

NOTE D'INFORMATION

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

Date : 17 mars 2025

Institut Technologique FCBA
Pôle Industrie Bois Construction
Unité Ingénierie
Allée de Boutaut – BP 227
33 028 Bordeaux Cedex

Centre Scientifique et Technique du Bâtiment
Direction Enveloppe du Bâtiment
Division Certification et Evaluation
84 avenue Jean Jaurès - Champs-sur-Marne
FR-77447 Marne-la-Vallée Cedex 2

Avec le soutien de :



1. PREAMBULE

La 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 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 SOLLICITATIONS SISMQUES

2.1. Selon l'aléa local

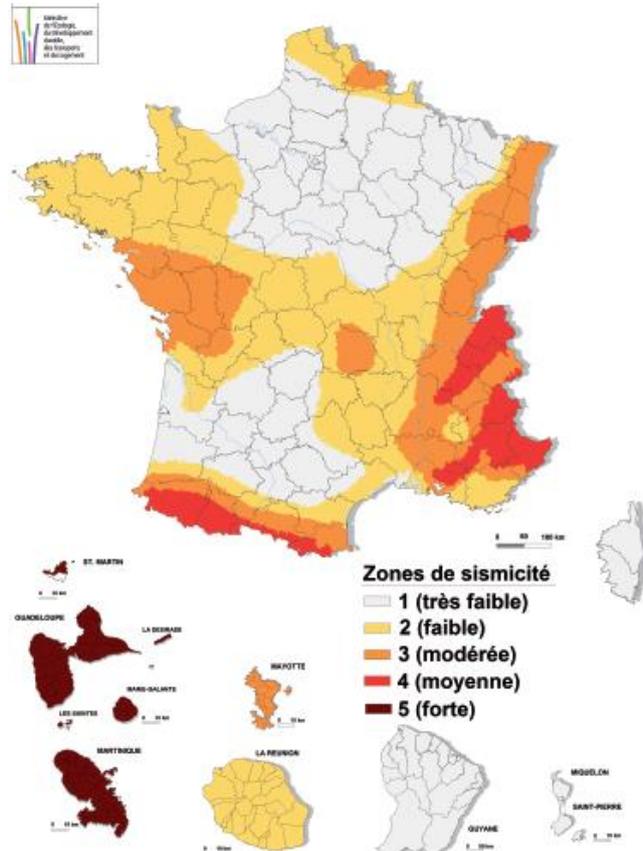
Une carte des zones sismiques, couvrant le territoire métropolitain et les régions et départements d'outre-mer a donc été établie.

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.



Les accélérations maximales de référence au niveau du sol sont données par l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié duquel le tableau ci-dessous est extrait :

Zone de sismicité	a_{gr} (m/s ²)
1 - Très faible	0,4
2 - Faible	0,7
3 - Modérée	1,1
4 - Moyenne	1,6
5 - Forte	3

2.2 Selon la classification des bâtiments

L'arrêté du 22 octobre 2010 modifié définit quatre 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.

L'arrêté du 22 octobre 2010 modifié donne le coefficient d'importance à considérer en fonction de la catégorie de bâtiment.

Catégorie d'importance	Coefficient d'importance γ_i
I	0,8
II	1,0
III	1,2
IV	1,4

2.3. Selon la classe de sol

La 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.

L'arrêté du 22 octobre 2010 modifié donne le coefficient de sol S à considérer en fonction de la classe de sol et de la zone de sismicité.

Classe de sol	S (pour les zones de sismicité 1 à 4)	S (pour la zone de sismicité 5)
A	1	1
B	1,35	1,2
C	1,5	1,15
D	1,6	1,35
E	1,8	1,4

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

Note importante 1 : 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 vérifiées par ailleurs.

Note importante 2 : au moment de la rédaction du présent document, des règles professionnelles visant notamment le chevillage sur maçonnerie pour des sollicitations sismiques sont en cours d'élaboration. Elles remplaceront les règles CISMA datant de mai 2014. Dans l'attente de leur parution, il sera fait référence dans le présent document aux règles actuelles et aux ETE des chevilles visant actuellement une mise en œuvre en zone sismique sur maçonnerie.

Au moment de la rédaction du présent document, les documents ETA-22/0186 et ETA-20/0542 visent la pose sur maçonnerie en zone sismique. D'autres seront peut-être disponibles lors de sa parution, il conviendra de se rapprocher des fabricants pour en avoir l'information.

3.1 Définition de l'exigence

L'exigence applicable aux bardages rapportés est exprimée dans la 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

3.2.1 Dispositions communes

Le bardage en lames ou en bardeaux de bois ainsi que ses fixations sont conçus et réalisés conformément au NF DTU 41.2.

Les configurations suivantes, couvertes par le NF DTU 41.2, 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 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 :
 - **Pour les vis : pénétration minimum de 22 mm dans l'ossature support, diamètre minimum 3,4 mm ;**
 - **Pour les pointes : pénétration minimum de 25 mm dans l'ossature support, diamètre minimum 2,5 mm ;**

La disposition constructive suivante doit être appliquée :

- L'ossature secondaire est fractionnée au droit de chaque plancher avec un fractionnement maximum tous les 5,4m.

3.2.2 Mise en œuvre sur support béton ou maçonnerie

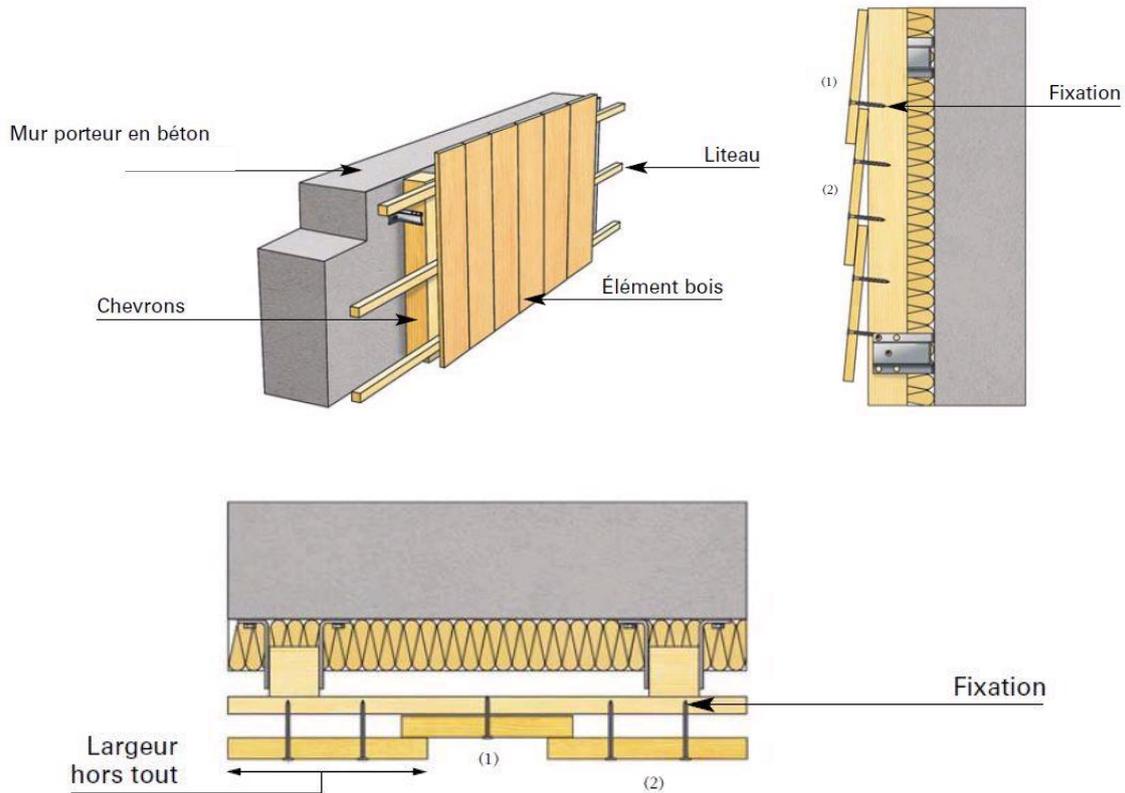
L'ouvrage de bardage est considéré mis en œuvre sur chevrons qui sont :

- Soit fixés sur un mur en béton armé conforme au NF DTU 23.1, par l'intermédiaire de pattes équerres ou non ;
- Soit fixés sur un mur en maçonnerie conforme au NF DTU 20.1 et dans la limite des supports visés par l'ETE de la cheville concernée, par l'intermédiaire de pattes équerres ou non ;

Les hypothèses ci-dessous sont considérées :

- Pattes équerres pour la liaison ossature secondaire / gros œuvre béton ou maçonnerie : **longueur 250 mm maximum**
- **Distance maximum de 1,35 m** entre chaque patte-équerre
- **Au moins 3 pattes-équerre par chevron**
- Dimension de la petite aile de la patte-équerre : **50 mm x 50 mm minimum**
- **Pour la prise en compte des effets de levier, la cheville est considérée être au centre de la petite aile de la patte-équerre**

Note : Les tableaux du paragraphe 3.3.2 du présent document sont donnés pour les longueurs de patte équerres de 100mm, 150mm, 200mm et 250mm. Pour des longueurs intermédiaires ou inférieures à 100mm, il sera fait référence à la longueur immédiatement supérieure. Pour une longueur de patte équerre supérieure à 250mm, le calcul des efforts sur la cheville devra être réalisé.



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

3.2.3 Mise en œuvre sur mur à ossature bois

Le bardage en lames ou en bardeaux de bois est mis en œuvre par fixation directe sur murs à ossature bois conformes au NF DTU 31.2.

Les dispositions ci-dessous sont à respecter :

- La distance de la fixation par rapport au bord longitudinaux des tasseaux est de 3 fois le diamètre de la fixation et 6 fois en extrémité ;
- Les fixations doivent pénétrer d'au moins 30 mm dans le montant d'ossature, la contre-ossature verticale ;
- Diamètre nominal mini des fixations : 3,1 mm pour les pointes, 4 mm pour les vis ;
- Diamètre de tête mini : 6,2 mm ;
- Entraxe de ces fixations : 30cm avec un nombre minimal de trois fixations par tasseau quelle que soit sa longueur.

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 ou en maçonnerie

La fixation au gros œuvre béton est réalisée par chevilles métalliques portant le marquage CE sur la base d'un ETE selon les DEE 330232-00-0601 et DEE 330499-01-0601 et respectant les " Recommandations professionnelles sur le chevillage " (Règles CISMA éditées en mai 2014).

La fixation sur support en maçonnerie conforme au NF DTU 20.1 est réalisée par chevilles faisant l'objet d'un ETE. La mise en œuvre des chevilles doit être effectuée conformément à ce dernier document et uniquement sur les types de maçonnerie visés (voir note 2 du paragraphe 3 du présent document).

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 ou à la maçonnerie par pattes équerres est symétrique : étriers ou pattes équerres de part et d'autre du chevron ou pattes équerres placées en quinconce.

Les caractéristiques des chevilles utilisées devront donc 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			352	381	
	3		406	452	497	
	4		510	576	642	
	5		661	758	854	
Sollicitation des chevilles en cisaillement (daN)	1					
	2			59	63	
	3		67	75	83	
	4		85	98	111	
	5		114	134	154	

		Longueur de la grande aile des pattes-équerres				
		150 mm				
		Catégorie d'importance du bâtiment				
		zone sismique	I	II	III	IV
Sollicitation des chevilles en traction (daN)	1					
	2				517	559
	3			594	659	725
	4			743	838	932
	5			960	1099	1237
Sollicitation des chevilles en cisaillement (daN)	1					
	2				59	63
	3			67	75	83
	4			85	98	111
	5			114	134	154

		Longueur de la grande aile des pattes-équerres				
		200 mm				
		Catégorie d'importance du bâtiment				
		zone sismique	I	II	III	IV
Sollicitation des chevilles en traction (daN)	1					
	2				682	736
	3			782	867	952
	4			976	1099	1223
	5			1259	1440	1620
Sollicitation des chevilles en cisaillement (daN)	1					
	2				59	63
	3			67	75	83
	4			85	98	111
	5			114	134	154

		Longueur de la grande aile des pattes-équerres				
		250 mm				
		Catégorie d'importance du bâtiment				
		zone sismique	I	II	III	IV
Sollicitation des chevilles en traction (daN)	1					
	2				846	913
	3			970	1075	1180
	4			1208	1361	1513
	5			1558	1780	2003
Sollicitation des chevilles en cisaillement (daN)	1					
	2				59	63
	3			67	75	83
	4			85	98	111
	5			114	134	154

Les cases grisées et marquées d'une croix 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 NF 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 $S = 1,8$)
 - DROM. : 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 NF 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
 - $\gamma_I = 1,4$ (catégorie d'importance IV)

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 mises en œuvre conformément aux dispositions du NF DTU 41.2, la configuration la moins résistante, c'est-à-dire des pointes torsadées ou annelées de diamètre 2,5 mm conformes à la NF EN 14592, avec une profondeur de pénétration du support de 25 mm, conduit à (qualité des bois C14 mini pour les lames et tasseaux) :

- Résistance caractéristique en arrachement : $F_{ax,Rk} = 190 \text{ N}$
- Résistance caractéristique en cisaillement : $F_{v,Rk} = 450 \text{ N}$

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 : $F_{ax,Rd} = 209 \text{ N} = 20,9 \text{ daN}$
- Résistance en cisaillement : $F_{v,Rd} = 495 \text{ N} = 49,5 \text{ daN}$

La densité de fixations la plus défavorable conduisant à 12 pointes par m^2 , nous avons :

- Résistance minimum en arrachement : $F_{ax,Rd} = 250 \text{ daN/m}^2$
- Résistance minimum en cisaillement : $F_{v,Rd} = 594 \text{ daN/m}^2$

Note 1 : 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 NF DTU 41.2).

Note 2 : Pour les pointes visées par le CGM du NF DTU 41.2 n'étant pas du ressort de la NF EN 14592, la présente annexe s'applique pour des valeurs minimales de P_k définies conformément avec les exigences du CGM du NF DTU 41.2 devant être en accord avec les valeurs présentées ci-dessus.

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	9,5 %
2	G + « 0,3.Ex + Ey »	22 daN/m ²	87 daN/m ²	3,0 %

* « 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 10%.

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 dû 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.

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 et au maximum tous les 5,4m.

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 70mm pour une hauteur de 2,4m, soit 30 mm/m. Pour des lames d'une hauteur utile maximale de 125 mm, cela conduit à un glissement relatif des lames de 3,8mm. 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 ductiles, conduit quant à lui à un glissement relatif des lames limité à 2,35 mm non dommageable pour celles-ci.

Conclusion

Un ouvrage de bardage mis en œuvre selon les prescriptions du NF DTU 41.2 et les préconisations du présent document sur la base des hypothèses prises permet de satisfaire les exigences des textes réglementaires relatifs à la prévention du risque sismique pour ce type d'ouvrage.