale à S_d .

2. Dans les Agréments Techniques Européens des systèmes selon l'ETAG 004, le coefficient partiel de sécurité $\gamma_{M, is}$ est noté γ_m .

4.2 Résistance caractéristique entre l'isolant et les chevilles

La résistance caractéristique $R_{k, is}$ entre l'isolant et les chevilles (exprimée en N/m² ou Pa) est donnée par la relation :

$$R_{k, is} = \frac{n_{plein} \cdot R_{plein} + n_{joint} \cdot R_{joint}}{A}$$

R_{plein} : résistance caractéristique de la cheville posée « en plein » (N).

R_{joint} : résistance caractéristique de la cheville posée « en joint » (N).

n_{plein} : nombre de chevilles par panneau isolant posées « en plein ».

n_{joint} : nombre de chevilles par panneau isolant posées « en joint ».

A : surface d'un panneau isolant (m²).

La pose « en plein » correspond au cas où la cheville est posée dans le panneau isolant. La pose « en joint » correspond au cas où la cheville est posée à l'intersection de plusieurs panneaux isolants : on distingue la pose de la cheville à la jonction de trois panneaux (la résistance R_{joint} est alors notée R_T) et la pose de la cheville à cheval sur deux panneaux (la résistance R_{joint} est alors notée $R_{1/2}$). Pour cette dernière configuration, $R_{1/2}$ est pris égal à R_T en l'absence d'essais spécifiques.

Les résistances caractéristiques R_{plein} et R_{joint} sont obtenues à partir d'essais de résistance au vent réalisés conformément au paragraphe 5.1.4.3.1 et/ou 5.1.4.3.2 de l'ETAG 004, avec une épaisseur testée d'isolant inférieure ou égale à l'épaisseur mise en œuvre.

Remarque : la résistance caractéristique est prise égale à la valeur minimale de résistance obtenue sur une même série d'essais pour une épaisseur donnée.

n_{plein} et n_{joint} dépendent de la répartition des chevilles pour assurer le maintien des panneaux isolants. L'Annexe 2 donne des exemples de plans de chevillage en partie courante pour des panneaux isolants de dimensions 1 000 × 500 mm et 1 200 × 600 mm.

5. Résistance entre les chevilles et le support

5.1 Résistance de calcul entre les chevilles et le support

La résistance de calcul $R_{d, su}$ entre les chevilles et le support (exprimée en N/m² ou Pa) est donnée par la relation :

$$R_{d, su} = \frac{n \cdot N_{Rk, u}}{A}$$

$N_{Rk, u}$: résistance de calcul de la cheville à l'état limite ultime (N).

n : nombre de chevilles par panneau isolant.

A : surface d'un panneau isolant (m²).

Le nombre de chevilles par panneau isolant est donné par la relation :

$$n = n_{plein} + n_{joint}$$

La résistance de calcul à l'état limite ultime $N_{Rd, u}$ est donnée par la relation :

$$N_{Rd, u} = \frac{N_{Rk}}{\gamma_{M, su}}$$

N_{Rk} : résistance caractéristique de la cheville dans le support (N).

$\gamma_{M, su}$: coefficient partiel de sécurité³.

Les Agréments Techniques Européens des chevilles selon l'ETAG 014 donnent un coefficient partiel de sécurité $\gamma_{M, su}$ égal à 2,0.

Chaque valeur de $R_{d, su}$ est arrondie au multiple de 5 Pa immédiatement inférieur.

5.2 Résistance caractéristique de la cheville dans le support - Classe de résistance

La résistance caractéristique de la cheville dans le support considéré est :

- soit indiquée dans l'Agrément Technique Européen de la cheville, dans le cas des supports neufs, ou des supports existants de catégorie d'utilisation A (béton de granulats courants) selon l'ETAG 014 ; la résistance est alors notée N_{Rk} ,
- soit déterminée par une reconnaissance préalable sur site, conformément à l'Annexe 2 du Cahier des Prescriptions Techniques d'emploi et de mise en œuvre des systèmes d'isolation thermique extérieure avec enduit mince sur polystyrène expansé (« CPT Enduit mince sur PSE »), dans le cas des supports neufs ou existants dont on ignore les caractéristiques ; la résistance est alors notée N_{Rk1} .

La valeur de résistance caractéristique permet de déterminer la classe de résistance de la cheville dans le support considéré, comme indiquée dans le tableau ci-dessous :

N_{Rk} (N)	1 500	1 200	900	750	600	500	400	300
Classe	1	2	3	4	5	6	7	8

En cas de reconnaissance conformément à l'Annexe 2 du « CPT enduit mince sur PSE », la classe de résistance est celle correspondant à la valeur N_{Rk} qui est immédiatement inférieure ou égale à la valeur N_{Rk1} .

L'Annexe 3 indique les valeurs de $R_{d, su}$ en fonction de la classe de résistance de la cheville, pour des panneaux isolants de dimensions 1 000 × 500 mm et 1 200 × 600 mm.

6. Exemples de détermination

Dans les deux exemples qui suivent, les valeurs indiquées ont uniquement pour but d'illustrer les règles de détermination de la résistance au vent en partie courante. Elles ne peuvent donc pas être exploitées dans d'autres cas de figure.

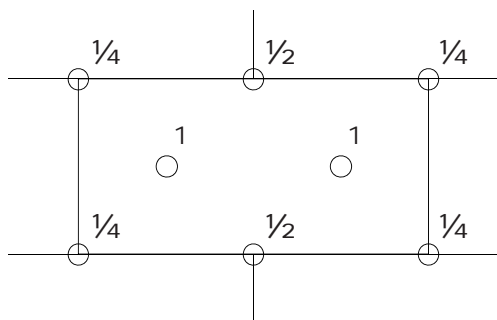
6.1 Exemple n° 1

Situation et plan de chevillage

Le système est un enduit sur polystyrène expansé mis en œuvre sur les parois d'un bâtiment existant. Les panneaux

3. Dans les Agréments Techniques Européens des chevilles selon l'ETAG 014, le coefficient partiel de sécurité $\gamma_{M, su}$ est noté γ_M .

isolants, de dimensions 1 000 x 500 mm et d'épaisseur 120 mm, sont fixés à raison de 4 chevilles par panneau, selon le plan de chevillage suivant en partie courante :



Le plan de chevillage choisi conduit à $n_{\text{plein}} = 2$ et $n_{\text{joint}} = 4 \times \frac{1}{4} + 2 \times \frac{1}{2} = 2$, soit $n = 4$.

Résistance de calcul entre l'isolant et les chevilles

Les résistances minimales de la cheville dans le polystyrène expansé d'épaisseur ≤ 120 mm, obtenues à partir d'essais de déboutonnage (cf. § 5.1.4.3.1 de l'ETAG 004), sont respectivement $R_{\text{plein}} = 696$ N et $R_{\text{joint}} = 581$ N.

La surface d'un panneau de dimensions 1 000 x 500 mm est $A = 0,50$ m².

La résistance caractéristique entre l'isolant et les chevilles est donc égale à :

$$R_{k, \text{is}} = (2 \times 696 + 2 \times 581) / 0,5 = 5\,108 \text{ Pa.}$$

La détermination du coefficient partiel de sécurité (cf. *Annexe 1*) conduit à la valeur $\gamma_{M, \text{is}} = 2,3$.

La résistance de calcul entre l'isolant et les chevilles est donc égale à :

$$R_{d, \text{is}} = 5\,108 / 2,3 = 2\,221 \text{ Pa, valeur arrondie à } 2\,220 \text{ Pa.}$$

Résistance de calcul entre les chevilles et le support

Les caractéristiques du support ne sont pas connues ; la résistance caractéristique de la cheville dans ce support, déterminée sur chantier selon l'*Annexe 2* du « CPT enduit mince sur PSE », est $N_{Rk1} = 550$ N.

La cheville est donc de classe 6 dans ce support : la résistance caractéristique à considérer est alors égale à 500 N.

La résistance de calcul à l'état limite ultime est donc égale à :

$$N_{Rd, u} = 500 / 2,0 = 250 \text{ N.}$$

La résistance de calcul entre les chevilles et le support est donc égale à :

$$R_{d, \text{su}} = (4 \times 250) / 0,5 = 2\,000 \text{ Pa.}$$

Remarque : la valeur de $R_{d, \text{su}}$ est aussi donnée directement dans le premier tableau de l'Annexe 3.

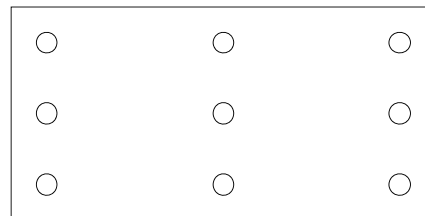
Comparaison des résistances de calcul

La valeur de $R_{d, \text{su}}$ est inférieure à la valeur de $R_{d, \text{is}}$. La résistance au vent du système est donc $R_d = R_{d, \text{su}} = 2\,000$ Pa.

6.2 Exemple n° 2

Situation et plan de chevillage

Le système est un enduit sur laine de roche mis en œuvre sur les parois d'un bâtiment neuf. Les panneaux isolants, de dimensions 1 200 x 600 mm et d'épaisseur 60 mm, sont fixés à raison de 9 chevilles par panneau, selon le plan de chevillage suivant en partie courante :



Le plan de chevillage choisi conduit à $n_{\text{plein}} = 9$ et $n_{\text{joint}} = 0$, soit $n = 9$.

Résistance de calcul entre l'isolant et les chevilles

La résistance minimale de la cheville dans la laine de roche d'épaisseur ≤ 60 mm, obtenues à partir d'essais de déboutonnage à l'état initial (cf. § 5.1.4.3.1 de l'ETAG 004), est $R_{\text{plein}} = 640$ N.

La surface d'un panneau de dimensions 1 200 x 600 mm est $A = 0,72$ m².

La résistance caractéristique entre l'isolant et les chevilles est donc égale à :

$$R_{k, \text{is}} = 9 \times 640 / 0,72 = 8\,000 \text{ Pa.}$$

La détermination du coefficient partiel de sécurité (cf. *Annexe 1*) conduit à la valeur $\gamma_{M, \text{is}} = 3,7$.

La résistance de calcul entre l'isolant et les chevilles est donc égale à :

$$R_{d, \text{is}} = 8\,000 / 3,7 = 2\,162 \text{ Pa, valeur arrondie à } 2\,160 \text{ Pa.}$$

Résistance de calcul entre les chevilles et le support

Les caractéristiques du support sont connues ; l'Agrément Technique Européen de la cheville indique une résistance caractéristique $N_{Rk} = 1\,200$ N pour cette catégorie de support. La cheville est donc de classe 2 dans ce support.

La résistance de calcul à l'état limite ultime est donc égale à :

$$N_{Rd, u} = 1\,200 / 2,0 = 600 \text{ N.}$$

La résistance de calcul entre les chevilles et le support est donc égale à :

$$R_{d, \text{su}} = (9 \times 600) / 0,72 = 7\,500 \text{ Pa.}$$

Remarque : la valeur de $R_{d, \text{su}}$ est aussi donnée directement dans le deuxième tableau de l'Annexe 3.

Comparaison des résistances de calcul

La valeur de $R_{d, \text{su}}$ est supérieure à la valeur de $R_{d, \text{is}}$. La résistance au vent du système est donc $R_d = R_{d, \text{is}} = 2\,160$ Pa.

7. Références

- European Technical Approval Guideline n° 004 (ETAG 004): External thermal insulation composite systems with rendering, edition August 2011.
- European Technical Approval Guideline n° 014 (ETAG 014): Plastic anchors for fixing of external thermal insulation composite systems with rendering, edition January 2002 – amended December 2008 – amended February 2011.
- EOTA Technical Report TR 026: Evaluation of plate stiffness from plastic anchors for fixing of external thermal insulation composite systems with rendering, edition June 2007.
- DTU P 06-002 (février 2009) : Règles NV 65 - Règles définissant les effets de la neige et du vent sur les constructions.
- NF EN 1991-1-4 (novembre 2005) : Eurocode 1 : actions sur les structures - Partie 1-4 : actions générales - Actions du vent.
- Cahier des Prescriptions Techniques d'emploi et de mise en œuvre des systèmes d'isolation thermique extérieure avec enduit mince sur polystyrène expansé. *Cahier du CSTB* 3035, avril 1998.
Modificatif n° 1. *Cahier du CSTB* 3399, mars 2002, modificatifs du CPT.
Modificatif n° 2. *Cahier du CSTB* 3696, août 2011.
- NF EN 1990 (mars 2003) : Eurocodes structuraux - Bases de calcul des structures ('Eurocode 0').
- M. Krause. Ein neues Konzept zum Nachweis der Stand-sicherheit von Dübelbefestigungen in Wärmedämm-Verbundsystemen (WDVS), TU Dortmund, 2010, 155 p.

ANNEXE 1

Détermination du coefficient partiel de sécurité relatif à la résistance entre l'isolant et les chevilles

Le coefficient partiel de sécurité $\gamma_{M, is}$ se décompose en quatre coefficients :

$$\gamma_{M, is} = \gamma_m \cdot \gamma_1 \cdot \gamma_2 \cdot \gamma_3$$

- γ_m : coefficient de sécurité sur la dispersion des résultats, dépendant de la classe de conséquence de l'ouvrage selon l'Eurocode 0. Il est pris égal à :
 - 1,16 pour des panneaux en polystyrène expansé conformes à la norme NF EN 13163 ;
 - 1,30 pour des panneaux en laine de roche conformes à la norme NF EN 13162 ;
 - 1,50 pour les autres matériaux isolants, en l'absence de justifications.
- γ_1 : coefficient de sécurité sur le vieillissement. Il est égal au rapport de la résistance au débou-tonnage à l'état initial sur la résistance au débou-tonnage à l'état vieilli, les essais de déboutonnage étant réalisés conformément au paragraphe 5.1.4.3.1 de l'ETAG 004. En l'absence de justifications, γ_1 est pris à 2,5.
- γ_2 : coefficient de sécurité sur la capacité de charge. Il est pris égal à :
 - 1,4 pour des panneaux en polystyrène expansé conformes à la norme NF EN 13163 ;
 - 1,0 pour des panneaux en laine de roche conformes à la norme NF EN 13162 ;
 - 1,5 pour les autres matériaux isolants, en l'absence de justifications.
- γ_3 : coefficient de sécurité sur l'influence de la qualité de pose de la cheville. Il est pris égal à la valeur maximale 1,4 (quelle que soit la nature de l'isolant), car aucune étude statistique ne permet actuelle-ment de déterminer l'impact de la qualité de la mise en œuvre des panneaux isolants sur la valeur de déboutonnage.

Le Document Technique d'Application ou l'Avis Technique renseigne sur la valeur de $\gamma_{M, is}$ applicable au système.

ANNEXE 2

Exemples de plans de chevillage des panneaux isolants en partie courante

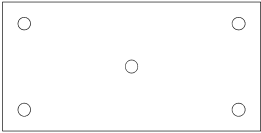
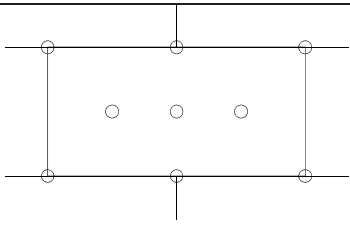
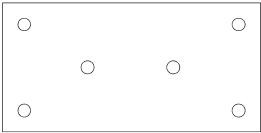
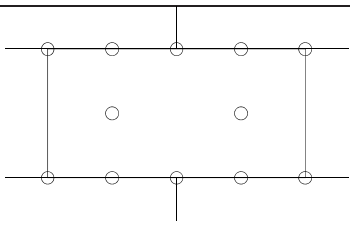
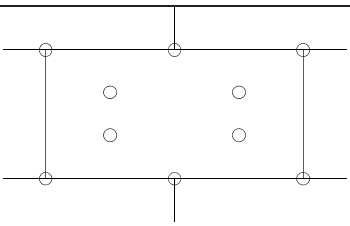
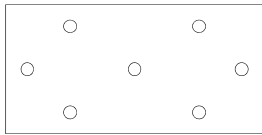
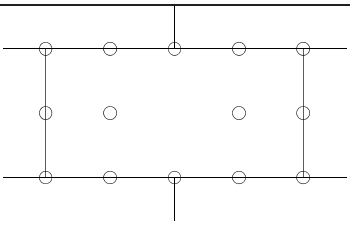
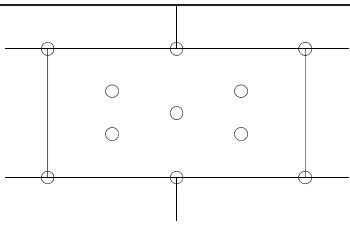
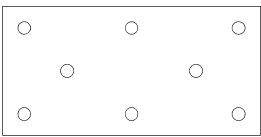
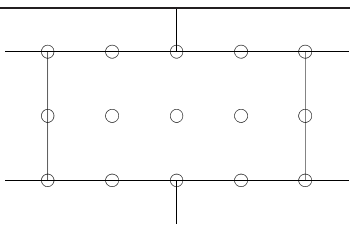
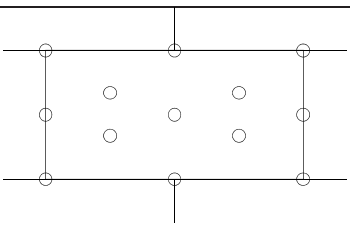
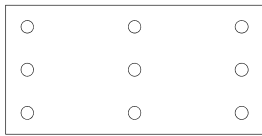
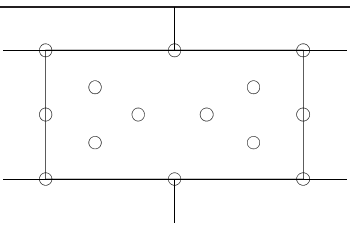
Ces exemples sont donnés pour des panneaux isolants de dimensions 1 000 x 500 mm et 1 200 x 600 mm.

Les chevilles positionnées « en plein » ne doivent pas être posées à moins de 150 mm des bords des panneaux.

Panneaux isolants de dimensions 1 000 x 500 mm

$n_{\text{plein}} = 1$ $n_{\text{joint}} = 2$ 3 chevilles / panneau 6 chevilles / m ²		$n_{\text{plein}} = 4$ $n_{\text{joint}} = 0$ 4 chevilles / panneau 8 chevilles / m ²	
$n_{\text{plein}} = 2$ $n_{\text{joint}} = 2$ 4 chevilles / panneau 8 chevilles / m ²		$n_{\text{plein}} = 5$ $n_{\text{joint}} = 0$ 5 chevilles / panneau 10 chevilles / m ²	
$n_{\text{plein}} = 3$ $n_{\text{joint}} = 2$ 5 chevilles / panneau 10 chevilles / m ²		$n_{\text{plein}} = 2$ $n_{\text{joint}} = 3$ 5 chevilles / panneau 10 chevilles / m ²	
$n_{\text{plein}} = 6$ $n_{\text{joint}} = 0$ 6 chevilles / panneau 12 chevilles / m ²		$n_{\text{plein}} = 3$ $n_{\text{joint}} = 3$ 6 chevilles / panneau 12 chevilles / m ²	
$n_{\text{plein}} = 2$ $n_{\text{joint}} = 4$ 6 chevilles / panneau 12 chevilles / m ²			

Panneaux isolants de dimensions 1 200 x 600 mm

$n_{\text{plein}} = 5$ $n_{\text{joint}} = 0$ 5 chevilles / panneau 6,9 chevilles / m ²		$n_{\text{plein}} = 3$ $n_{\text{joint}} = 1$ 5 chevilles / panneau 6,9 chevilles / m ²	
$n_{\text{plein}} = 6$ $n_{\text{joint}} = 0$ 6 chevilles / panneau 8,3 chevilles / m ²		$n_{\text{plein}} = 2$ $n_{\text{joint}} = 4$ 6 chevilles / panneau 8,3 chevilles / m ²	
$n_{\text{plein}} = 4$ $n_{\text{joint}} = 2$ 6 chevilles / panneau 8,3 chevilles / m ²		$n_{\text{plein}} = 7$ $n_{\text{joint}} = 0$ 7 chevilles / panneau 9,7 chevilles / m ²	
$n_{\text{plein}} = 2$ $n_{\text{joint}} = 5$ 7 chevilles / panneau 9,7 chevilles / m ²		$n_{\text{plein}} = 5$ $n_{\text{joint}} = 2$ 7 chevilles / panneau 9,7 chevilles / m ²	
$n_{\text{plein}} = 8$ $n_{\text{joint}} = 0$ 8 chevilles / panneau 11,1 chevilles / m ²		$n_{\text{plein}} = 3$ $n_{\text{joint}} = 5$ 8 chevilles / panneau 11,1 chevilles / m ²	
$n_{\text{plein}} = 5$ $n_{\text{joint}} = 3$ 8 chevilles / panneau 11,1 chevilles / m ²		$n_{\text{plein}} = 9$ $n_{\text{joint}} = 0$ 9 chevilles / panneau 12,5 chevilles / m ²	
$n_{\text{plein}} = 6$ $n_{\text{joint}} = 3$ 9 chevilles / panneau 12,5 chevilles / m ²			

ANNEXE 3

Résistance de calcul entre les chevilles et le support en fonction de la classe de résistance de la cheville

Les valeurs de $R_{d,su}$ indiquées dans les tableaux ci-dessous sont exprimées en Pa et sont arrondies aux multiples de 5 Pa immédiatement inférieurs.

Chevilles posées dans des panneaux isolants de dimensions 1 000 x 500 mm

		Nombre de chevilles par panneau [par m²]			
		3 [6]	4 [8]	5 [10]	6 [12]
Classe de résistance de la cheville	1	4 500	6 000	7 500	9 000
	2	3 600	4 800	6 000	7 200
	3	2 700	3 600	4 500	5 400
	4	2 250	3 000	3 750	4 500
	5	1 800	2 400	3 000	3 600
	6	1 500	2 000	2 500	3 000
	7	1 200	1 600	2 000	2 400
	8	900	1 200	1 500	1 800

Chevilles posées dans des panneaux isolants de dimensions 1 200 x 600 mm

		Nombre de chevilles par panneau [par m²]				
		5 [6,9]	6 [8,3]	7 [9,7]	8 [11,1]	9 [12,5]
Classe de résistance de la cheville	1	5 205	6 250	7 290	8 330	9 375
	2	4 165	5 000	5 830	6 665	7 500
	3	3 125	3 750	4 375	5 000	5 625
	4	2 600	3 125	3 645	4 165	4 685
	5	2 080	2 500	2 915	3 330	3 750
	6	1 735	2 080	2 430	2 775	3 125
	7	1 385	1 665	1 940	2 220	2 500
	8	1 040	1 250	1 455	1 667	1 875

SIÈGE SOCIAL

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



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