

NOTE D'INFORMATION

MISE EN ŒUVRE EN ZONES SISMIQUES DES REVETEMENTS EXTERIEURS EN LAMES ET BARDEAUX DE BOIS COUVERTS PAR LE DTU 41.2

Date d'émission : 17 septembre 2012

Institut Technologique FCBA
Pôle Industrie Bois Construction

Service Consultance Innovation et Appui Technique
Allée de Boutaut – BP 227
33 028 Bordeaux Cedex

Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
Département Enveloppe et Revêtements

Division Constructions Légères et Couvertures
84 avenue Jean Jaurès - Champs-sur-Marne
FR-77447 Marne-la-Vallée Cedex 2

1. PREAMBULE

La nouvelle réglementation sismique a été mise en place le 22 octobre 2010 au travers des textes suivants :

- Décret n° 2010-1254 relatif à la prévention du risque sismique ;
- Décret n° 2010-1255 portant délimitation des zones de sismicité du territoire français ;
- Arrêté du 22 octobre 2010 modifié le 19 juillet 2011 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal ».

Cette réglementation fait référence à l'Eurocode 8 (NF EN 1998) pour le dimensionnement des bâtiments en zones sismiques.

Cette réglementation est entrée en vigueur le 1^{er} mai 2011.

2. DETERMINATION DES CONTRAINTES SISMIQUES

2.1. Selon l'aléa local

Une nouvelle carte des zones sismiques, couvrant le territoire métropolitain et les départements d'outre-mer a donc été établie.

Le Décret n° 2010-1255 délimite précisément les zones sismiques par départements, cantons et communes.

Le territoire national est découpé en 5 zones sismiques :

Zone 1 : sismicité très faible

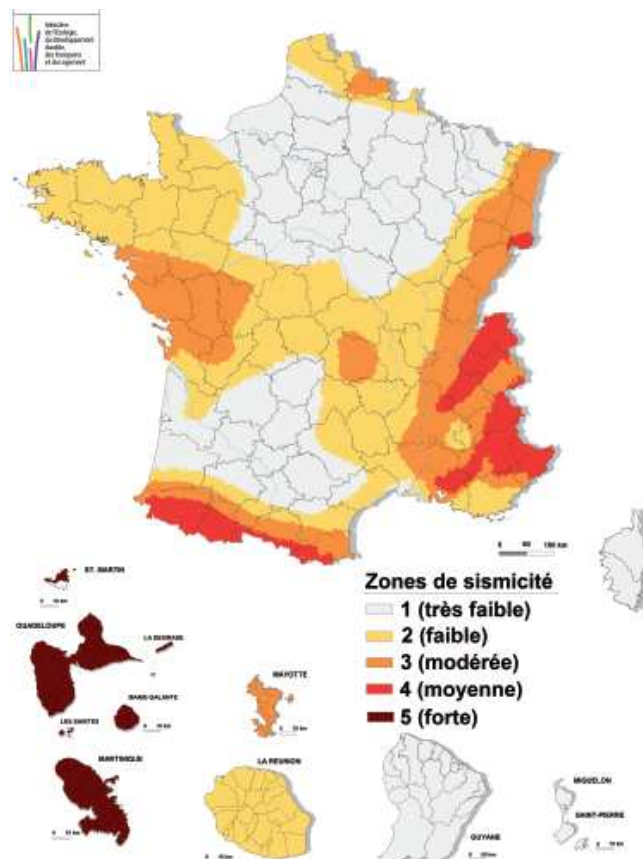
Zone 2 : sismicité faible

Zone 3 : sismicité modérée

Zone 4 : sismicité moyenne

Zone 5 : sismicité forte

Une représentation simplifiée est portée sur la carte située ci-contre.



2.2 Selon la classification des bâtiments

L'arrêté du 22 octobre 2010 définit 4 catégories d'importance pour les bâtiments :

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

Le tableau ci-dessous donne des exemples de types de bâtiments selon la catégorie d'importance.

Catégorie d'importance	Exemples de type de bâtiments (voir arrêté du 22/10/10)
I	Bâtiments sans activité humaine durable
II	Habitations individuelles, ERP 4e et 5e catégories (sauf établissements scolaires), bâtiments d'habitation collective (≤ 28 m), bâtiments de bureaux et d'usage commercial non ERP (≤ 28 m, ≤ 300 personnes), bâtiments à activité industrielle (≤ 300 personnes).
III	Établissements scolaires, ERP 1 ^{re} , 2 ^e et 3 ^e catégories, bâtiments à habitation collective (> 28 mètres), bâtiments de bureaux (> 28 mètres), bâtiments à usage commercial non ERP (> 300 personnes), bâtiments d'activité industrielle (> 300 personnes), bâtiments sanitaires et sociaux, bâtiments de production d'énergie.
IV	Bâtiments de sécurité civile et défense, bâtiments de services communication, bâtiments de circulation aérienne, établissements de santé, bâtiments d'eau potable, bâtiments de distribution d'énergie, bâtiments de centres météorologiques.

2.3. Selon la classe de sol

La norme NF EN 1998-1 (Eurocode 8, partie 1), définit également des classes de sol, selon la nature du terrain sur lequel est construit le bâtiment.

Le tableau ci-dessous donne des exemples de profils stratigraphiques selon la classe de sol.

Classe de sol	Profil stratigraphique
A	Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 mètres de matériau moins résistant.
B	Dépôts raides de sable, de gravier ou d'argile sur consolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur.
C	Dépôts profonds de sable de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raide, ayant des épaisseurs de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres.
D	Dépôts de sol sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant une majorité de sols cohérents mous à fermes.
E	Profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions.

3. CAS DES OUVRAGES DE REVETEMENTS EXTERIEURS EN LAMES OU BARDEAUX DE BOIS CONFORMES AU DTU 41.2

Note importante : les justifications ci-dessous ne visent que la reprise des efforts liés aux actions sismiques, toutes les autres sollicitations (tenue au vent notamment) et exigences (chocs, sécurité incendie) doivent être traitées par ailleurs.

3.1 Définition de l'exigence

L'exigence applicable aux bardages rapportés est exprimée dans la norme NF EN 1998-1 au § 4.3.5 « Eléments non structuraux » dans ces termes :

« Les éléments non structuraux des bâtiments qui peuvent, en cas de rupture, exposer les personnes à des risques ou affecter la structure principale du bâtiment ou l'exploitation des installations présentant des risques particuliers, doivent être vérifiés – ainsi que leurs supports – en vue de résister à l'action sismique de calcul »

Elle peut être interprétée de la manière suivante :

- L'élément rapporté ne doit pas tomber ;
- L'élément rapporté peut être dégradé mais ne doit pas s'effondrer.

3.2 Hypothèses, configurations et dispositions constructives

Le bardage en lames ou en bardeaux de bois ainsi que ses fixations est conçu et réalisé conformément au DTU 41-2 et au Cahier du CSTB 3316_V2.

De plus, il est considéré mis en œuvre sur chevrons qui sont :

- soit fixés sur un mur en béton armé conforme au DTU 23-1, par l'intermédiaire de pattes équerres ou non,
- soit fixés directement sur des montants de mur de construction à ossature bois conforme au DTU 31-2.

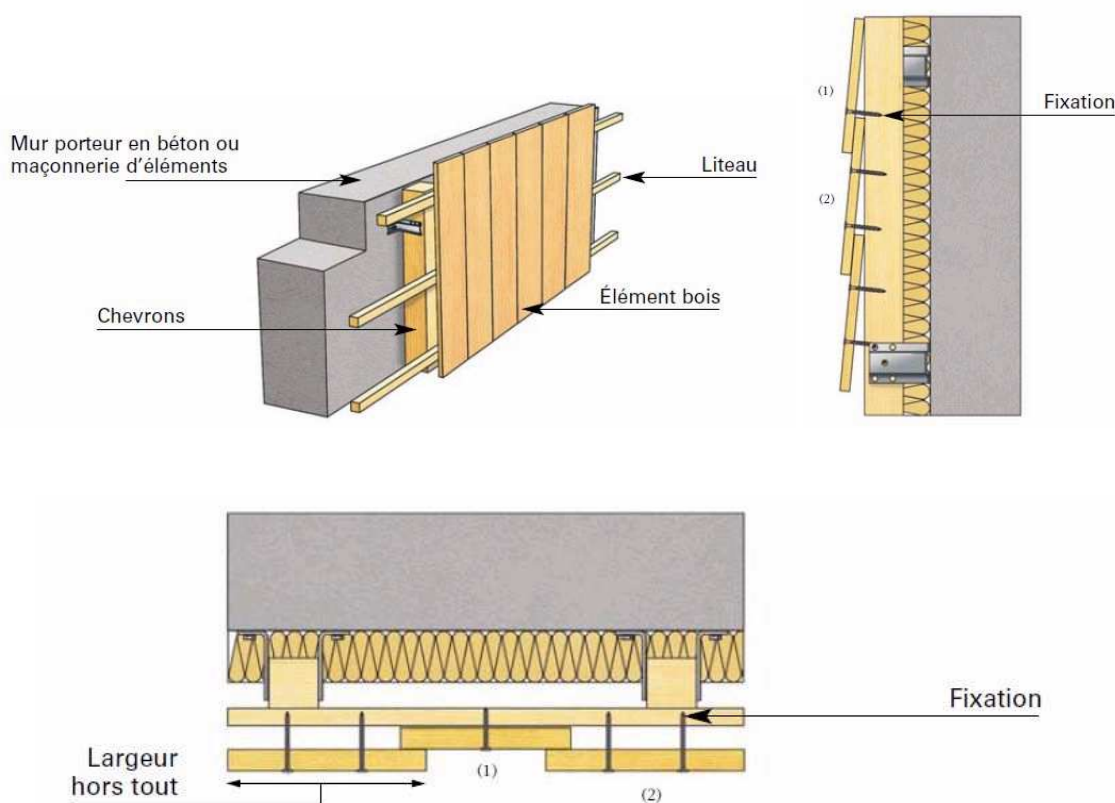
Les configurations suivantes, couvertes par le DTU 41.2 et le cahier CSTB 3316_V2, sont à prendre en compte :

- Zone de sismicité : **toute zone**
- Bâtiments de catégorie d'importance : **toute catégorie**
- Classe de sol : **toute classe**
- Eléments de revêtement extérieur : **masse surfacique de maximum de 25 kg/m²** (exemple : lames en bois très lourd à 925 kg/m³ pour une épaisseur de 27 mm)
- Charges surfaciques hors bardage (chevrons, isolant, ...) : **20 kg/m² maximum**
- Fixations pour la liaison revêtement / ossature secondaire : **pénétration minimum de 22 mm dans l'ossature support, diamètre minimum 2,5 mm**
-

- Fixations pour la liaison ossature secondaire / gros œuvre bois : **pénétration de 30 mm minimum dans le mur ossature bois support, diamètre 2,1 mm minimum**
- Pattes équerres pour la liaison ossature secondaire / gros œuvre béton : **longueur 250 mm maximum**
- **Distance maximum de 1,35 m** entre chaque patte-équerre
- **Au moins 3 pattes-équerre par chevron** (quelque soit la longueur du chevron)
- Dimension de la petite aile de la patte-équerre : **50 mm x 50 mm minimum**

Les dispositions constructives suivantes doivent également être appliquées :

- Il est admis une ossature secondaire continue sur une hauteur de 6 m maximum (en partant du niveau du sol)
- Au-delà de ces 6 m l'ossature secondaire support du revêtement extérieur en bois doit être fractionnée à chaque étage.



Exemples de montage d'un bardage en bois sur un mur en béton

3.3 Justification des ouvrages et des éléments constituant les ouvrages de revêtements extérieurs en bois.

3.3.1. Cas général

Lorsque le § 3.2 est respecté, un ouvrage de bardage en lames ou en bardeaux de bois, permet de satisfaire les exigences des textes réglementaires relatifs à la prévention du risque sismique.

3.3.2. Cas particulier : liaison patte-équerre / mur en béton

La fixation au gros oeuvre béton est réalisée par chevilles métalliques portant le marquage CE sur la base d'un ATE selon ETAG 001 - Parties 2 à 5 pour un usage en béton fissuré (options 1 à 6) et respectant les "Recommandations à l'usage des professionnels de la construction pour le dimensionnement des fixations par chevilles métalliques pour le béton" (Règles CISMA éditées en septembre 2011).

Ces chevilles métalliques doivent résister aux sollicitations en traction et au cisaillement (en daN) données dans les tableaux ci-dessous, selon :

- la zone sismique,
- la catégorie d'importance de bâtiment
- la longueur de la grande aile des pattes équerres.

Enfin, la fixation des chevrons au béton par pattes équerres est symétrique : étriers ou pattes équerres de part et d'autre du chevron ou pattes équerres placées en quinconce.

Les caractéristique des chevilles, pondérées conformément aux § 8.2.3 et § 8.2.4 des règles CISMA, devront être supérieures ou égales à ces valeurs.

Longueur de la grande aile des pattes-équerres					
100 mm					
	zone sismique	Catégorie d'importance du bâtiment			
		I	II	III	IV
Sollicitation des chevilles en traction (daN)	1	/	/	/	/
	2	/	/	287	304
	3	/	320	350	383
	4	/	392	442	494
	5	/	496	571	647
Sollicitation des chevilles en cisaillement (daN)	1	/	/	/	/
	2	/	/	72	76
	3	/	80	88	96
	4	/	98	111	123
	5	/	124	143	162

Longueur de la grande aile des pattes-équerrres					
150 mm					
	zone sismique	Catégorie d'importance du bâtiment			
		I	II	III	IV
Sollicitation des chevilles en traction (daN)	1	/	/	/	/
	2	/	/	431	456
	3	/	480	525	574
	4	/	588	663	741
	5	/	743	856	971
Sollicitation des chevilles en cisaillement (daN)	1	/	/	/	/
	2	/	/	72	76
	3	/	80	88	96
	4	/	98	111	123
	5	/	124	143	162

Longueur de la grande aile des pattes-équerrres					
200 mm					
	zone sismique	Catégorie d'importance du bâtiment			
		I	II	III	IV
Sollicitation des chevilles en traction (daN)	1	/	/	/	/
	2	/	/	574	608
	3	/	639	701	766
	4	/	784	884	988
	5	/	991	1141	1295
Sollicitation des chevilles en cisaillement (daN)	1	/	/	/	/
	2	/	/	72	76
	3	/	80	88	96
	4	/	98	111	123
	5	/	124	143	162

Longueur de la grande aile des pattes-équerrres					
250 mm					
	zone sismique	Catégorie d'importance du bâtiment			
		I	II	III	IV
Sollicitation des chevilles en traction (daN)	1	/	/	/	/
	2	/	/	718	760
	3	/	799	876	957
	4	/	980	1105	1235
	5	/	1239	1427	1618
Sollicitation des chevilles en cisaillement (daN)	1	/	/	/	/
	2	/	/	72	76
	3	/	80	88	96
	4	/	98	111	123
	5	/	124	143	162

Les cases grisées et marquées d'un « / » correspondent à des zones sismiques et des catégories de bâtiment pour lesquelles il n'y a pas d'exigences de justification au séisme.

ANNEXE

Revêtements extérieurs en bois couverts par le DTU 41.2 Justification de la tenue des lames de bardage en zone sismique par approche calculatoire

Effort sismique maximum appliqué aux éléments de façade

Cette justification est basée sur l'Eurocode 8 §4.3.5 avec les hypothèses suivantes :

- Zone de sismicité :
 - Métropole : Zone 4, classe de sol E ($a_{gr} = 1,6 \text{ m/s}^2$ et $S = 1,8$)
 - D.O.M. : Zone 5, classe de sol E ($a_{gr} = 3 \text{ m/s}^2$ et $S = 1,4$)
- Poids surfacique maximum :
 - $W_a = 45 \text{ daN/m}^2$ (Elément de bardage, ossature secondaire, isolant éventuel tels que définie dans le prEN DTU 41.2)
- Coefficient de comportement :
 - $q_a = 2$ selon Tableau 4.4 (§ 4.3.5.4) pour les éléments de façade
- Coefficients d'importance :
 - $\gamma_a = 1$ selon § 4.3.5.3
 - $\gamma_I = 1,4$

L'effort de l'action sismique, noté F_a , est égale à : $F_a = \frac{S_a \cdot W_a \cdot \gamma_a}{q_a}$ avec :

$$S_a = \alpha \cdot S \cdot \left(\frac{3 \cdot \left(1 + \frac{z}{H} \right)}{1 + \left(1 - \frac{T_a}{T_1} \right)^2} - 0,5 \right)$$

au plus défavorable, $z = H$ et $T_a = T_1$ donc $S_a = 5,5 \cdot \alpha \cdot S$

avec $\alpha = \frac{a_{g,A}}{g}$ où $a_{g,A} = a_{gr,A} \cdot \gamma_I$ et $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ soit :

- $\alpha = 0,228$ pour la zone 4
- $\alpha = 0,428$ pour la zone 5

d'où le coefficient sismique maximum $S_a = 5,5 \times 0,428 \times 1,4 = 3,297$

La valeur maximale de F_a est donc $F_a = \frac{3,297 \times 45 \times 1}{2} = 74,2 \text{ daN/m}^2$ soit $F_{a,max} = \mathbf{0,74 \text{ kN/m}^2}$

Vérification de la résistance (critère de non effondrement)

Lorsque les fixations des lames de bardage sont mise en œuvre conformément aux dispositions du prNF DTU 41.2, la configuration la moins résistante, c'est-à-dire des pointes torsadées ou annelées de diamètre 2,5 mm avec une profondeur de pénétration du support de 22 mm, conduit à (qualité des bois C14 mini) :

- Résistance caractéristique en arrachement : $F_{ax,Rk} = 240 \text{ N}$
- Résistance caractéristique en cisaillement : $F_{v,Rk} = 410 \text{ N}$

Soit en valeurs de calcul en situation de séisme ($k_{mod} = 1,1$ et $\gamma_M = 1$ conformément à NF EN 1995-1-1 + NA et NF EN 1998-1 + NA) :

- Résistance en arrachement : $F_{ax,Rd} = 264 \text{ N} = 26,4 \text{ daN}$
- Résistance en cisaillement : $F_{v,Rd} = 451 \text{ N} = 45,1 \text{ daN}$

La densité de fixations la plus défavorable conduisant à 12 pointes par m², nous avons :

- Résistance minimum en arrachement : $F_{ax,Rd} = 316 \text{ daN/m}^2$
- Résistance minimum en cisaillement : $F_{v,Rd} = 541 \text{ daN/m}^2$

Note : Cette configuration minimale permet de reprendre les efforts d'arrachement dus au vent à 8 m de hauteur jusqu'à la région 4, en terrain plat et catégorie de rugosité IIIa, soit 126 daN/m² non pondéré (selon les tableaux du paragraphe 7 – Organes de fixations du prEN DTU 41.2). Les autres fixations proposées permettent de couvrir une plage d'effort jusqu'à 424 daN/m².

Avec les combinaisons ELU en situation de séisme, les sollicitations induites sur les fixations sont :

N°	Combinaison*	$F_{ax,Ed}$	$F_{v,Ed}$	Taux total**
1	G + « Ex + 0,3.Ey »	74 daN/m ²	50 daN/m ²	6,3 %
2	G + « 0,3.Ex + Ey »	22 daN/m ²	87 daN/m ²	3,1 %
* « Ex » = hors plan ($F_{ax,Ed}$) et « Ey » = dans le plan ($F_{v,Ed}$)				
** Taux total calculé selon NF EN 1995-1-1				

Avec les hypothèses utilisées, à savoir le chargement le plus important et les fixations les plus faibles, le taux de travail sur les fixations des lames de bardage n'excède pas 7%.

NOTE : A la manière des Avis Techniques "bardages rapportés" du GS 2, le type des chevilles assurant la liaison pattes-équerrés / gros œuvre n'est pas précisé (longueur,

diamètre,...) seuls figurent dans le document les tableaux indiquant les efforts appliqués aux chevilles.

Déplacement inter-étages

La conception des éléments de bardage bois en lames permet le libre mouvement des lames entre elles (les panneaux ne sont pas visés par le présent document). Les lames de bardage étant libres de glisser entre elles, le bardage n'est pas concerné par un risque d'endommagement notable du aux déformations de sa structure porteuse et est un revêtement extrêmement ductile. Le déplacement latéral mobilisable n'est pas limité par les lames de bardages mais seulement par la structure porteuse.

Remarque :

De nombreux essais cycliques et sismiques ont pu être réalisés à l'Institut Technologique FCBA sur des murs à ossature bois. Les déplacements maximum observés n'excèdent pas 70 mm pour une hauteur de 2,4 m, soit 30 mm/m. Pour des lames d'une hauteur utile maximale de 125 mm, cela conduit à un glissement relatif des lames de 3,8 mm. Ce glissement mobilisable n'est pas dommageable pour les lames de bardage.

De plus, le critère de limitation des dommages de NF EN 1998-1, lorsque la structure porteuse supporte des éléments de façade ductile, conduit quant à lui à un glissement relatif des lames limité à 2,35 mm non dommageable pour celles-ci.

Enfin, il est rappelé que, pour les déplacements inter-étages, les hypothèses prévoient un fractionnement du revêtement et de l'ossature secondaire à chaque niveau au-delà de 6 m.

Conclusion

Un ouvrage de bardage correctement mis en œuvre selon les prescriptions du DTU 41.2 et du cahier CSTB 3316_V2 permet de satisfaire les exigences des textes réglementaires relatifs à la prévention du risque sismique.