

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 polystyrène expansé fixés mécaniquement par profilés

Ce document a été entériné par le Groupe Spécialisé n° 7 le 20 octobre 2011.

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 polystyrène expansé fixés mécaniquement par profilés

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 profilés	2
4.1 Résistance de calcul entre l'isolant et les profilés	2
4.2 Résistance caractéristique entre l'isolant et les profilés	3
5. Résistance entre les profilés et les chevilles	3
6. Résistance entre les chevilles et le support	3
6.1 Résistance de calcul entre les chevilles et le support	3
6.2 Résistance caractéristique de la cheville dans le support - Classe de résistance	3
7. Effet induit par le profilé sur la cheville	4
8. Exemples de détermination	4
8.1 Exemple n° 1	4
8.2 Exemple n° 2	5
9. Références	6
ANNEXE 1	6
ANNEXE 2	7
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 polystyrène expansé fixés mécaniquement par profilés en PVC.

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 profilés (chevilles à collerette) qui relèvent du Guide d'Agrément Technique Européen n° 014 (ETAG 014). Ces systèmes sont représentés sur la Figure 1.

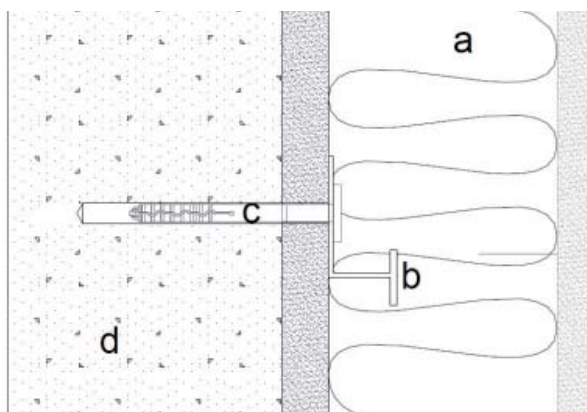


Figure 1 — Système d'isolation thermique extérieure par enduit sur isolant fixé par profilés.
a : isolant ; b : profilé ; c : cheville ; d : support.

Les profilés en PVC doivent satisfaire aux spécifications définies dans le document « Définition des caractéristiques des profilés PVC destinés à la fixation des systèmes d'isolation thermique extérieure ».

Par ailleurs, la différence entre le diamètre de collerette de la cheville et le diamètre de perforation dans l'aile du profilé (en contact avec le support) doit être au moins égale à 5 mm¹.

Seuls les supports en béton ou en maçonnerie sont visés dans ce document ; les autres supports nécessitent une étude particulière. Par ailleurs, ces systèmes sont relatifs 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. Par exemple, si la perforation dans l'aile du profilé présente un diamètre de 6 mm, la cheville doit présenter une collerette de diamètre au moins égale à 11 mm ; si la perforation dans l'aile du profilé présente un diamètre de 8 mm, la cheville doit présenter une collerette de diamètre au moins égale à 13 mm.

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 trois valeurs suivantes :

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

$R_{d, pr}$: résistance de calcul entre les profilés et les chevilles ;

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

La détermination des résistances $R_{d, pr}$ et $R_{d, su}$ doit tenir compte de l'effet de bras de levier induit par le profilé sur la cheville, comme décrit au *paragraphe 7*.

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 65².

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 profilés

4.1 Résistance de calcul entre l'isolant et les profilés

La résistance de calcul $R_{d, is}$ entre l'isolant et les profilés (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 profilés (Pa).

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

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

L'Annexe 1 renseigne sur la détermination du coefficient $\gamma_{M, is}$.

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

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

4.2 Résistance caractéristique entre l'isolant et les profilés

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

$$R_{k, is} = \frac{R_{panneau}}{A}$$

$R_{panneau}$: résistance caractéristique par panneau isolant (N).

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

La résistance caractéristique $R_{panneau}$ est obtenue à partir d'essais d'arrachement statique (*static foam block test*) réalisés conformément au paragraphe 5.1.4.3.2 de l'ETAG 004, avec une épaisseur testée d'isolant inférieure ou égale à l'épaisseur mise en œuvre. Au cours de l'essai, la rupture doit se produire dans l'isolant.

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

5. Résistance entre les profilés et les chevilles

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

$$R_{d, pr} = \frac{n \cdot R_{pr}}{A}$$

R_{pr} : résistance au déboutonnage de la cheville dans le profilé (N).

n : nombre de chevilles de fixation des profilés, par panneau isolant.

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

La résistance R_{pr} est obtenue à partir d'essais de déboutonnage réalisés conformément au paragraphe 5.4.4.1 de l'ETAG 004. La valeur minimale doit être égale à 500 N.

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

$$n = n_h + n_v$$

n_h : nombre de chevilles de fixation pour les profilés disposés horizontalement, par panneau isolant.

n_v : nombre de chevilles de fixation pour les profilés disposés verticalement, par panneau isolant.

n dépend de la répartition des chevilles pour assurer le maintien des profilés. L'Annexe 2 donne des exemples de plans de fixation en partie courante pour des panneaux en polystyrène expansé de dimensions 500 × 500 mm, 1 000 × 500 mm et 1 000 × 600 mm, avec des profilés horizontaux fixés au support à raison d'une cheville tous les 30 cm.

L'Annexe 2 donne également la valeur de $R_{d, pr}$ associée à chaque plan de fixation, pour une valeur de R_{pr} égale à 500 N.

6. Résistance entre les chevilles et le support

6.1 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 :

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

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

n : nombre de chevilles de fixation des profilés, par panneau isolant.

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

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.

6.2 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 » (nommé par la suite « 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} .

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

L'Annexe 3 indique les valeurs de $R_{d,su}$ en fonction de la classe de résistance, pour les plans de fixation donnés en Annexe 2.

7. Effet induit par le profilé sur la cheville

Sous l'action du vent en dépression, le profilé induit un bras de levier sur la cheville tel que :

$$N = \frac{S \cdot L}{\frac{2}{3} \cdot I}$$

N : sollicitation en traction sur la cheville (N).

S : sollicitation en traction sur le profilé sous l'action du vent (N).

L : hauteur de l'aile du profilé en contact avec le support (mm).

I : distance entre la cheville et le haut du profilé (mm).

Le coefficient $2/3$ permet de tenir compte de la déformabilité du profilé.

Les grandeurs L et I sont indiquées sur la Figure 2.

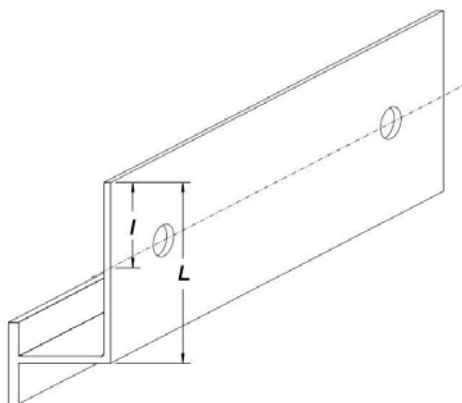


Figure 2 — Profilé de fixation pour isolant.

À sollicitation égale, les résistances de calcul $R_{d,pr}$ et $R_{d,su}$ sont à diviser par un coefficient α pour pouvoir les comparer à la résistance $R_{d,is}$, ce coefficient α étant donné par la relation :

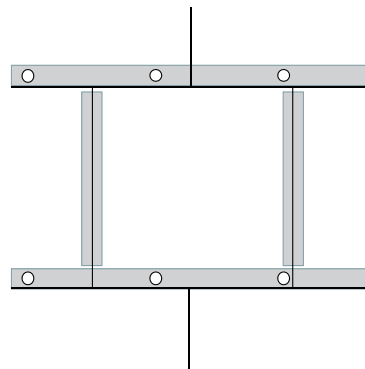
$$\alpha = \frac{3}{2} \cdot \frac{L}{I}$$

8. Exemples de détermination

8.1 Exemple n° 1

Situation et plan de fixation

Le système est un enduit sur polystyrène expansé mis en œuvre sur les parois d'un bâtiment existant. Les panneaux isolants, de dimensions 500 x 500 mm et d'épaisseur 100 mm, sont fixés en partie courante à l'aide de profilés horizontaux en PVC et de raidisseurs verticaux (sans cheville additionnelle) :



Les profilés horizontaux sont fixés au support avec des chevilles posées tous les 30 cm. La longueur du panneau étant de 50 cm, le nombre de chevilles par longueur de profilé (comptant pour un panneau) est $n_h = 50/30$.

Le nombre de chevilles par raidisseur est $n_v = 0$.

Le plan de fixation choisi conduit donc à $n = 50/30 + 0 \approx 1,67$.

Résistance de calcul entre l'isolant et les profilés

La résistance minimale $R_{p,panneau}$ (polystyrène expansé d'épaisseur ≤ 100 mm), obtenue à partir d'essais d'arrachement statique (cf. § 5.1.4.3.2 de l'ETAG 004) avec le plan de fixation décrit ci-dessus, est égale à 1 250 N. La rupture a lieu dans le polystyrène expansé.

La surface d'un panneau de dimensions 500 x 500 mm est $A = 0,25$ m².

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

$$R_{k,is} = 1\,250 / 0,25 = 5\,000 \text{ Pa.}$$

La détermination du coefficient partiel de sécurité (cf. Annexe 1) conduit à la valeur $\gamma_{M,is} = 2,4$.

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

$$R_{d,is} = 5\,000 / 2,4 = 2\,083 \text{ Pa, valeur arrondie à } 2\,080 \text{ Pa.}$$

Résistance de calcul entre les profilés et les chevilles

La résistance minimale R_{pr} est égale à 500 N.

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

$$R_{k,pr} = (50 / 30) \times (500 / 0,25) = 3\,333 \text{ Pa.}$$

Remarque : la valeur de $R_{d,pr}$ est aussi donnée directement dans l'Annexe 2.

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 $N_{Rk1} = 1\,500$ N. La cheville est donc de classe 1 dans ce support.

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

$$N_{Rd,u} = 1\,500 / 2,0 = 750 \text{ N.}$$

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

$$R_{d,su} = (50 / 30) \times (750 / 0,25) = 5\,000 \text{ Pa.}$$

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

Prise en compte du bras de levier induit par le profilé sur la cheville

La hauteur de l'aile du profilé en contact avec le support est égale à 50 mm ; la distance entre la cheville et le haut du profilé est égale à 25 mm. Le coefficient résultant de l'effet induit par le profilé sur la cheville est donc égale à :

$$\alpha = (3 / 2) \times (50 / 25) = 3.$$

À sollicitation égale, $R_{d,pr}$ est à diviser par 3 pour pouvoir comparer à $R_{d,is}$:

$$3\,333 / 3 = 1\,111 \text{ Pa, valeur arrondie à } 1\,110 \text{ Pa.}$$

De même, $R_{d,su}$ est à diviser par 3 pour pouvoir comparer à $R_{d,is}$:

$$5\,000 / 3 = 1\,667 \text{ Pa, valeur arrondie à } 1\,665 \text{ Pa.}$$

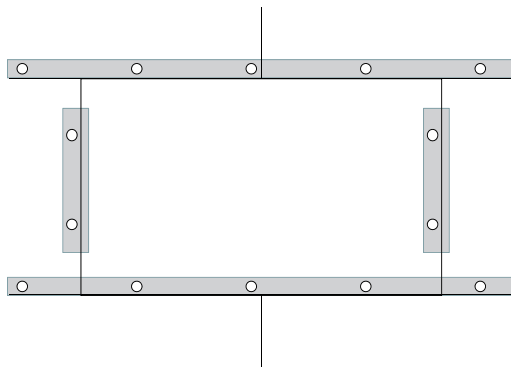
Comparaison des résistances de calcul

La valeur de $R_{d,pr}$ divisée par α est la plus petite des valeurs de calcul. La résistance au vent du système est donc $R_d = 1\,110 \text{ Pa}$.

8.2 Exemple n° 2

Situation et plan de fixation

Le système est un enduit sur polystyrène expansé mis en œuvre sur les parois d'un bâtiment neuf. Les panneaux isolants, de dimensions 1 000 x 600 mm et d'épaisseur 120 mm, sont fixés en partie courante à l'aide de profilés horizontaux en PVC et de profilés de maintien verticaux :



Les profilés horizontaux sont fixés au support avec des chevilles posées tous les 30 cm. La longueur du panneau étant de 100 cm, le nombre de chevilles par longueur de profilé (comptant pour un panneau) est $n_h = 100/30$.

Le nombre de chevilles par profilé de maintien vertical est $n_v = 2$.

Le plan de fixation choisi conduit donc à $n = 100/30 + 2 = 16/3 \approx 5,33$.

Résistance de calcul entre l'isolant et les profilés

La résistance minimale R_{panneau} (polystyrène expansé d'épaisseur $\leq 100 \text{ mm}$), obtenue à partir d'essais d'arrachement statique (cf. § 5.1.4.3.2 de l'ETAG 004) avec le plan de fixation décrit ci-dessus, est égale à 1 810 N. La rupture a lieu dans le polystyrène expansé.

La surface d'un panneau de dimensions 1 000 x 600 mm est $A = 0,60 \text{ m}^2$.

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

$$R_{k,is} = 1\,810 / 0,60 = 3\,017 \text{ Pa.}$$

La détermination du coefficient partiel de sécurité (cf. Annexe 1) conduit à la valeur $\gamma_{M,is} = 2,4$.

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

$$R_{d,is} = 3\,017 / 2,4 = 1\,257 \text{ Pa, valeur arrondie à } 1\,255 \text{ Pa.}$$

Résistance de calcul entre les profilés et les chevilles

La résistance minimale R_{pr} est égale à 500 N.

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

$$R_{k,pr} = (16 / 3) \times (500 / 0,60) = 4\,444 \text{ Pa.}$$

Remarque : la valeur de $R_{d,pr}$ est aussi donnée directement dans l'Annexe 2.

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 $N_{Rk} = 900 \text{ N}$ pour cette catégorie de support. La cheville est donc de classe 3 dans ce support.

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

$$N_{Rd,u} = 900 / 2,0 = 450 \text{ N.}$$

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

$$R_{d,su} = (16 / 3) \times (450 / 0,60) = 4\,000 \text{ Pa.}$$

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

Prise en compte du bras de levier induit par le profilé sur la cheville

La hauteur de l'aile du profilé en contact avec le support est égale à 50 mm ; la distance entre la cheville et le haut du profilé est égale à 25 mm. Le coefficient résultant de l'effet induit par le profilé sur la cheville est donc égale à :

$$\alpha = (3 / 2) \times (50 / 25) = 3.$$

À sollicitation égale, $R_{d,pr}$ est à diviser par 3 pour pouvoir comparer à $R_{d,is}$:

$$4\,444 / 3 = 1\,481 \text{ Pa, valeur arrondie à } 1\,480 \text{ Pa.}$$

De même, $R_{d,su}$ est à diviser par 3 pour pouvoir comparer à $R_{d,is}$:

$$4\,000 / 3 = 1\,333 \text{ Pa, valeur arrondie à } 1\,330 \text{ Pa.}$$

Comparaison des résistances de calcul

La valeur de $R_{d, is}$ est la plus petite des valeurs des valeurs de calcul. La résistance au vent du système est donc $R_d = 1\,255\text{ Pa}$.

9. 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.
- Définition des caractéristiques des profilés PVC destinés à la fixation des systèmes d'isolation thermique extérieure. *Cahier du CSTB* 2866, janvier-février 1996.
Modificatif n° 1. *Cahier du CSTB* 3006, décembre 1997.
- 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.
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 profilés

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

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

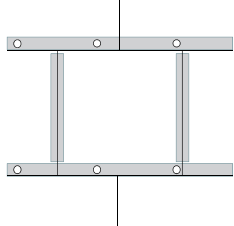
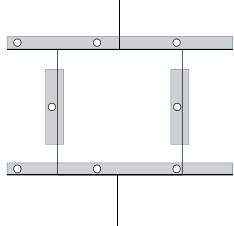
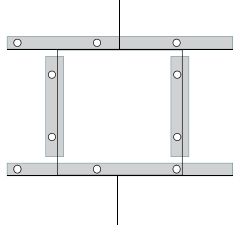
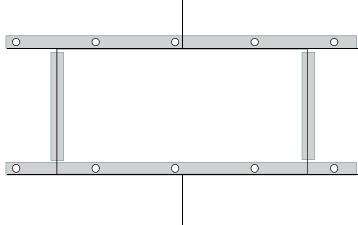
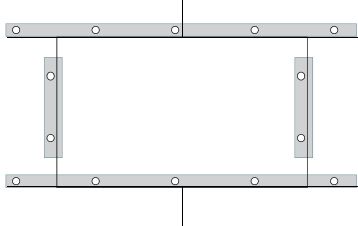
- γ_m : coefficient de sécurité sur la dispersion des résultats, dépendant de la classe de conséquence de l'ouvrage selon l'Eurocode 0. Il est pris égal à 1,16 pour des panneaux en polystyrène expansé conformes à la norme NF EN 13163.
- γ_1 : coefficient de sécurité sur le vieillissement. Il est pris égal à 1,0 pour des panneaux en polystyrène expansé conformes à la norme NF EN 13163.
- γ_2 : coefficient de sécurité sur la capacité de charge. Il est pris égal à 1,5 pour des panneaux en polystyrène expansé conformes à la norme NF EN 13163.
- 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, car aucune étude statistique ne permet actuellement de déterminer l'impact de la qualité de la mise en œuvre des panneaux isolants sur la valeur d'arrachement.

Ainsi, le coefficient $\gamma_{M, is}$ est pris égal à 2,4 pour des panneaux en polystyrène expansé conformes à la norme NF EN 13163.

ANNEXE 2

Exemples de plans de fixation des panneaux en polystyrène expansé en partie courante

Dans les exemples qui suivent, les profilés horizontaux sont fixés avec des chevilles posées tous les 30 cm. Chaque valeur de $R_{d,pr}$ est donnée pour une résistance au déboutonnage de la cheville dans le profilé égale à 500 N. Ces valeurs ne tiennent pas compte de l'effet de bras de levier induit par le profilé sur la cheville ; pour tenir compte de cet effet, il convient de diviser ces valeurs par le coefficient α défini au *paragraphe 7*.

<p>Panneau de dimensions 500 × 500 mm (surface 0,25 m²)</p> <p>Raidisseurs verticaux sans cheville</p> <p>$n_h \approx 1,67$ et $n_v = 0$</p> <p>1,67 chevilles / panneau – 6,67 chevilles / m²</p> <p>$R_{d,pr} = 3333$ Pa</p>	
<p>Panneau de dimensions 500 × 500 mm (surface 0,25 m²)</p> <p>Profilés de maintien verticaux avec 1 cheville</p> <p>$n_h \approx 1,67$ et $n_v = 1$</p> <p>2,67 chevilles / panneau - 10,67 chevilles / m²</p> <p>$R_{d,pr} = 5333$ Pa</p>	
<p>Panneau de dimensions 500 × 500 mm (surface 0,25 m²)</p> <p>Profilés de maintien verticaux avec 2 chevilles</p> <p>$n_h \approx 1,67$ et $n_v = 2$</p> <p>3,67 chevilles / panneau – 14,67 chevilles / m²</p> <p>$R_{d,pr} = 7333$ Pa</p>	
<p>Panneau de dimensions 1000 × 500 mm (surface 0,50 m²)</p> <p>Raidisseurs verticaux sans cheville</p> <p>$n_h \approx 3,33$ et $n_v = 0$</p> <p>3,33 chevilles / panneau – 6,67 chevilles / m²</p> <p>$R_{d,pr} = 3333$ Pa</p>	
<p>Panneau de dimensions 1000 × 600 mm (surface 0,60 m²)</p> <p>Profilés de maintien verticaux avec 2 chevilles</p> <p>$n_h \approx 3,33$ et $n_v = 2$</p> <p>5,33 chevilles / panneau - 8,89 chevilles / m²</p> <p>$R_{d,pr} = 4444$ Pa</p>	

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 le tableau ci-dessous sont exprimées en Pa. Ces valeurs ne tiennent pas compte de l'effet de bras de levier induit par le profilé sur la cheville ; pour tenir compte de cet effet, il convient de diviser ces valeurs par le coefficient α défini au *paragraphe 7*.

		Dimensions des panneaux (mm)				
		500 x 500	500 x 500	500 x 500	1 000 x 500	1 000 x 600
		Nombre de chevilles par panneau [par m²]				
		1,67 [6,67]	2,67 [10,67]	3,67 [14,67]	3,33 [6,67]	5,33 [8,89]
Classe de résistance de la cheville	1	5 000	8 000	11 000	5 000	6 667
	2	4 000	6 400	8 800	4 000	5 333
	3	3 000	4 800	6 600	3 000	4 000
	4	2 500	4 000	5 500	2 500	3 333
	5	2 000	3 200	4 400	2 000	2 667
	6	1 667	2 667	3 667	1 667	2 222
	7	1 333	2 133	2 933	1 333	1 778
	8	1 000	1 600	2 200	1 000	1 333

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