

FICHE TECHNIQUE

CSTB
CEBTP
Bureau Veritas Construction
APAVE
QUALICONSULT
SOCOTEC
SNFA

} du COPREC

N°49 - Indice : C
Date : Juillet 2018
Nombre de pages : 10

Dispositions applicables aux façades légères en zones sismiques

Objet de la fiche

Cette fiche fait suite à la publication des décrets et arrêtés du 22 Octobre 2010, qui rend l'Eurocode 8 applicable depuis le 01/05/2011.

Elle se base sur l'EC8 et en particulier le § 4.3.5 relatif aux éléments non structuraux, sur l'expérience acquise par les règles PS92, et sur des essais en vraie grandeur.

Ces dispositions ont été élaborées conformément au document « Guide publié par les ministères de l'écologie et du logement : Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti – Justifications parasismiques pour le bâtiment à « risque normal » rendu applicable par l'arrêté du 15 septembre 2014.

Cette fiche ne traite pas des mesures préventives spécifiques, à définir par le maître d'ouvrage dans les documents particuliers du marché, qui peuvent être demandées, notamment dans le cas de bâtiments de catégorie d'importance IV, au regard de la continuité de leur fonctionnement en cas de séisme.

1. Domaine d'application

Il concerne les façades-rideaux et semi-rideaux conformes au NF DTU 33.1, installées sur des bâtiments neufs ou existants soumis à l'aléa sismique définis dans le Tableau 1.

Tableau 1 - Prise en compte de l'aléa sismique

Zones de sismicité	Catégories d'importance de bâtiment			
	I	II	III	IV
Zone 1	non	non	non	non
Zone 2	non	non	oui	oui
Zone 3	non	oui	oui	oui
Zone 4	non	oui	oui	oui
Zone 5	non	oui	oui	oui

En complément, les cas particuliers ci-dessous sont dispensés des dispositions de la présente fiche :

En zone de sismicité 2 :

- Les établissements scolaires à un seul niveau remplissant les conditions du paragraphe 1.1 des Règles de Construction Parasismiques PS-MI 89 révisées 92(NF P06-014).

En zones de sismicité 3 et 4 :

- Les bâtiments de catégorie d'importance II et les établissements scolaires à un seul niveau remplissant les conditions du paragraphe 1.1 des Règles de Construction Parasismiques PS-MI 89 révisées 92(NF P06-014).

En zones de sismicité 5 :

- Les Maisons Individuelles appartenant à la catégorie d'importance II remplissant les conditions des règles CP-MI Antilles.

2. Conditions d'application

2.1. Limitation des déplacements de l'ossature primaire

2.1.1. Bâtiment neuf

L'ossature primaire du bâtiment doit être dimensionnée conformément au § 4.4.3 (limitation des dommages) de l'Eurocode 8 (EC8) en considérant la limite de déplacement entre étages pour des éléments non structuraux composés de matériaux fragiles.

La limite de déplacement entre étages de l'ossature primaire est fixée à :

$$dr \cdot \nu \leq 0,005 \cdot h$$

Avec $\nu = 0,4$ selon l'arrêté du 22 octobre 2010 soit :

$$dr \leq 1,25 \cdot h / 100$$

Avec :

- dr le déplacement de calcul entre étages défini en 4.4.2.2 (2) de l'EC8 ;
- h la hauteur entre étages ;
- ν le coefficient de réduction pour prendre en compte une plus petite période de retour de l'action sismique associée à l'exigence de limitation des dommages.

2.1.2 Bâtiment existant

En l'absence de la connaissance du comportement sismique du bâtiment existant les déformations entre étages sont considérées forfaitairement équivalentes à celles d'un bâtiment neuf pour la mise en œuvre de façades légères définies ci-avant au § 2.1.1.

Note : Un bâtiment existant est moins ductile qu'un bâtiment récent construit selon les normes parasismiques modernes. Les déformations prises en compte pour un bâtiment neuf tel qu'indiquées au §2.1.1 sont donc enveloppes pour celles des bâtiments existants.

2.2. Détermination de l'action sismique

Les effets de l'action sismique sont déterminés en appliquant une force horizontale F_a au centre de gravité de l'élément et orientée soit dans son plan ($F_{a//}$), soit perpendiculairement à son plan ($F_{a\perp}$).

Sauf prescriptions des DPM (Documents Particulier du Marché), la composante verticale de l'action sismique n'est pas à considérer pour les façades légères.

La force F_a (daN) est donnée par la formule :

$$F_a = (5,5 \cdot \gamma_I \cdot S \cdot a_{gr}/g) \cdot (W_a/q_a)$$

$$= K_a \cdot (W_a/q_a)$$

Avec

- a_{gr} l'accélération maximale de référence au niveau du sol de classe A en m/s^2 ;
- γ_I le coefficient d'importance du bâtiment ;
- S le paramètre du sol ;
- W_a le poids de l'élément en daN ;
- q_a le coefficient de comportement de l'élément non structural pris égal à 2;
- g l'accélération de la pesanteur pris égale à $9.81 m/s^2$;
- K_a coefficient dont les valeurs sont données dans le tableau 2.

Tableau 2 – Valeurs de K_a

		Calculs de $K_a = 5,5 \times \gamma_I \times S \times a_{gr}/g$				
		Catégorie d'importance de bâtiment				
		II	III	IV		
zones de sismicité	Coefficients	Coefficient d'importance γ_I			Classe de sol	S
		1	1,2	1,4		
2 (Faible) $a_{gr} (ms^{-2}) = 0,7$			0,47	0,55	A	1
			0,64	0,74	B	1,35
			0,71	0,82	C	1,5
			0,75	0,88	D	1,6
			0,85	0,99	E	1,8
3 (modérée) $a_{gr} (ms^{-2}) = 1,1$		0,62	0,74	0,86	A	1
		0,83	1,00	1,17	B	1,35
		0,93	1,11	1,30	C	1,5
		0,99	1,18	1,38	D	1,6
		1,11	1,33	1,55	E	1,8
4 (moyenne) $a_{gr} (ms^{-2}) = 1,6$		0,90	1,08	1,26	A	1
		1,21	1,45	1,70	B	1,35
		1,35	1,61	1,88	C	1,5
		1,44	1,72	2,01	D	1,6
		1,61	1,94	2,26	E	1,8
5 (forte) $a_{gr} (ms^{-2}) = 3$		1,68	2,02	2,35	A	1
		2,02	2,42	2,83	B	1,2
		1,93	2,32	2,71	C	1,15
		2,27	2,72	3,18	D	1,35
		2,35	2,83	3,30	E	1,4

Cette formule est obtenue à partir de la formule de l'Eurocode 8 § 4.3.5 en appliquant les conditions enveloppes en absence de leur connaissance réelle, c'est-à-dire en considérant la période propre de l'élément égale à la période propre du bâtiment ($T_a = T_1$) et la position de l'élément en haut du bâtiment ($Z = H$).

Note : La valeur $q_a = 2$ résulte de la conception des façades légères confirmée par les essais réalisés en vraie grandeur. En effet les liaisons au gros œuvre d'une part et entre montant et traverse d'autre part ne sont jamais des encastresments ni des articulations parfaites. La mise en parallélogramme des ossatures n'est possible que par un comportement ductile des assemblages et par les dispositions prises pour éviter les contacts durs entre les remplissages verriers (joints EPDM, cale synthétiques, jeux de fonctionnement, ...). Les remplissages verriers étant constitués de matériau fragile, les déformations sont limitées aux valeurs indiquées au paragraphe 1.2. En conséquence le comportement de la façade légère conforme au NF DTU 33.1 est ductile dans la limite des déformations précisées ci-dessus.

En l'absence de précision de la nature du sol dans les DPM (notamment pour les bâtiments existants), la force F_a est calculée en considérant un sol de classe E.

La vérification de l'aléa sismique est appliquée en combinant l'action sismique et le poids propre sans pondération :

$$F_a // \llcorner + \gg G \quad \text{et} \quad F_a^\perp \llcorner + \gg G$$

Si la force F_a^\perp est inférieure à l'action due au vent à l'ELU, seule la vérification sous l'action due au vent à l'ELU est nécessaire.

3. Dimensionnement des éléments

3.1. Ancrage et attache de la façade à l'ossature primaire

L'effort sismique au niveau de l'ancrage au gros œuvre (cheville et gros œuvre) est à pondérer par un coefficient $K_{alea} = 1,5$ pour tenir compte des aléas de répartition des charges :

$$F_{a, \text{ ancrage}} = K_{alea} \times F_a$$

Pour les attaches sous sollicitations sismiques, les contraintes calculées doivent être inférieures ou égales aux limites élastiques des matériaux. Dans les cas de charge action sismique + poids propre sans pondération.

La fixation au gros œuvre par cheville est effectuée par des chevilles métalliques portant le marquage CE sur la base d'un ATE selon l'ETAG 001 parties 2 à 5 pour un usage en béton fissuré (options 1 à 6) et respectant les « recommandations professionnelles sur le chevillage » du CISMA - Édition mai 2014.

3.2. Ossatures de la façade

Pour des portées verticales entre appuis inférieures à 6m seules les liaisons montant/traverse sous sollicitations sismiques sont à justifier, les contraintes calculées doivent être inférieures ou égales aux limites élastiques des matériaux.

Le § 5 de la présente fiche précise les méthodes de justification des liaisons montant-traverse par calculs ou par essais.

4. Remplissages

Les dispositions définies au présent § sont à considérer pour chacun des constituants extérieurs et intérieurs en fonction de leur environnement respectif vis-à-vis du risque de chute d'éléments.

Les paragraphes 4.2 et 4.3 s'appliquent sauf cas particuliers du §4.1.

4.1. Cas sans exigences

Il n'existe aucune exigence de choix des remplissages, et ce quel que soit leur technique de maintien lorsque l'une des conditions suivantes est vérifiée:

- Aire d'activité AA1 ou AA3 (P 08-302) en pied de façade : Présence humaine occasionnelle ; Les façades situées à l'aplomb d'une aire de chute à occupation nulle ou quasi nulle (zone non accessible, zone uniquement accessible pour l'entretien, locaux techniques) telles que définies dans le guide ENS y répondent.
- La hauteur de chute du remplissage est inférieure à 3,5 m (mesuré entre le point haut du remplissage et le sol) ;
- Présence d'un réceptacle* : Sont considérés comme ouvrages formant réceptacles pour les chutes de débris, les balcons, loggias, auvents et ouvrages similaires dont les dimensions respectent les critères suivants :

H désignant la hauteur de la partie de façade, le débord du réceptacle doit être supérieur à :

- $H/10$ pour les parties de façades de hauteur \leq à 28 m, sans être inférieur à 0,5 m ;
- $H/20 + 1,40$ m pour les parties de façades de hauteur $>$ à 28 m

Ce dispositif devra être dimensionné pour résister à une charge accidentelle (ELU) uniformément répartie de 200 daN/m².

De plus si le remplissage du réceptacle est un vitrage, il devra être en verre feuilleté de sécurité et classé au moins P5A selon la norme NF EN 356.

*Sauf étude spécifique, la protection par réceptacle tel que défini ne s'applique pas aux remplissages de masse $>$ 100 kg et ne respectant pas les critères du §4.3.

4.2. Choix des remplissages

4.2.1. Remplissages vitrés

Lorsque qu'aucune des conditions du § 4.1 n'est présente le choix du composant de vitrage est défini selon le tableau 3.

Tableau 3 - Choix des vitrages en zones sismiques

Catégorie d'importance de bâtiment				
Zone de sismicité	I	II	III	IV
Zone 1	(1)	(1)	(1)	(1)
Zone 2	(1)	(1)	(2) ou (3)	(2) ou (3)
Zone 3	(1)	(2) ou (3)	(2) ou (3)	(3)
Zone 4	(1)	(2) ou (3)	(2) ou (3)	(3)
Zone 5	(1)	(2) ou (3)	(2) ou (3)	(3)

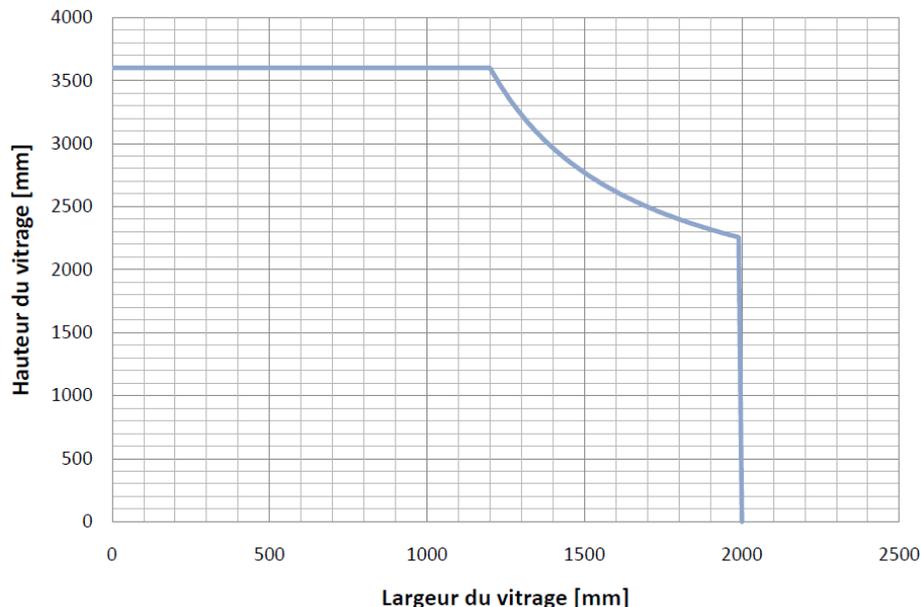
(1) : pas de prescription vis-à-vis de l'aléa sismique

(2) : les vitrages « recuits monolithiques » doivent respecter les dimensions maximales de la figure 1.

(3) : Les vitrages doivent être soit feuilletés (2B2) soit trempés (1C3). Dans le cas de plusieurs couches de vitrages (vitrages isolants, respirants, façades multiples...) l'utilisation d'un vitrage recuit ou durci est possible si sa chute est protégée par un vitrage feuilleté (2B2).

Nota : les vitrages "recuits monolithiques" sont les vitrages autres que ceux définis en (3) et employés en vitrage simple ou composant d'un vitrage isolant.

Figure 1 - Dimensions maximales des vitrages recuits monolithiques satisfaisants l'exigence de limitation des dommages



4.2.2. Autres remplissages

Les remplissages constitués de matériaux fragiles doivent répondre à des considérations équivalentes à celles des remplissages vitrés au regard de la maîtrise des risques de blessure en cas de bris et chute.

Les remplissages constitués de matériaux ductiles (tôle acier, tôle aluminium,...) ne nécessitent pas de justification sismique hormis celles indiqués au § 4.3

4.3. Maintien des remplissages

Les dispositions de maintien suivantes ne nécessitent pas de justification sous sollicitation sismique :

- Les remplissages maintenus en feuillures 4 côtés
- Les remplissages collés sur 4 côtés suivant la technique du VEC (Verre Extérieur Collé)
- Les remplissages (cadres rapportés, tôles...) fixés à l'ossature secondaire par vissage
- Les ouvrants de masse inférieure à 100 kg.

Pour les ouvrants de masse supérieure à 100 kg si les conditions du § 4.1 sont respectées du côté du sens d'ouverture, sauf étude spécifique, la protection des personnes en pied de façade par un réceptacle ne s'applique pas.

Pour les remplissages (cadres rapportés, tôles...) maintenus par accrochage, il convient de s'assurer d'un recouvrement résiduel des crochets $\geq 5\text{mm}$ lors de leur rotation. Celle-ci est induite par la déformation en parallélogramme de l'ossature secondaire, calculée à partir de la formule du § 2-1-1. Pour les bâtiments existants on utilise également la formule du § 2-1-1.

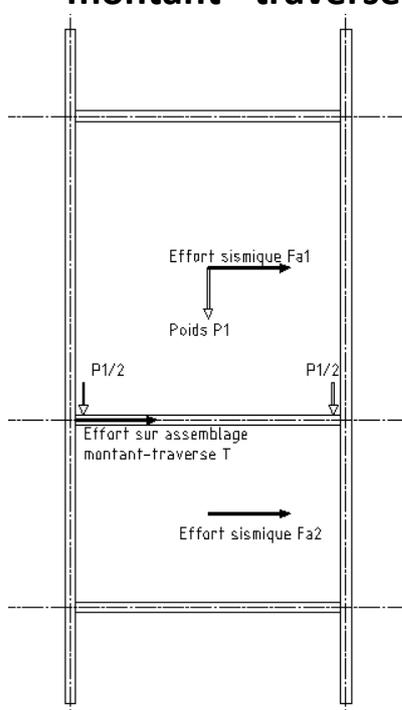
Les cadres rapportés comportant des fixations ou attaches fonctionnant par frottement devront faire l'objet d'essais sismiques spécifiques.

5. Méthodes de justification des liaisons montant-traverse par calculs ou par essais.

Possibilités de justification des liaisons montants/traverses :

- Par calcul de contrainte avec vérification à la limite élastique des matériaux
- Par essais de traction suivant la norme NF EN 16758 (ou méthode similaire) avec :
 - Détermination de la valeur caractéristique à l'ELU suivant l'annexe B
 - Répartition de l'effort sismique ci-dessous et condition de vérification

Effort sismique dans le plan de la façade sur l'assemblage montant - traverse



Soient :

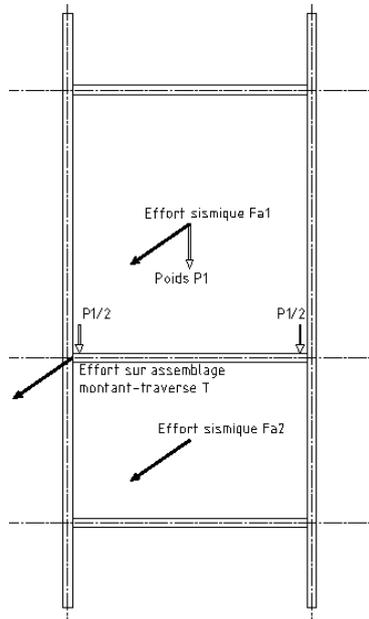
F_{a1} : effort sismique dans le plan de la façade, dû au poids du remplissage 1 appliquée au centre de gravité du remplissage

F_{a2} : effort sismique dans le plan de la façade, dû au poids du remplissage 2 appliquée au centre de gravité du remplissage

P₁ : poids du remplissage

Alors **T = 0.5 x (F_{a1} + F_{a2})**

Effort sismique perpendiculaire à la façade sur l'assemblage montant - traverse



Soient :

F_{a1} : effort sismique perpendiculaire à la façade, du au poids du remplissage 1 appliquée au centre de gravité du remplissage

F_{a2} : effort sismique perpendiculaire à la façade, du au poids du remplissage 2 appliquée au centre de gravité du remplissage

P₁ : poids du remplissage

Alors

$$T' = 0.25 \times (F_{a1} + F_{a2})$$

T' : effort sismique sur l'assemblage montant – traverse perpendiculaire à la façade

Critères de justification

T et T' ≤ F_{des,u} (valeur calculée ou valeur caractéristique déterminée par essais suivant annexe B NF EN 16758 dans chaque cas – effort dans le plan ou perpendiculaire au plan)

Et

Compositions de charges (effort sismique T et T') **et verticales** (**P₁/2** poids) acceptables suivant méthode A ou méthode B de la norme NF EN 16758.

Note relative aux éléments à fournir par le concepteur pour la justification des assemblages montants-traverses de façade rideau

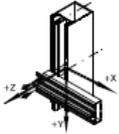
Rappel : ces éléments ne traitent pas de l'intégrité de la façade et de la conservation des performances après séisme.

Le concepteur de la façade détermine la résistance des assemblages montants-traverses

- ✓ Soit par essais selon la norme NF EN 16758 ou une méthode d'essais similaire prenant en compte les points d'application des efforts (position des supports de cales et excentrement des poids des remplissages).
- ✓ Soit par une note de calcul de vérification des contraintes dans l'assemblage (pour validation de la modélisation de l'assemblage utilisée dans la méthode de calcul, il est conseillé de réaliser des essais sur quelques cas).

Le concepteur met à la disposition du façadier les valeurs déterminées ci-dessus en précisant l'utilisation de ces valeurs (ELS ou ELU) ainsi que les coefficients de sécurité appliqués.

Exemple de tableau

Modèle assemblage	Indications constructives	Valeurs en daN				
		Traction +X	Traction -X	Traction +Z	Traction -Z	Poids +Y
	Références assemblage et matières	X1	X2	Z1	Z2	Y

Nota : dans le cas d'un assemblage par emmanchement seul, la valeur de X est nulle > ce type d'assemblage ne peut pas être utilisé en zone sismique.

Pour la composition des sollicitations poids + effort sismique suivant le principe du § 6 de la norme EN 16758,

- ✓ Le tableau ci-dessus permet une composition des efforts suivant la méthode A du § 6 de la norme EN 16758 : zone de composition acceptable en triangles suivant la figure 10 de la norme EN 16758.

Le concepteur peut, en supplément, mettre à la disposition du façadier les valeurs déterminées en composant les sollicitations poids et actions horizontales suivant les calculs ou essais réalisés (en général 4 valeurs supplémentaires) suivant le principe du § 6 de la norme EN 16758.

- ✓ Dans ce cas, les valeurs peuvent être transmises à l'aide d'un graphe et suivant la méthode B, la zone de composition acceptable est déterminée par une ligne polygonale suivant la figure 11 de la norme EN 16758.

Pour la justification des assemblages sous sollicitations sismiques, le façadier compare les valeurs des sollicitations calculées pour le projet (sismiques et poids suivant le §5 de la présente fiche) avec les valeurs limites de capacité portante (tableaux ou graphes) fournies par le concepteur.