

**JORIS IDE**  
Hille 174  
BE 8750 Zwevezele  
Belgique

**Rapport d'étude n° BEB2.K.9000-1**  
**Domaine d'emploi sismique**  
**Systemes de bardage rapporté constitué de lames**  
**métalliques de la gamme Grégale**  
**30 avril 2020**



**Département Enveloppe Du**  
**Bâtiment**  
**ELANCOURT**

Votre interlocuteur :

**Amandine MAILLET**

Tel : 01 30 85 21 50

Fax : 01 30 85 24 72

[a.maillet@groupeginger.com](mailto:a.maillet@groupeginger.com)

*Le présent rapport comprend 47 pages  
dont 5 d'annexes*

## SOMMAIRE

<b>1</b>	<b>Objet.....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Références.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Rapports d'essais.....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>Hypothèses générales.....</b>	<b>6</b>
4.1	Description du système.....	6
4.2	Programme d'essais effectués.....	6
4.3	Caractéristiques des procédés testés.....	7
4.4	Ajouts massiques.....	8
<b>5</b>	<b>Interprétations des résultats d'essais.....</b>	<b>10</b>
5.1	Essais.....	10
5.2	Configuration de validité.....	11
5.3	Tableau des parements admis.....	12
5.4	Tableau des ossatures admises.....	13
5.5	Tableau des fixations admises.....	13
<b>6</b>	<b>Sollicitations sismiques.....</b>	<b>14</b>
6.1	Généralités.....	14
6.2	Calcul des sollicitations agissant dans le plan de lames.....	15
6.3	Efforts agissants forfaitaires avec vérification des fixations de la lame sur les montants d'ossature.....	16
6.4	Vérification de la fixation d'une lame sur les montants d'ossature.....	19
6.5	Vérification des montants de l'ossature.....	21
6.5.1.	Généralités.....	21
Les montants d'ossature suivent les dispositions minimales du Tableau 8 et doivent résister aux actions définies ci-après :.....		
6.5.2.	Montants verticaux ou horizontaux fixés sur pattes-équerres.....	22
6.5.3.	Ossature en double réseau.....	23

6.6	Dispositions forfaitaires validant la vérification de la fixation des montants aux pattes-équerres	
	26	
6.7	Vérification de la fixation des montants.....	27
6.7.1	Généralités .....	27
	Les fixations des montants d'ossature doivent résister aux actions définies ci-après :.....	27
6.7.2	Montants verticaux fixés sur pattes-équerres.....	28
6.7.3	Montants horizontaux fixés sur pattes-équerres.....	30
6.7.4	Ossature en double réseau .....	31
6.8	Vérification des pattes-équerres.....	35
6.9	Vérification des organes de fixation des pattes-équerres aux supports.....	37
6.10	Tenue mécanique des systèmes de bardage rapportés.....	37
<b>7</b>	<b>Conclusion.....</b>	<b>38</b>
7.1	Généralités.....	38
7.2	Structure de l'ouvrage recevant les procédés de bardages rapportés incorporant des lames métalliques de la gamme Grégale .....	41
7.3	Domaine de validité des bardages rapportés à simple réseau acier incorporant des lames métalliques horizontales de la gamme Grégale .....	41
7.4	Domaine de validité des bardages rapportés à simple réseau acier incorporant des lames métalliques verticales de la gamme Grégale .....	42
7.5	Domaine de validité des bardages rapportés à simple réseau mixte acier/alliage d'aluminium incorporant des lames métalliques verticales de la gamme Grégale .....	43
7.6	Domaine de validité des bardages rapportés à double réseau acier incorporant des lames métalliques verticales de la gamme Grégale .....	44
7.7	Produits concernés pour la société JORIS IDE.....	45
	<b>ANNEXE 1 : Justification des calculs des masses prises en compte lors des essais d'excitation dans le plan .....</b>	<b>46</b>

## INDEX DES TABLEAUX

TABLEAU 1 : PROGRAMME D'ESSAIS EFFECTUES DANS LE CADRE DU RAPPORT D'ESSAIS MRF 19 2607088.....	6
TABLEAU 2 : DESCRIPTIF DES ELEMENTS TESTES DANS LE CADRE DU RAPPORT D'ESSAIS N° MRF 19 2607088 .....	7
TABLEAU 3 : NOMENCLATURE DES PRODUITS CONSTITUANT LES MAQUETTES TESTEES DANS LE CADRE DU RAPPORT D'ESSAIS N° MRF 19 2607088.....	8
TABLEAU 4 : AJOUTS MASSIQUES PERMETTANT DE COUVRIR LE DOMAINE D'ETUDE DU PRESENT RAPPORT .....	9
TABLEAU 5 : RECAPITULATIF DES CONFIGURATIONS DE BARDAGES RAPPORTES VALIDES DANS LE PRESENT RAPPORT. ....	11
TABLEAU 6 : TABLEAU DES MASSES SOLLICITANT LES FIXATIONS DES LAMES METALLIQUES ET DES POINTS DE FIXATION DES PATTES-EQUERRES.....	12
TABLEAU 7 : TABLEAU DES MASSES SURFACIQUES EN EPAISSEUR MAXIMALE VISEE POUR LA GAMME DE LAMES GREGALE. ....	12
TABLEAU 8 : MONTANTS METALLIQUES ET PATTES-EQUERRES ADMISES DANS LE CADRE DU PRESENT DOCUMENT. ....	13
TABLEAU 9 : TABLEAU DES FIXATIONS VALIDEES DANS LE CADRE DU PRESENT RAPPORT D'ETUDE .....	13
TABLEAU 10 : TABLEAU DES ACCELERATIONS $A = (5,5/Q_A) \cdot \Gamma_L \cdot S_{A_{GR}}$ EN M/S <sup>2</sup> EN FONCTION DE LA ZONE DE SISMICITE, LA CATEGORIE D'IMPORTANCE DU BATIMENT ET LA CLASSE DE SOL. ....	16
TABLEAU 11 : TABLEAU DES EFFORTS FORFAITAIRES AGISSANTS POUR LA VERIFICATION DE LA FIXATION DE LA LAME SUR LES MONTANTS D'OSSATURE .....	17
TABLEAU 12 : COEFFICIENT DE « REACTION D'APPUI » .....	20
TABLEAU 13 : LONGUEUR MAXIMALE DE LAME EN FONCTION DU NOMBRE DE MONTANTS.....	20
TABLEAU 14 : COEFFICIENT DE « REACTION D'APPUI » SELON LE NOMBRE DE MONTANT/LAME.....	22
TABLEAU 15 : COEFFICIENT DE « REACTION D'APPUI » SELON LE NOMBRE DE MONTANT HORIZONTAL/LAME .....	24
TABLEAU 16 : COEFFICIENT DE « REACTION D'APPUI » SELON LE NOMBRE DE MONTANTS VERTICAUX PAR MONTANT HORIZONTAL.....	25
TABLEAU 17 : COEFFICIENT DE « REACTION D'APPUI » SELON NOMBRE DE PATTES-EQUERRES PAR MONTANT .....	28
TABLEAU 18 : COEFFICIENT DE « REACTION D'APPUI » SELON NOMBRE DE MONTANTS VERTICAUX PAR MONTANT HORIZONTAL .....	32
TABLEAU 19 : COEFFICIENT DE « REACTION D'APPUI » SELON NOMBRE DE PATTES-EQUERRES PAR MONTANT VERTICAL .....	34
TABLEAU 20 : CONCLUSION - DOMAINE DES CONFIGURATIONS DE BARDAGES RAPPORTES VALIDE DANS LE PRESENT RAPPORT. ....	39
TABLEAU 21 : CONCLUSION - TABLEAU DES MASSES SURFACIQUES MAXIMALES POUR LA GAMME DE LAMES GREGALE. ....	40
LA MASSE SURFACIQUE MAXIMALE, HORS ET AVEC MASSE PROPRE DES PATTES-EQUERRES, DE BARDAGE RAPPORTEE A LA STRUCTURE DE L'OUVRAGE EST CELLE DU TABLEAU 22. ....	40
TABLEAU 22 : CONCLUSION - TABLEAU DES MASSES SURFACIQUES MAXIMALES RAMENEES A LA STRUCTURE DE L'OUVRAGE .....	40
LES MASSES MAXIMALES RAMENEES A CHAQUE COMPOSANT DES PROCEDES SONT CELLES DU TABLEAU 23. ....	40
TABLEAU 23 : CONCLUSION - TABLEAU DES MASSES RAMENEES A CHAQUE COMPOSANT DU BARDAGE RAPPORTE.....	40
TABLEAU 24 : DOMAINE DE VALIDITE DES BARDAGES RAPPORTES INCORPORANT DES LAMES GREGALE POSEES HORIZONTELEMENT SUR DES MONTANTS VERTICAUX EUX-MEMES FIXES A DES PATTES-EQUERRES EN ACIER. ....	41
TABLEAU 25 : DOMAINE DE VALIDITE DES BARDAGES RAPPORTES INCORPORANT DES LAMES GREGALE POSEES VERTICALEMENT SUR DES MONTANTS HORIZONTAUX EUX-MEMES FIXES A DES PATTES-EQUERRES EN ACIER.....	42
TABLEAU 26 : DOMAINE DE VALIDITE DES BARDAGES RAPPORTES INCORPORANT DES LAMES GREGALE POSEES VERTICALEMENT SUR DES MONTANTS HORIZONTAUX EUX-MEMES FIXES A DES PATTES-EQUERRES EN ALLIAGE D'ALUMINIUM. ....	43
TABLEAU 27 : DOMAINE DE VALIDITE DES BARDAGES RAPPORTES INCORPORANT DES LAMES GREGALE POSEES VERTICALEMENT SUR DES MONTANTS HORIZONTAUX EUX-MEMES FIXES A DES PATTES-EQUERRES EN ACIER.....	44

## 1 OBJET

Le présent rapport d'étude a pour objet l'interprétation des résultats d'essais sismiques et la validité du domaine d'emploi, conformément à la réglementation en vigueur, de parements de systèmes de bardages rapportés constitués de lames métalliques non structurales de la gamme Grégale. Le présent rapport d'étude mentionne des dispositions constructives relatives à l'ossature secondaire.

Le rapport d'étude est réalisé conformément à la réglementation sismique actuelle encadrée par l'arrêté du 22 octobre 2010 modifié.

## 2 REFERENCES

- Décret n° 2010-1254 du 22 octobre 2010 relatif à la prévention du risque sismique
- Arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismiques applicables aux bâtiments de la classe dite à risque normal.
- Arrêté du 25 octobre 2012 modifiant l'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite "à risque normal".
- NF EN 1998-1 (« Eurocode 8 ») : Calcul des structures pour leur résistance aux séismes, son annexe nationale et leurs modificatifs.
- NF EN 1993-1-3 (« Eurocode 3 partie 1-3 ») : Calcul des structures en acier – règles supplémentaires pour les profilés et plaques formés à froid, son annexe nationale et leurs modificatifs.
- NF EN 1999-1-1 (« Eurocode 9 partie 1-1 ») : Calcul des structures en aluminium, son annexe nationale et leurs modificatifs.
- Cahier du CSTB 3691 V2, Note d'information n°13, « Règles de transposition pour la mise en œuvre en zones sismiques des procédés de bardage rapporté sous Avis Technique à la suite de l'entrée en vigueur de l'arrêté du 22 octobre 2010 », mai 2012.
- Guide ENS « Dimensionnement parasismique des éléments non structuraux du cadre bâti – Justifications parasismiques pour le bâtiment à *risque normal* », DGALN/DHUP, juillet 2014.
- Cahier CSTB 3194\_V2 : Règles générales de conception et de mise en œuvre de l'ossature métallique et de l'éventuelle isolation thermique des bardages rapportés faisant l'objet d'un Avis Technique ou Document Technique d'Application.
- Cahier du CSTB 3725 : Stabilité en zones sismiques – systèmes de bardages rapportés faisant l'objet d'un Avis Technique.
- Cahier du CSTB 3747 : Guide d'évaluation des ouvrages de bardage incorporant des parements traditionnels en clins ou lames et cassettes métalliques.
- FD P06-029 Décembre 2017 : Règles de construction parasismiques – Dimensionnement des ancrages en zone sismique.

- EOTA TR045 : Design of metal anchors for use in concrete under seismic actions.
- EOTA TR049 : Post-installed fasteners in concrete under seismic action.
- EOTA TR054 : Design methods for anchorages with metal injection anchors for use in masonry
- EOTA TR055 : Design of fastenings based on EAD330232-00-0601,330499-00-0601,330747-00-061.
- NF EN 14782 Avril 2006 : Plaques métalliques autoportantes pour couverture, bardages extérieur et intérieur et cloisons - Spécification de produit et exigences.

### 3 RAPPORTS D'ESSAIS

Le présent rapport d'étude s'appuie sur des essais sismiques réalisés à la demande de JORIS IDE sur des systèmes de bardages rapportés et faisant l'objet du rapport d'essais MRF 19 2607088 du 24 avril 2019 concernant des essais sismiques sur procédés de bardage rapporté à base de lames acier.

### 4 HYPOTHESES GENERALES

#### 4.1 Description du système

Les systèmes testés sont des procédés de bardage rapporté traditionnels à base de lames en acier en pose horizontale ou verticale. Un bardage rapporté est constitué d'un parement rapporté sur l'extérieur de parois verticales pleines, par l'intermédiaire d'une ossature reliée à la structure porteuse de l'ouvrage à revêtir, généralement avec interposition d'un isolant thermique. Le parement rapporté une lame métallique maintenue en rives longitudinales, d'un côté par fixations traversantes non visibles et de l'autre par emboîtement dans la lame adjacente. L'ossature est constituée de montants fixés sur des pattes-équerres. Les systèmes visés sont conformes à la norme NF EN 14782 d'avril 2006.

#### 4.2 Programme d'essais effectués

L'ensemble des essais de mise en parallélogramme et d'excitation dans le plan faisant l'objet du rapport d'essais MRF 19 2607088 du 24 avril 2019 sont repris au Tableau 1 :

N° essai	Type essai	Fixation au support (bâti d'essai)	Ossature	Parement extérieur
19 068	Mise en parallélogramme du support	Patte-équerre Acier Longueur 40 mm - Entraxe 500 mm	Profil en L entraxe 1 000 mm	Lames acier : Grégale B300 et Grégale 300 en pose horizontale
19 069		Patte-équerre Acier Longueur 40 mm - Entraxe 500 mm		Lames acier : Grégale B300 et Grégale 300 en pose verticale
19 066	Excitation dans le plan du support	Patte-équerre Acier Longueur 300 mm - Entraxe 1 000 mm	Profil en L entraxe 1 500 mm	Lames acier : Grégale 300, 500 et 600 en pose horizontale
19 067		Patte-équerre Alu Longueur 300 mm - Entraxe 1 000 mm		Lames acier : Grégale 300, 500 et 600 en pose verticale
19 070		Patte-équerre Acier Longueur 230 mm - Entraxe 1 000 mm		Lames acier : Grégale 300, 500 et 600 en pose verticale

Tableau 1 : Programme d'essais effectués dans le cadre du rapport d'essais MRF 19 2607088

### 4.3 Caractéristiques des procédés testés

Essais		19 068	19 069	19 066	19 067	19 070
<b>Type d'essai</b>		Mise en parallélogramme du support		Excitation dans le plan du support		
<b>Patte-équerre</b>	Référence	ISOLCO		ISOLCO	ISOLALU +	KONSOL
	Longueur	40 mm		300 mm		
	Largeur	60 mm		60 mm	80 mm	60 mm
	Matériau	acier		acier	aluminium	acier
	Nuance	S 220 GD		S 220 GD	AA 6063 T66	S 220 GD
	Epaisseur	2,5 mm		2,5 mm	2,5/4 mm	2,5 mm
	Entraxe	500 mm		1 000 mm		
	Fixation	Vis autoperceuse ETANCO Goldovis - spiral 18 TH10/2C - Ø 6,3 x 63 mm				
Nb Fixation(s)	2		2		1	
<b>Profil en L (montant)</b>	Section	40 x 60 mm		40 x 60 mm		
	ép. (mm)	1,5		1,5		
	Entraxe	1 000 mm		1 500 mm		
	Fixation	Vis autoperceuse ETANCO Drillnox 3,5 PI TH8 A4 - Ø 5,5 x 28 mm				
	Nb Fix. Profil/patte	2		2		
<b>Lame</b>	Référence	JI Grégale B300 + JI Grégale 300		JI Grégale 300 + JI Grégale 500 + JI Grégale 600		
	Pose	horizontale	verticale	horizontale	verticale	
	Largeur	300		300 + 500 + 600		
	Matériau	acier		acier		
	Nuance	S 320 GD		S 320 GD		
	Epaisseur	1,00 mm (300) et 1,20 mm (B300)		1,00 mm		
	Fixation	Vis autoperceuse ETANCO Drillnox 3,5 PI TH8 A4 - Ø 5,5 x 28 mm				
Nb Fix. Lame/profil	1		1			
<b>Masse ossature (profils L)</b>	M. unitaire (kg)	3,53		3,53		
	Nb	4		3		
	M. tot (kg)	14,13		10,60		
	M. tot (kg/m²)	1,57		1,18		
<b>Masses patte-équerre</b>	M. unitaire	0,088	0,088	0,395	0,198	0,549
	Nb	28	28	12	12	12
	M. tot (kg)	2,48	2,48	4,73	2,37	6,59
	M. tot (kg/m²)	0,28	0,28	0,53	0,26	0,73
<b>Masse lame n°1</b>	Référence	JI Grégale B300		JI Grégale 300		
	ép. (mm)	1,200		1,000		
	M. unit. (kg/m²)	13,35		11,12		
	Longueur (m)	3		3		
	Largeur (m)	0,3		0,3		
	M. unit. (kg)	12,01		10,01		
	Nb	5		3		
M. tot (kg)	60,05		30,03			
<b>Masse lame n°2</b>	Référence	JI Grégale 300		JI Grégale 500		
	ép. (mm)	1,000		1,000		
	M. unit. (kg/m²)	11,12		9,81		
	Longueur (m)	3		3		
	Largeur (m)	0,3		0,5		
	M. unit. (kg)	10,01		14,72		
	Nb	5		2		
M. tot (kg)	50,04		29,44			
<b>Masse lame n°3</b>	Référence	-		JI Grégale 600		
	ép. (mm)	-		1,000		
	M. unit. (kg/m²)	-		9,485		
	Longueur (m)	-		3		
	Largeur (m)	-		0,6		
	M. unit. (kg)	-		17,08		
	Nb	-		2		
M. tot (kg)	-		34,15			
<b>Masse de bardage rapporté (hors ossature et pattes-équerre) pour 9 m²</b>		110,10		93,61		
<b>Masse de la maquette avant ajouts massiques éventuels</b>		126,70	126,70	108,94	106,58	110,80
<b>Ajouts massiques pour extension à 12 m² de bardage rapporté en ép. maxi</b>		-		56,17		
<b>Masse totale de l'ensemble testé avec ajouts massiques éventuels</b>		126,70	126,70	165,11	162,75	166,97

Tableau 2 : Descriptif des éléments testés dans le cadre du rapport d'essais n° MRF 19 2607088

L'ensemble des corps d'épreuve (maquettes) sont constitués des produits suivants :

Désignation	Référence	Matériaux	Dimensions	Fournisseur
<b>Patte-équerre</b>	ISOLCO	Acier S 220 GD galvanisé Z450	L x l : 40 x 60 mm retour : 50 x 60 mm ép. 2,5 mm	ETANCO
<b>Patte-équerre</b>	ISOLCO	Acier S 220 GD galvanisé Z450	L x l : 300 x 60 mm retour : 50 x 60 mm ép. 2,5 mm	
<b>Patte-équerre</b>	KONSOL	Acier S 220 GD galvanisé Z350	L x l : 230 x 60 mm retour : 50 x 60 mm ép. 2,5 mm	
<b>Patte-équerre</b>	ISOLALU + RHC LR80	AA 6063 T66	L x l : 300 x 80 mm retour : 50 x 80 mm ép. 2,5 mm	
<b>Profil en L (montant)</b>		Acier S 220 GD galvanisé Z275	S x L : (40 x 60) x 3000 mm ép. 1,5 mm	
<b>Vis (couturage des ajouts massique sur les lames)</b>	Drillnox Star 3T TB13 A2	Corps de vis Inox A2 AISI 304 Pointe acier cimenté Rondelle Inox A2 + EPDM	Ø 4,8 mm Longueur : 20 mm Tête bombée Ø 13 mm	
<b>Vis (fixation des lames et des profils en L)</b>	Drillnox Star 3,5 PI TH8 A4	Corps de vis Inox A4 AISI 316L Pointe acier cimenté Rondelle Inox A2 + EPDM	Ø 5,5 mm Longueur : 28 mm Tête Hexa. 6 pans 8 mm	
<b>Vis (fixation des pattes-équerre aux bâti d'essai)</b>	Goldovis - Spiral 18 TH10/2C	Acier cimenté 20MB5	Ø 6,3 mm Longueur : 63 mm Tête Hexa. 6 pans 10 mm	
<b>Lame de parement</b>	Jl Grégale B300	Acier nuance S 320 GD	Largeur utile 300 mm ép. 1,2 mm	JORIS IDE
<b>Lame de parement</b>	Jl Grégale 300		Largeur utile 300 mm ép. 1 mm	
<b>Lame de parement</b>	Jl Grégale 500		Largeur utile 500 mm ép. 1 mm	
<b>Lame de parement</b>	Jl Grégale 600		Largeur utile 600 mm ép. 1 mm	

Tableau 3 : Nomenclature des produits constituant les maquettes testées dans le cadre du rapport d'essais n° MRF 19 2607088

#### 4.4 Ajouts massiques

Afin que le domaine d'étude du présent rapport couvre les épaisseurs maximales de lames métalliques en configuration de pose sur des montants distants de 2m, des masses ont été ajoutées par coutures aux plages des lames constituant les maquettes des essais d'excitation.

En fonction de la largeur des lames testées, ces ajouts permettent d'atteindre la masse des lames en épaisseur 1,2 mm pour des entraxes de montants de 2m.



Essais		19 068	19 069	19 066	19 067	19 070
EXAP simulé - lame n°1	Référence	-	-	JI Grégale 300		
	ép. maxi (mm)			1,2		
	entraxe profil L (m)			2		
	M. tot (kg/m <sup>2</sup> )			13,35		
	M. tot (kg)			48,04		
	M. tot ajouté (kg)			18,02		
	M. tot. Aj./lame (kg)			<b>6,005</b>		
EXAP simulé - lame n°2	Référence	-	-	JI Grégale 500		
	ép. maxi (mm)			1,2		
	entraxe profil L (m)			2		
	M. tot (kg/m <sup>2</sup> )			11,78		
	M. tot (kg)			47,10		
	M. tot ajouté (kg)			17,66		
	M. tot. Aj./lame (kg)			<b>8,831</b>		
EXAP simulé - lame n°3	Référence	-	-	JI Grégale 600		
	ép. maxi (mm)			1,2		
	entraxe profil L (m)			2		
	M. tot (kg/m <sup>2</sup> )			11,38		
	M. tot (kg)			54,64		
	M. tot ajouté (kg)			20,49		
	M. tot. Aj./lame (kg)			<b>10,244</b>		
<b>Masse totale de la maquette avec ajouts d'EXAP (kg)</b>		126,70	126,70	165,11	162,75	166,97

Tableau 4 : Ajouts massiques permettant de couvrir le domaine d'étude du présent rapport

Exemple pour la lame JI Grégale 500 :

- la masse surfacique de la lame JI Grégale 500 en ép. 1,2 mm est de 11,78 kg/m<sup>2</sup> ;
- la masse d'une lame JI Grégale 500 d'épaisseur 1,2 mm posée sur 3 montants distants de 2m (soit une longueur de lame de 4 m) est ainsi de : 23,55 kg ;
- les maquettes d'essai étant composée notamment de 2 lames JI Grégale 500, la masse globale à simuler est de 2 x 23,55 = 47,10 kg ;
- or, cf. Tableau 2, la masse totale des 2 lames JI Grégale 500 utilisées pour composer les maquettes est de 29,44 kg ;
- L'ajout massique final est donc de 47,10 – 29,44 = 17,66 kg, ce qui ramené par lame correspond à 17,66/2 = 8,83 kg.

L'ensemble des ajouts massiques sont explicité en Annexe 1.

## 5 INTERPRETATIONS DES RESULTATS D'ESSAIS

### 5.1 Essais

Les systèmes de bardage ont été testés dans des configurations défavorables :

- Pour une hauteur de patte-équerre en acier allant de 40 à 300 mm lorsque les lames sont posées horizontalement ;
- Pour une hauteur de patte-équerre en acier allant de 40 à 230 mm lorsque les lames sont posées verticalement ;
- Pour une hauteur de patte-équerre en alliage d'aluminium allant de 40 à 300 mm lorsque les lames sont posées verticalement ;
- Pour des entraxes de pattes-équerres compris entre 500 mm et 1 000 mm ;
- Pour des entraxes de montants horizontaux ou verticaux jusqu'à 2m ;
- Pour des lames métalliques, posées horizontalement ou verticalement, bordées et non bordées, de la gamme Grégale dont la largeur varie de 300 à 600 mm et dont l'épaisseur varie de 1 à 1,2 mm.

Les essais de mise en parallélogramme ainsi que les essais d'excitation dans le plan ont été réalisés au CSTB suivant les modalités du cahier 3725 par le CSTB (voir paragraphe 4.3 pour les configurations testées). Les résultats des essais sont détaillés dans le rapport cité au paragraphe 3.

Les essais de mise en parallélogramme ont été menés sur des configurations qui présentaient les plus grandes rigidités (matériau le plus rigide, entraxe minimal des patte-équerre et des profils en L, largeur de lame la plus petite). Le cas des pattes-équerre en alliage d'aluminium, moins rigide que l'acier, est ainsi couvert.

Les essais d'excitation dans le plan ont été menés sur les configurations les plus souples avec des ajouts massiques permettant de simuler des épaisseurs de parement plus élevées ainsi que des entraxes de montants plus importants. Le cas du bardage rapporté avec ossature en double réseau est ainsi couvert.

Ces essais ont permis de démontrer la non chute des éléments du système ainsi que la non rupture des fixations dans les conditions suivantes :

- En mise en parallélogramme jusqu'à un déplacement en tête de 60 mm.
- En excitation jusqu'à une accélération de  $16,5 \text{ m/s}^2$  à l'issue de la 8<sup>ème</sup> phase pour les procédés avec pattes-équerre en acier S 220 GD de hauteur 300 mm, d'épaisseur 2,5 mm, et dont le parement est constitué de lames posées horizontalement.

- En excitation jusqu'à une accélération de 6,4 m/s<sup>2</sup> à l'issue de la 3<sup>ème</sup> phase pour les procédés avec pattes-équerre en alliage d'aluminium AA 6063-T66 de hauteur 300 mm, d'épaisseur d'âme 2,5 mm et de pied 4 mm, et dont le parement est constitué de lames posées verticalement.
- En excitation jusqu'à une accélération de 16,5 m/s<sup>2</sup> à l'issue de la 8<sup>ème</sup> phase pour les procédés avec pattes-équerre en acier S 220 GD de hauteur 230 mm, d'épaisseur 2,5 mm, et dont le parement est constitué de lames posées verticalement.

En conséquence, et conformément au cahier du CSTB n° 3691\_V2 de mai 2012, ces résultats permettent de valider la mise en œuvre des procédés pour les domaines et les configurations détaillées au paragraphe 7 du présent rapport d'étude.

## 5.2 Configuration de validité

Procédé	Lames en pose horizontale	Lames en pose verticale		
	Pattes équerre en acier	Pattes-équerre en acier	Pattes équerre en alliage d'aluminium	Ossature en double réseau
Matériau des pattes-équerres	Acier de nuance minimum S 220 GD		Alliage d'aluminium AA 6063-T66 ou alliage avec $R_{p0,2} \geq 200$ MPa <sup>(1)</sup>	Acier de nuance minimum S 220 GD
Dimensions des pattes-équerres	Hauteur de 40 à 300 mm Largeur minimum : 60 mm Pied minimum : 50 mm Epaisseur minimum : 2,5 mm	Hauteur de 40 à 230 mm Largeur minimum : 60 mm Pied minimum : 50 mm Epaisseur minimum : 2,5 mm	Hauteur de 40 à 300 mm Largeur minimum : 80 mm Pied minimum : 50 mm Epaisseur minimum : 2,5 mm	Hauteur de 40 à 300 mm Largeur minimum : 60 mm Pied minimum : 50 mm Epaisseur minimum : 2,5 mm
Fixation des pattes-équerres	2	1	2	2
Entraxe des pattes-équerre	1 m maximum			
Matériau des montants	Acier de nuance minimum S 220 GD			
Dimensions des montants	Hauteur minimale : 60 mm Largeur (base) minimum : 40 mm <sup>(2)</sup> Epaisseur minimum : 1,5 mm			
Fixation des montants	2 Vis auto-perceuses de Ø 5,5 mm par montant/patte-équerre et montant/montant			
Entraxe des montants	2 m maximum			
Dimensions des lames	Epaisseur nominale minimum : 1,00 mm Nuance d'acier minimum : S 320 GD Largeur entre 300 et 600 mm Extrémités bordées ou non bordées			
Portées des lames	2 m maximum entre appuis			
Fixation des lames	Vis de Ø 5,5 mm à raison d'un point de fixation par lame/montant			
Masse surfacique de parement	Lame de largeur 300 mm : 13,35 kg/m <sup>2</sup> maximum Lame de largeur 500 mm : 11,78 kg/m <sup>2</sup> maximum Lame de largeur 600 mm : 11,38 kg/m <sup>2</sup> maximum			
Parement	Selon e-cahier CSTB 3747			

Tableau 5 : Récapitulatif des configurations de bardages rapportés validés dans le présent rapport.

**Note : Au Tableau 5, seul le nombre de fixations de chaque patte-équerre est mentionné car le mode de justification de leur résistance, au sens du e-cahier CSTB 3725, se réalise par calcul. Il n'appartient pas au présent document de fournir une méthode de justification.**

<sup>(1)</sup> Au sens des normes des séries EN 754, la limite élastique  $R_{p0,2}$  minimale de l'alliage AA 6063-T66 est de 195 MPa et de 200 MPa minimum selon normes de la série EN 755. Le minimum retenu est donc de  $R_{p0,2} \geq 200$  MPa.

<sup>(2)</sup> Côté du montant sur lequel les lames métalliques reposent et sont fixées.

Les masses sollicitant les pattes-équerres sont fournies à titre informatif au Tableau 6 qui mentionne également les masses reprises par chaque fixation de lame, selon la largeur, sur les montants métalliques formant l'ossature.

Essais	19 068	19 069	19 066	19 067	19 070
Nombre de fixation/lame	4	4	3		
Nombre de fixation/patte-équerre	2	2	2	2	1
Masse (avec EXAP) reprise par chaque patte-équerre (kg) à l'exception de leur propre masse	-	-	13,37	13,37	13,37
Masse (avec EXAP) reprise par chaque patte-équerre (kg) compris leur propre masse	-	-	13,76	13,57	13,92
Masse (avec EXAP) ramenée pas montant d'ossature (kg)	-	-	54,86	54,16	55,41
Référence lame n°1			JI Grégale 300		
Masse reprise par chaque fixation de lame n°1 sur l'ossature (kg)	-	-	5,34		
Référence lame n°2			JI Grégale 500		
Masse reprise par chaque fixation de lame n°2 sur l'ossature (kg)	-	-	7,85		
Référence lame n°3			JI Grégale 600		
Masse reprise par chaque fixation de lame n°3 sur l'ossature (kg)	-	-	9,11		

Tableau 6 : Tableau des masses sollicitant les fixations des lames métalliques et des points de fixation des pattes-équerres

**Note :** Pour la suite du rapport, il est retenu une masse de 13,37 kg (G = 131,16 N – hors poids propre de la patte-équerre) reprise au maximum par chaque patte-équerre et une masse maximale de 55,41 kg (G = 543,57 N) ramenée à chaque montant d'ossature fixé sur pattes-équerres.

### 5.3 Tableau des parements admis

Sur la base des informations fournies par JORIS IDE, concernant les épaisseurs et masses surfaciques nominales des lames de la gamme Grégale, le Tableau 7 ci-après présente l'ensemble des produits concernés par le présent document.

Lame	Epaisseurs nominales visées	Masse surfacique en épaisseur maximale visée
JI Grégale 300 (toutes versions)	1,0 et 1,2 mm	13,35 kg/m <sup>2</sup>
JI Grégale 400 (toutes versions)	1,0 et 1,2 mm	12,36 kg/m <sup>2</sup>
JI Grégale 500 (toutes versions)	1,0 et 1,2 mm	11,78 kg/m <sup>2</sup>
JI Grégale 600 (toutes versions)	1,0 et 1,2 mm	11,38 kg/m <sup>2</sup>

Tableau 7 : Tableau des masses surfaciques en épaisseur maximale visée pour la gamme de lames Grégale.

**Note :** le Tableau 7 est informatif. Seules les conclusions du paragraphe 7 doivent être considérées.

#### 5.4 Tableau des ossatures admises

Composant de l'ossature	Sociétés ETANCO, FAYNOT, SFS INTEC
<b>Montants en acier horizontaux ou verticaux</b>	Conformes aux e-cahiers CSTB 3194_V2 et 3725 Nuance d'acier : S 220 GD minimum Epaisseur : 1,5 mm minimum Hauteur : 60 mm minimum Largeur de semelle, ou du côté, pour repos des lames : 40 mm minimum
<b>Pattes-équerre acier – lames en pose horizontale</b>	Conformes aux e-cahiers CSTB 3194_V2 et 3725 Nuance d'acier : S 220 GD minimum Epaisseur : 2,5 mm minimum Hauteur : 40 mm minimum – 300 mm maximum Largeur : 60 mm minimum
<b>Pattes-équerre acier – lames en pose verticale</b>	Produits de la gamme « KONSOL » de chez ETANCO ou équivalent ou faisant l'objet d'un agrément/évaluation européenne Nuance d'acier : S 220 GD minimum Epaisseur : 2,5 mm minimum Hauteur : 40 mm minimum – 230 mm maximum Largeur : 60 mm minimum
<b>Pattes-équerre alu – lames en pose verticale</b>	Produits de la gamme « ISOLALU + RHC LR80 » de chez ETANCO ou équivalent ou faisant l'objet d'un agrément/évaluation européenne Alliage : 6063-T66 ou alliage de série 6xxx justifiant un $R_{p0,2} \geq 200$ MPa Epaisseur : 2,5 mm minimum Hauteur : 40 mm minimum – 300 mm maximum Largeur : 80 mm minimum

Tableau 8 : Montants métalliques et pattes-équerres admises dans le cadre du présent document.

Pour toute vérification d'équivalence, il convient de se rapprocher du fabricant d'une patte-équerre respectant les informations du Tableau 8 et dont la référence est différente de celles mentionnées au Tableau 3.

#### 5.5 Tableau des fixations admises

Type de fixation	Sociétés ETANCO, SFS INTEC, FAYNOT ou HILTI
<b>Fixation des pattes-équerres à la structure porteuse</b>	Conformes aux e-cahiers CSTB 3194_V2 et 3725 Et/ou faisant l'objet d'un agrément/évaluation européenne
<b>Fixation des montants aux pattes équerres</b>	Vis autoperceuse en acier Diamètre 5,5 mm
<b>Fixation des lames montants</b>	Vis autoperceuse en acier Diamètre 5,5 mm

Tableau 9 : Tableau des fixations validées dans le cadre du présent rapport d'étude

**Note : La vérification de la fixation des pattes-équerres doit être menée conformément au e-cahier CSTB 3725 et/ou selon les recommandations de tout agrément/évaluation portant sur ladite fixation.**

## 6 SOLLICITATIONS SISMIQUES

### 6.1 Généralités

Le procédé de bardage rapporté étudié doit être couvert par les conclusions du paragraphe 7.

Dans la suite du document, la convention d'orientation d'axes mentionnée à la Figure 1 est retenue.

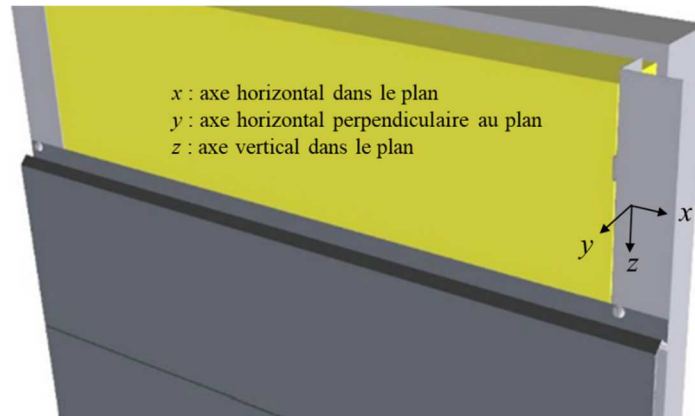


Figure 1 - Convention d'orientation

Les sollicitations agissant dans le plan des lames (voir paragraphe 6.2), ainsi que la vérification de la fixation des lames (voir paragraphes 6.3 et 6.4), sont indépendantes du sens de pose, horizontal ou vertical, du parement.

Dans le cas où certains détails du procédé constructif (largeur de la lame, distance entre montants, etc.) ne sont pas arrêtés et bien que respectant le domaine visé par le présent rapport ; il convient de considérer le calcul forfaitaire pour la vérification des fixations des lames présenté au paragraphe 6.3.

Des informations (au sens du e-cahier CSTB 3725) concernant la vérification de montants verticaux en acier fixés directement sur pattes-équerres également en acier, sont mentionnés au paragraphe 6.5 qui fournit également la détermination des efforts sismiques à reprendre. Dans le cas de montants horizontaux fixés sur pattes-équerres et/ou d'ossature en double réseau, il conviendra, comme l'indique le paragraphe 6.5, de se rapprocher du fournisseur des éléments d'ossature pour leur vérification sous l'action des efforts à considérer.

Il est possible de s'abstenir de calcul de vérification des fixations de montants, horizontaux ou verticaux, fixés sur pattes-équerres à conditions de respecter les informations et d'appliquer les dispositions du paragraphe 6.6.

Dans le cas de la vérification par calcul des fixations des montants, il conviendra d'appliquer le paragraphe 6.7 reprenant les principes du e-cahier CSTB 3725 pour le cas de montants verticaux fixés sur pattes-équerres mais également étendant ces principes aux montants verticaux et à l'ossature en double-réseau.

Enfin, concernant la vérification des pattes-équerrées et leur fixations, il conviendra ainsi que le mentionnent les paragraphes 6.8 et 6.9 d'appliquer certains référentiels complémentaires au e-cahier CSTB 3725 sous couvert de confirmation par le fabricant de pattes-équerrées et de celui des fixations.

Le paragraphe 6.10 constitue un rappel simple des constatations du présent document.

## 6.2 Calcul des sollicitations agissant dans le plan de lames

L'article 4.3.5.2 de l'Eurocode 8 définit une méthode d'évaluation de l'action sismique dans le sens horizontal.

L'effort sismique  $F_a$  exprimé en Newton (N) est déterminé par la formule suivante :

$$F_a = \frac{5,5 \cdot \gamma_I \cdot S \cdot a_{gr} \cdot m}{q_a} \quad (\text{Équation A})$$

Avec :

- $q_a$  : coefficient de comportement égal à 2 (car les systèmes étudiés ont un comportement ductile)
- $\gamma_I$  : le coefficient d'importance du bâtiment
- $S$  : le paramètre de sol
- $a_{gr}$  : l'accélération maximale de référence au niveau du sol en  $m/s^2$
- $m$  : la masse de l'élément en kg
- 5,5 : coefficient en supposant  $T_a = T_1$  et  $h = z$ .

A partir de ces éléments, il est donc possible de calculer le terme  $5,5 \cdot \gamma_I \cdot S \cdot a_{gr} / q_a$  qui, une fois combiné au poids propre  $m$  de l'élément étudié, permet d'obtenir la valeur de  $F_a$  pour chaque combinaison de zone de sismicité / catégorie de bâtiment / classe de sol.

Les valeurs de  $a = 5,5 \cdot \gamma_I \cdot S \cdot a_{gr} / q_a$  sont détaillées dans le Tableau 10 ci-après.

Accélération $a = (5,5/q_a) \cdot \gamma_i \cdot S \cdot a_{gr}$ en $m/s^2$							
		Catégorie d'importance du bâtiment $\gamma_i$					
		I	II	III	IV		
Zones de sismicité $a_{gr}$	1	0.88	1.10	1.32	1.54	A	Classes de sol S
		1.19	1.49	1.78	2.08	B	
		1.32	1.65	1.98	2.31	C	
		1.41	1.76	2.11	2.46	D	
		1.58	1.98	2.38	2.77	E	
	2	1.54	1.93	2.31	2.70	A	
		2.08	2.60	3.12	3.64	B	
		2.31	2.89	3.47	4.04	C	
		2.46	3.08	3.70	4.31	D	
		4.36	3.47	4.16	4.85	E	
	3	2.42	3.03	3.63	4.24	A	
		3.27	4.08	4.90	5.72	B	
		3.63	4.54	5.45	6.35	C	
		3.87	4.84	5.81	6.78	D	
		4.36	5.45	6.53	7.62	E	
	4	3.52	4.40	5.28	6.16	A	
		4.75	5.94	7.13	8.32	B	
		5.28	6.60	7.92	9.24	C	
		5.63	7.04	8.45	9.86	D	
		6.34	7.92	9.50	11.09	E	
5	6.60	8.25	9.90	11.55	A		
	7.92	9.90	11.88	13.86	B		
	7.59	9.49	11.39	13.28	C		
	8.91	11.14	13.37	15.59	D		
	9.24	11.55	13.86	16.17	E		

Tableau 10 : Tableau des accélérations  $a = (5,5/q_a) \cdot \gamma_i \cdot S \cdot a_{gr}$  en  $m/s^2$  en fonction de la zone de sismicité, la catégorie d'importance du bâtiment et la classe de sol.

Les cases grisées du Tableau 10 représente le domaine non validé dans le cas de pattes-équerres en alliage d'aluminium sur la base des résultats mentionnés par le rapport d'essais MRF 19 2607088.

### 6.3 Efforts agissants forfaitaires avec vérification des fixations de la lame sur les montants d'ossature

A défaut de détermination précise des efforts agissants (voir paragraphe 6.4), les valeurs de  $F_a$  et de  $G$  mentionnées au Tableau 11, doivent être utilisées pour la vérification des fixations de la lame sur les montants d'ossature.



		F <sub>a</sub> (N)					
		Catégorie d'importance du bâtiment γ <sub>i</sub>					
		I	II	III	IV		
Zones de sismicité agr	1 (très faible)	15	19	23	26	A	Classe de sols
		20	25	30	35	B	
		23	28	34	39	C	
		24	30	36	42	D	
		27	34	41	47	E	
	2 (faible)	26	33	39	46	A	
		35	44	53	62	B	
		39	49	59	69	C	
		42	53	63	74	D	
		47	59	71	83	E	
	3 (modérée)	41	52	62	72	A	
		56	70	84	98	B	
		62	77	93	108	C	
		66	83	99	116	D	
		74	93	112	130	E	
	4 (moyenne)	60	75	90	105	A	
		81	101	122	142	B	
		90	113	135	158	C	
		96	120	144	168	D	
		108	135	162	189	E	
5 (forte)	113	141	169	197	A		
	135	169	203	237	B		
	130	162	194	227	C		
	152	190	228	266	D		
	158	197	237	276	E		
Poids G (N) = 89							

Tableau 11 : Tableau des efforts forfaitaires agissants pour la vérification de la fixation de la lame sur les montants d'ossature

Les valeurs des efforts du Tableau 11 sont obtenues à partir des relations suivantes (cf. cahier CSTB 3725) :

$$F_a = F_{a_{x,f}} = F_{a_{y,f}} = a \cdot m_{lame} \cdot K_{alea} \cdot R_a / n \quad (\text{Équation B})$$

$$G = m_{lame} \cdot g \cdot K_{alea} \cdot R_a / n \quad (\text{Équation C})$$

Avec :

- a, l'accélération dont les valeurs sont fournies par le Tableau 10 ;
- K<sub>alea</sub>, le coefficient d'aléa de répartition des charges au montage : K<sub>alea</sub> = 1,5 ;

- $R_a$ , le coefficient de « réaction d'appui » pris à sa valeur maximale, correspondant aux configurations testées :  $R_a = 1,25$  ;
- $n$ , le nombre de fixation par lame correspondant aux configurations testées :  $n = 3$  ;
- $m_{\text{lame}}$ , la masse d'une lame en kg.

La masse  $m_{\text{lame}}$  considérée, pour l'obtention du Tableau 11, est la valeur maximale simulée lors des essais et qui correspond à une lame JI Grégale d'ép. 1,2 mm en largeur 600 mm et de 4 m de longueur :  $m_{\text{lame}} = 27,32$  kg.

Vérification forfaitaire de la fixation de la lame dans le plan  $xOz$  (cf. Figure 1)

La combinaison de l'action sismique  $F_a$  et du poids  $G$  a pour conséquence de solliciter la fixation en cisaillement. La valeur maximale de cette sollicitation est déterminée, dans le domaine validé, par la formule suivante :

$$V = \sqrt{F_a^2 + G^2} \quad (\text{Équation D})$$

Il convient de considérer la valeur maximale de l'effort sismique du Tableau 11 selon que les pattes-équerres sont en acier ou en alliage d'aluminium.

Ainsi :

- dans le cas de pattes-équerres en acier :  $V = \sqrt{276^2 + 89^2} = 290$  N ;
- dans le cas de pattes-équerres en alliage d'aluminium :  $V = \sqrt{108^2 + 89^2} = 140$  N

Le dimensionnement en capacité au sens du guide ENS doit permettre de vérifier que :

$$V_{a,Rd,fix,lame} \geq V_{Ed} = \sqrt{(1,2 \cdot F_a)^2 + G^2} \quad (\text{Équation E})$$

Où  $V_{a,Rd,fix,lame}$  est la valeur de l'effort de cisaillement résistant de la fixation sous l'effet des actions sismiques.

Le dimensionnement en capacité est donc mené avec :

- $V_{Ed} = 343$  N dans le cas de pattes-équerres en acier ;
- $V_{Ed} = 158$  N dans le cas de pattes-équerres en alliage d'aluminium.

La valeur de  $V_{a,Rd,fix,lame}$  peut être obtenue :

- par calcul selon l'Eurocode 3 partie 1-3 (NF EN 1993-1-3) ;
- par essais ;
- conformément au rapport technique EOTA TR 055 ;
- par mention sur la fiche technique du fabricant de la fixation.

Vérification forfaitaire de la fixation de la lame dans le plan  $v0z$  (cf. Figure 1)

La combinaison de l'action sismique  $F_a$  et du poids  $G$  engendre une sollicitation en traction/cisaillement sur la fixation.

Elle se traduit dans le cas le plus défavorable par les valeurs maximales suivantes d'effort dans les fixations :

- En traction :
  - $N_{Ed} = 276 N$  dans le cas de pattes-équerres en acier ;
  - $N_{Ed} = 108 N$  dans le cas de pattes-équerres en alliage d'aluminium ;
- En cisaillement :  $V_{Ed} = 89 N$  aussi bien dans le cas de pattes-équerres en acier qu'en alliage d'aluminium.

Le dimensionnement en capacité au sens du guide ENS doit permettre de vérifier que :

- Quel que soit le matériau constituant les pattes-équerres :  $V_{a,Rd,fix,lame} \geq 89 N$  ;
- Et que dans le cas de pattes-équerres en acier :  $N_{a,Rd,fix,lame} \geq 1,2 \cdot 276 = 332 N$  ;
- Ou dans le cas de pattes-équerres en alliage d'aluminium :  $N_{a,Rd,fix,lame} \geq 1,2 \cdot 108 = 130 N$ .

Où  $V_{a,Rd,fix,lame}$  est la valeur de l'effort de cisaillement résistant de la fixation sous l'effet des actions sismiques (voir précédemment) et  $N_{a,Rd,fix,lame}$  est la valeur de la résistance en traction/arrachement de la fixation sous l'effet des actions sismiques.

La valeur de  $N_{a,Rd,fix,lame}$  peut être obtenue :

- par calcul selon l'Eurocode 3 partie 1-3 (NF EN 1993-1-3) ;
- par essais ;
- conformément au rapport technique EOTA TR 055 ;
- par mention sur la fiche technique du fabricant de la fixation.

#### 6.4 Vérification de la fixation d'une lame sur les montants d'ossature

L'effort sismique  $F_{a,fix,lame}$  (N) appliqué aux fixations d'une lame sur les montants d'ossature est :

$$F_{a,fix,lame} = a \cdot m_{lame} \cdot K_{alea} \cdot R_a$$

La vérification de chaque fixation est menée en considérant les efforts sismiques (N) suivants, cf. Figure 1 pour la convention d'axes :

$$F_{a_x,fix,lame} = F_{a_y,fix,lame} = a \cdot m_{lame} \cdot K_{alea} \cdot R_a / n \quad (\text{Équation F})$$

Où :

- a est l'accélération dont les valeurs sont fournies par le Tableau 10 ;
- $K_{alea}$  est le coefficient d'aléa de répartition des charges au montage :  $K_{alea} = 1,5$  ;
- $R_a$ , le coefficient de « réaction d'appui », cf. Tableau 12, dépendant du nombre de fixation de la lame ;
- n est le nombre de fixation de la lame ;
- $m_{lame}$  est la masse de la lame étudiée en kg :  $m_{lame} = M_{lame} \cdot l_{lame} \cdot L_{lame}$  ;
- $M_{lame}$  est la masse surfacique en kg/m<sup>2</sup> de la lame étudiée dont les valeurs maximales sont données au Tableau 7 ;
- $l_{lame}$  est la largeur utile de la lame (m) ;
- $L_{lame}$  est la longueur totale de la lame (m) sans dépasser les valeurs du Tableau 13 ;

Nombre de fixations/lame , n	2	3	4	≥ 5
$R_a$	1	1,25	1,1	1,15

Tableau 12 : Coefficient de « réaction d'appui »

Nombre de montants sur lesquels est posée la lame	2	3	4	5
Longueur $L_{lame}$ maximale (m)	2	4	6	8

Tableau 13 : Longueur maximale de lame en fonction du nombre de montants

Cette vérification considère également la reprise du poids (N) donné par :

$$G = m_{lame} \cdot g / n \quad (\text{Équation G})$$

Où g est l'accélération de la pesanteur ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ).

Vérification de la fixation de la lame dans le plan  $x0z$  (cf. Figure 1)

La combinaison de l'action sismique  $F_a$  et du poids G a pour conséquence de solliciter la fixation en cisaillement. La valeur de cette sollicitation est déterminée dans le domaine validé ; connaissant  $F_{a_x,fix,lame}$  (équation F) et G (équation G) ; par la formule suivante :

$$V = \sqrt{F_{a_x,fix,lame}^2 + G^2} \quad (\text{Équation H})$$

Le dimensionnement en capacité au sens du guide ENS doit permettre de vérifier que :

$$V_{a,Rd,fix,lame} \geq V_{Ed} = \sqrt{(1,2 \cdot F_{a_x,fix,lame})^2 + G^2} \quad (\text{Équation I})$$

Où  $V_{a,Rd,fix,lame}$  est la valeur de l'effort de cisaillement résistant de la fixation sous l'effet des actions sismiques.

La valeur de  $V_{a,Rd,fix,lame}$  peut être obtenue :

- par calcul selon l'Eurocode 3 partie 1-3 (NF EN 1993-1-3) ;
- par essais ;
- conformément au rapport technique EOTA TR 055 ;
- par mention sur la fiche technique du fabricant de la fixation.

#### Vérification de la fixation de la lame dans le plan $y0z$ (cf. Figure 1)

La combinaison de l'action sismique  $F_a$  et du poids  $G$  engendre une sollicitation en traction/cisaillement sur la fixation.

Elle se traduit par les valeurs suivantes d'effort dans les fixations :

- En traction :  $N_{Ed} = F_{a,y,fix,lame}$  ;
- En cisaillement :  $V_{Ed} = G$ .

Le dimensionnement en capacité au sens du guide ENS doit permettre de vérifier que :

- $N_{a,Rd,fix,lame} \geq 1,2 \cdot F_{a,y,fix,lame}$  ;
- $V_{a,Rd,fix,lame} \geq G$  ;

Où  $V_{a,Rd,fix,lame}$  est la valeur de l'effort de cisaillement résistant de la fixation sous l'effet des actions sismiques (voir précédemment) et  $N_{a,Rd,fix,lame}$  est la valeur de la résistance en traction/arrachement de la fixation sous l'effet des actions sismiques. La valeur de  $N_{a,Rd,fix,lame}$  peut être obtenue :

- par calcul selon l'Eurocode 3 partie 1-3 (NF EN 1993-1-3) ;
- par essais ;
- conformément au rapport technique EOTA TR 055 ;
- par mention sur la fiche technique du fabricant de la fixation.

## 6.5 Vérification des montants de l'ossature

### 6.5.1. Généralités

Les montants d'ossature suivent les dispositions minimales du Tableau 8 et doivent résister aux actions définies ci-après :

- poids du montant et des lames que celui-ci reprend ;
- actions sismiques déterminées selon la méthode forfaitaire de l'Eurocode 8, reprise dans le cahier CSTB 3725 et complétée par les informations ci-après.

### 6.5.2. Montants verticaux ou horizontaux fixés sur pattes-équerres

La vérification des montants est menée en considérant les composantes de l'effort sismique déterminées à partir de  $F_{a_{montant}}$  (N) :

$$F_{a_{montant}} = a \cdot m_{bardage,1} \cdot K_{alea} \cdot R_a$$

Comme suit :

$$F_{a_{x,montant}} = F_{a_{y,montant}} = a \cdot m_{bardage,1} \cdot K_{alea} \cdot R_a / n \quad (\text{Équation J})$$

Où :

- a est l'accélération dont les valeurs sont fournies par le Tableau 10 ;
- $K_{alea}$  est le coefficient d'aléa de répartition des charges au montage :  $K_{alea} = 1,5$  ;
- $R_a$ , le coefficient de « réaction d'appui », cf. Tableau 14, dépendant du nombre de montants sur lesquels est fixée chaque lame ;
- n est le nombre de montant par lame ;
- $m_{bardage,1}$  est la masse de lames ramenée par montant ajoutée de la masse propre du montant, en kg :

$$m_{bardage,1} = (M_{lame} \cdot e_{montant} \cdot L_{montant}) + (M_{montant} \cdot L_{montant}) \quad (\text{Équation K})$$

- $M_{lame}$  est la masse surfacique en kg/m<sup>2</sup> de la lame étudiée dont les valeurs maximales sont données au Tableau 7 ;
- $M_{montant}$  est la masse du montant au mètre linéaire (kg/ml) ;
- $e_{montant}$  est la distance entre les montants (m) ;
- $L_{montant}$  est la longueur du montant (m).

Nombre de montants/lame, n	2	3	4	≥ 5
$R_a$	1	1,25	1,1	1,15

Tableau 14 : Coefficient de « réaction d'appui » selon le nombre de montant/lame

Cette vérification considère également la reprise du poids (N) donné par :

$$G = m_{bardage,1} \cdot g \quad (\text{Équation L})$$

Où g est l'accélération de la pesanteur ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ).

Quelle que soit l'orientation des montants et le matériau constituant les pattes-équerres, la masse maximale admise ramenée à chaque montant est de 55,41 kg (543,57 N) – voir note en bas de Tableau 6 :

$$m_{bardage,1} \leq 55,41 \text{ kg}$$

Cas de montants d'ossature verticaux

La vérification sous actions combinées dans le plan du montant, plan  $xOz$  de la Figure 1, est menée selon le paragraphe 6.1.6 de l'Eurocode 3 partie 1-3 pour tenir compte des effets de torsion induits par l'excentrement des charges par rapport au centre de cisaillement de la section transversale du montant.

La vérification sous actions combinées dans le plan perpendiculaire au montant, plan  $yOz$  de la Figure 1, avec une action sismique orientée vers l'extérieur du bâtiment considère :

- l'effort axial combiné au moment fléchissant et à l'effort de cisaillement ;
- le moment fléchissant combiné à l'effort transversal dû à la charge localisée et à la réaction d'appui.

Elle est menée selon les paragraphes 6.1.10 et 6.1.11 de l'Eurocode 3 partie 1-3.

La vérification sous actions combinées dans le plan perpendiculaire au montant, plan  $yOz$  de la Figure 1, avec une action sismique orientée vers l'intérieur du bâtiment consiste à s'assurer que les parois en compression ne flambent pas sous l'action des charges transversales.

Cas de montants d'ossature horizontaux fixés directement sur pattes-équerres

La vérification sous actions combinées doit être menée selon l'Eurocode 3 partie 1-3 lorsqu'il s'agit de pattes-équerres en acier, ou selon l'Eurocode 9 partie 1-1 lorsqu'il s'agit de pattes-équerres en alliage d'aluminium ; complété et/ou amendée par les recommandations du fournisseur des montants. Elle peut également suivre les informations mentionnées dans tout agrément technique Français ou Européen propre au système d'ossature.

Il n'appartient pas au présent rapport de fournir une méthode de vérification, cependant et dans tous les cas, cette vérification doit être menée dans les plans  $xOz$  et  $yOz$  (cf. Figure 1).

*6.5.3. Ossature en double réseau*

L'ossature en double réseau est constituée de montants horizontaux fixés sur des montants verticaux à raison de 2 points de fixation à chaque croisement « montant horizontal/montant vertical ».

Efforts sismique sur montant horizontal

La vérification de chaque montant horizontal doit considérer les composantes de l'effort sismique déterminées à partir de  $F_{a_{montant,DR,H}}$  (N) :

$$F_{a_{montant,DR,H}} = a \cdot m_{bardage,DR,H} \cdot K_{alea} \cdot R_a$$

Comme suit :

$$F_{a_{x,montant,DR,H}} = F_{a_{y,montant,DR,H}} = a \cdot m_{bardage,DR,H} \cdot K_{alea} \cdot R_a / n \quad (\text{Équation M})$$

Où :

- $a$  est l'accélération dont les valeurs sont fournies par le Tableau 10 ;
- $K_{alea}$  est le coefficient d'aléa de répartition des charges au montage :  $K_{alea} = 1,5$  ;
- $R_a$ , le coefficient de « réaction d'appui », cf. Tableau 15, dépendant nombre de montants horizontaux sur lesquels est fixée chaque lame ;
- $n$  est le nombre de montants horizontaux par lame ;
- $m_{bardage,DR,H}$  est la masse de lames ramenée par montant horizontal ajoutée de la masse propre du montant, en kg :

$$m_{bardage,DR,H} = (M_{lame} \cdot e_{montant,H} \cdot L_{montant,H}) + (M_{montant,H} \cdot L_{montant,H}) \quad (\text{Équation N})$$

- $M_{lame}$  est la masse surfacique en kg/m<sup>2</sup> de la lame étudiée dont les valeurs maximales sont données au Tableau 7 ;
- $M_{montant,H}$  est la masse du montant horizontal au mètre linéaire (kg/ml) ;
- $e_{montant,H}$  est la distance entre les montants horizontaux (m) ;
- $L_{montant,H}$  est la longueur du montant horizontal (m).

Nombre de montants horizontaux/lame, n	2	3	4	≥ 5
$R_a$	1	1,25	1,1	1,15

Tableau 15 : Coefficient de « réaction d'appui » selon le nombre de montant horizontal/lame

Cette vérification considère également la reprise du poids (N) donné par :

$$G = m_{bardage,DR,H} \cdot g \quad (\text{Équation O})$$

Où  $g$  est l'accélération de la pesanteur ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ).

### Effort sismique sur montant vertical

La vérification de chaque montant vertical doit considérer les composantes de l'effort sismique déterminées à partir de  $F_{a_{montant,DR}}$  (N) :

$$F_{a_{montant,DR}} = a \cdot m_{bardage,DR} \cdot K_{alea} \cdot R_a$$

Comme suit :

$$F_{a_{x,montant,DR}} = F_{a_{y,montant,DR}} = a \cdot m_{bardage,DR} \cdot K_{alea} \cdot R_a / n \quad (\text{Équation P})$$

Où :

- $a$  est l'accélération dont les valeurs sont fournies par le Tableau 10 ;
- $K_{alea}$  est le coefficient d'aléa de répartition des charges au montage :  $K_{alea} = 1,5$  ;



- $R_a$ , le coefficient de « réaction d'appui », cf. Tableau 16, dépendant du nombre de montants verticaux sur lesquels est fixée le montant horizontal ;
- $n$  est le nombre de montants verticaux considéré ;
- $m_{bardage,DR}$  est la masse de lames et de montants horizontaux ramenées par montant vertical et ajoutée de la masse propre du montant, en kg :

$$m_{bardage,DR} = \left( M_{lame} \cdot e_{montant,V} \cdot L_{montant,V} \right) + \left( n_{montantH,V} \cdot M_{montant,H} \cdot e_{montant,V} \right) + \left( M_{montant,V} \cdot L_{montant,V} \right) \quad (\text{Équation Q})$$

- $M_{lame}$  est la masse surfacique en kg/m<sup>2</sup> de la lame étudiée dont les valeurs maximales sont données au Tableau 7 ;
- $M_{montant,H}$  est la masse d'un montant horizontal au mètre linéaire (kg/ml) ;
- $M_{montant,V}$  est la masse du montant vertical au mètre linéaire (kg/ml) ;
- $e_{montant,V}$  est la distance entre les montants verticaux (m) ;
- $e_{montant,H}$  est la distance entre les montants horizontaux (m) ;
- $L_{montant,V}$  est la longueur du montant horizontal (m) ;
- $L_{montant,H}$  est la longueur d'un montant vertical (m) ;
- $n_{montantH,V}$  est le nombre de montants horizontaux que reprend un montant vertical (-) ;

Nombre de montants verticaux/montant horizontal, n	2	3	4	≥ 5
$R_a$	1	1,25	1,1	1,15

Tableau 16 : Coefficient de « réaction d'appui » selon le nombre de montants verticaux par montant horizontal

Cette vérification considère également la reprise du poids (N) donné par :

$$G = m_{bardage,DR} \cdot g \quad (\text{Équation R})$$

Où  $g$  est l'accélération de la pesanteur ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ).

Quel que soit les composants de l'ossature en double réseau, dans le domaine validé, il convient de vérifier que :

$$m_{bardage,DR} \leq 55,41 \text{ kg}$$

### Vérification des montants

La vérification sous actions combinées doit être menée selon l'Eurocode 3 partie 1-3 lorsqu'il s'agit de pattes-équerres en acier, ou selon l'Eurocode 9 partie 1-1 lorsqu'il s'agit de pattes-équerres en alliage d'aluminium ; complété et/ou amendée par les recommandations du fournisseur des montants. Elle peut également suivre les informations mentionnées dans tout agrément technique Français ou Européen propre au système d'ossature.

Il n'appartient pas au présent rapport de fournir une méthode de vérification, cependant et dans tous les cas, cette vérification doit être menée dans les plans  $x0z$  et  $y0z$  (cf. Figure 1).

## 6.6 Dispositions forfaitaires validant la vérification de la fixation des montants aux pattes-équerres

### 6.6.1. Généralités

Le respect des dispositions constructives suivantes permet de s'affranchir de la vérification des fixations des montants aux pattes-équerres de tout procédé de bardage rapporté, respectant les informations du Tableau 5, incorporant les parements du Tableau 7 et dont les références d'éléments d'ossature correspondent à ceux du Tableau 3.

### 6.6.2. Montants fixés sur pattes-équerres

#### Cas des montants verticaux fixés à l'âme de pattes-équerres en acier

Les dispositions constructives sont :

- 2 vis de fixation par pattes-équerres ;
- Vis de diamètre 5,5 mm minimum ;
- Implantation des vis conformément à la Figure 2 (orientation et formalisme du e-cahier CSTB 3727).

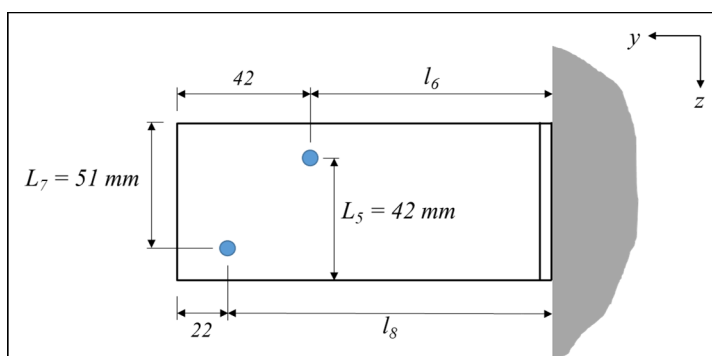


Figure 2 - Disposition des fixations des montants verticaux sur pattes-équerres en acier

#### Cas des montants horizontaux fixés à l'âme de pattes-équerres en acier

Les dispositions constructives sont :

- 2 vis de fixation par pattes-équerres ;
- Vis de diamètre 5,5 mm minimum ;
- Implantation des vis conformément à la Figure 3.

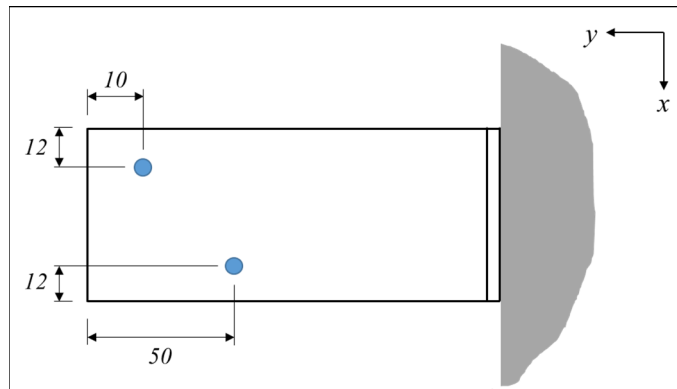


Figure 3 - Disposition des fixations des montants horizontaux sur pattes-équerres en acier

### Cas des montants horizontaux fixés sur pattes-équerres en alliage d'aluminium

Les dispositions constructives sont :

- 2 vis de fixation par pattes-équerres ;
- Vis de diamètre 5,5 mm minimum ;
- Implantation des vis conformément à la Figure 4.

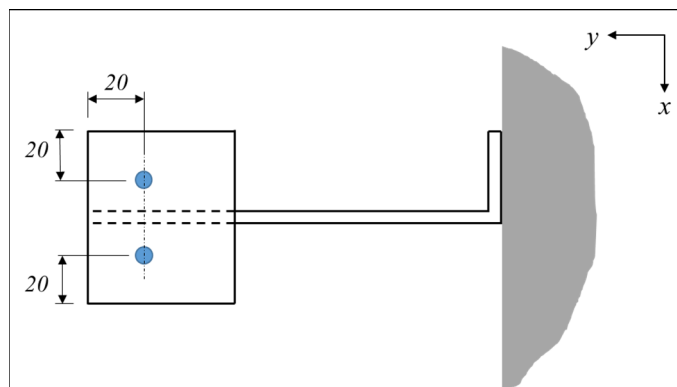


Figure 4 - Disposition des fixations des montants horizontaux sur pattes-équerres en alliage d'aluminium

#### 6.6.3. Ossature en double réseau

La vérification des fixations doit être menée selon le paragraphe 6.7.

### 6.7 Vérification de la fixation des montants

#### 6.7.1 Généralités

Les fixations des montants d'ossature doivent résister aux actions définies ci-après :

- poids des montants et des lames ;
- actions sismiques déterminées selon la méthode forfaitaire de l'Eurocode 8, reprise dans le cahier CSTB 3725.

L'effort sismique  $F_{a_{fix,montant}}$  (N) appliqué aux fixations des montants sur pattes-équerres est :

$$F_{a_{fix,montant}} = a \cdot m_{bardage,2} \cdot K_{alea} \cdot R_a$$

La vérification des fixations est menée en considérant les efforts sismiques (N) suivants, cf. Figure 1 pour la convention d'axes :

$$F_{a_{x,fix,montant}} = F_{a_{y,fix,montant}} = a \cdot m_{bardage,2} \cdot K_{alea} \cdot R_a / n \quad (\text{Équation S})$$

Où :

- a est l'accélération dont les valeurs sont fournies par le Tableau 10 ;
- $K_{alea}$  est le coefficient d'aléa de répartition des charges au montage :  $K_{alea} = 1,5$  ;
- $R_a$ , le coefficient de « réaction d'appui », cf. Tableau 17, dépendant du nombre de pattes-équerres par montant ;
- n est le nombre de pattes-équerres par montant ;
- $m_{bardage,2}$  est la masse totale, en kg, de parement et de montant ramenée en tête de chaque patte-équerre :

$$m_{bardage,2} = (M_{lame} \cdot e_{montant} \cdot e_{patte-équerre}) + (M_{montant} \cdot e_{patte-équerre}) \quad (\text{Équation T})$$

- $M_{lame}$  est la masse surfacique en kg/m<sup>2</sup> de la lame étudiée dont les valeurs maximales sont données au Tableau 7 ;
- $M_{montant}$  est la masse du montant (horizontal ou vertical) au mètre (kg/m) ;
- $e_{montant}$  est la distance entre montants (m) ;
- $e_{patte-équerre}$  est la distance entre les pattes-équerres d'un montant (m) ;

Nombre de pattes-équerres/montants, n	2	3	4	≥ 5
$R_a$	1	1,25	1,1	1,15

Tableau 17 : Coefficient de « réaction d'appui » selon nombre de pattes-équerres par montant

Cette vérification considère également la reprise du poids (N) donné par :

$$G = m_{bardage,2} \cdot g \quad (\text{Équation U})$$

Où g est l'accélération de la pesanteur ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ).

Quelle que soit l'orientation des montants et le matériau constituant les pattes-équerres, la masse maximale admise sur chaque patte-équerre est de 13,37 kg (131,16 N) – voir note en bas de Tableau 6 :

$$m_{bardage,2} \leq 13,37 \text{ kg}$$

Vérification de la fixation dans le plan  $yOz$  (cf. Figure 1)

La combinaison de l'action sismique  $F_a$  et du poids  $G$  a pour conséquence de solliciter chaque fixation en cisaillement. La valeur de cette sollicitation est déterminée dans le domaine validé ; connaissant  $F_{a,y,fix,montant}$  (équation S) et  $G$  (équation U) ; par la formule suivante :

$$V = \sqrt{\left(\frac{F_{a,y,fix,montant}}{2}\right)^2 + \left(\frac{G}{2}\right)^2} \quad (\text{Équation V})$$

Le dimensionnement en capacité d'une fixation au sens du guide ENS doit permettre de vérifier que :

$$V_{a,Rd,fix,montant} \geq V_{Ed} = \sqrt{\left(1,2 \cdot \frac{F_{a,y,fix,montant}}{2}\right)^2 + \left(\frac{G}{2}\right)^2} \quad (\text{Équation W})$$

Où  $V_{a,Rd,fix,montant}$  est la valeur de l'effort de cisaillement résistant de la fixation sous l'effet des actions sismiques.

La valeur de  $V_{a,Rd,fix,montant}$  peut être obtenue :

- par calcul selon l'Eurocode 3 partie 1-3 (NF EN 1993-1-3) ;
- par essais ;
- conformément au rapport technique EOTA TR 055 ;
- par mention sur la fiche technique du fabricant de la fixation.

Vérification de la fixation dans le plan  $xOz$  (cf. Figure 1)

La combinaison de l'action sismique  $F_a$  et du poids  $G$  engendre une sollicitation en traction/cisaillement sur la fixation.

Elle se traduit par les valeurs suivantes d'effort dans les fixations :

- En traction :  $N_{Ed} = \frac{F_{a,x,fix,montant}}{2}$  ;
- En cisaillement :  $V_{Ed} = \frac{G}{2}$ .

Le dimensionnement en capacité au sens du guide ENS doit permettre de vérifier que :

- $N_{a,Rd,fix,montant} \geq 1,2 \cdot \frac{F_{a,x,fix,montant}}{2}$  ;
- $V_{a,Rd,fix,montant} \geq \frac{G}{2}$  ;

Où  $V_{a,Rd,fix,montant}$  est la valeur de l'effort de cisaillement résistant de la fixation sous l'effet des actions sismiques (voir précédemment) et  $N_{a,Rd,fix,montant}$  est la valeur de la résistance en traction/arrachement de la fixation sous l'effet des actions sismiques. La valeur de  $N_{a,Rd,fix,montant}$  peut être obtenue :

- par calcul selon l'Eurocode 3 partie 1-3 (NF EN 1993-1-3) ;
- par essais ;
- conformément au rapport technique EOTA TR 055 ;
- par mention sur la fiche technique du fabricant de la fixation.

### 6.7.3 Montants horizontaux fixés sur pattes-équerres

#### Vérification de la fixation dans le plan $x0y$ (cf. Figure 1)

Chaque fixation est sollicitée en cisaillement par la combinaison des 2 composantes de l'action sismique  $F_a$ . La valeur de cette sollicitation est déterminée dans le domaine validé, connaissant  $F_{a_x,fix,montant}$  et  $F_{a_y,fix,montant}$  (équation S) ; par la formule suivante :

$$V = \sqrt{\left(\frac{F_{a_x,fix,montant}}{2}\right)^2 + \left(\frac{F_{a_y,fix,montant}}{2}\right)^2} = \sqrt{\frac{(F_{a_x,fix,montant})^2}{2}} \quad (\text{Équation X})$$

Le dimensionnement en capacité d'une fixation au sens du guide ENS doit permettre de vérifier que :

$$V_{a,Rd,fix,montant} \geq V_{Ed} = \sqrt{\frac{(1,2 \cdot F_{a_x,fix,montant})^2}{2}} \quad (\text{Équation Y})$$

Où  $V_{a,Rd,fix,montant}$  est la valeur de l'effort de cisaillement résistant de la fixation sous l'effet des actions sismiques.

La valeur de  $V_{a,Rd,fix,montant}$  peut être obtenue :

- par calcul selon l'Eurocode 3 partie 1-3 (NF EN 1993-1-3) ;
- par essais ;
- conformément au rapport technique EOTA TR 055 ;
- par mention sur la fiche technique du fabricant de la fixation.

#### Vérification de la fixation dans le plan $x0z$ (cf. Figure 1)

La combinaison de l'action sismique  $F_a$  et du poids  $G$  engendre une sollicitation en traction/cisaillement sur la fixation.

Elle se traduit par les valeurs suivantes d'effort dans les fixations :

- En traction :  $N_{Ed} = \frac{G}{2}$  ;
- En cisaillement :  $V_{Ed} = \frac{F_{a_x,fix,montant}}{2}$  .

Le dimensionnement en capacité au sens du guide ENS doit permettre de vérifier que :

- $N_{a,Rd,fix,montant} \geq \frac{G}{2}$  ;
- $V_{a,Rd,fix,montant} \geq 1,2 \cdot \frac{F_{a_x,fix,montant}}{2}$  ;

Où  $V_{a,Rd,fix,montant}$  est la valeur de l'effort de cisaillement résistant de la fixation sous l'effet des actions sismiques (voir précédemment) et  $N_{a,Rd,fix,montant}$  est la valeur de la résistance en traction/arrachement de la fixation sous l'effet des actions sismiques. La valeur de  $N_{a,Rd,fix,montant}$  peut être obtenue :

- par calcul selon l'Eurocode 3 partie 1-3 (NF EN 1993-1-3) ;
- par essais ;
- conformément au rapport technique EOTA TR 055 ;
- par mention sur la fiche technique du fabricant de la fixation.

## 6.7.4 Ossature en double réseau

### 6.7.4.1 Réseau de montants horizontaux

L'effort sismique  $F_{a_{fix,montant,DR,H}}$  (N) appliqué aux fixations des montants sur pattes-équerres est :

$$F_{a_f} = a \cdot m_{bardage,DR,H2} \cdot K_{alea} \cdot R_a$$

La vérification des fixations est menée en considérant les efforts sismiques (N) suivants, cf. Figure 1 pour la convention d'axes :

$$F_{a_{x,fix,montant,DR,H}} = F_{a_{y,fix,montant,DR,H}} = a \cdot m_{bardage,DR,H2} \cdot K_{alea} \cdot R_a / n \quad (\text{Équation Z})$$

Où :

- a est l'accélération dont les valeurs sont fournies par le Tableau 10 ;
- $K_{alea}$  est le coefficient d'aléa de répartition des charges au montage :  $K_{alea} = 1,5$  ;
- $R_a$ , le coefficient de « réaction d'appui », cf. Tableau 18, dépendant du nombre de croisements entre le montant horizontal et les montants verticaux (nombre de montants verticaux sur lesquels est fixé un montant horizontal) ;

- n est le nombre de montants verticaux sur lesquels est fixé un montant horizontal ;
- $m_{bardage,DR,H2}$  est la masse totale, en kg, de parement et de montant horizontal ramenée à chaque croisement horizontal/vertical :

$$m_{bardage,DR,H2} = (M_{lame} \cdot e_{montant,H} \cdot e_{montant,V}) + (M_{montant,H} \cdot e_{montant,V}) \quad (\text{Équation AA})$$

- $M_{lame}$  est la masse surfacique en kg/m<sup>2</sup> de la lame étudiée dont les valeurs maximales sont données au Tableau 7 ;
- $M_{montant,H}$  est la masse du montant horizontal au mètre linéaire (kg/ml) ;
- $e_{montant,H}$  est la distance entre les montants horizontaux (m) ;
- $e_{montant,V}$  est la distance entre montants verticaux (m) ;

Nombre de montants verticaux sur lesquels s'appuie un montant horizontal, n	2	3	4	≥ 5
$R_a$	1	1,25	1,1	1,15

Tableau 18 : Coefficient de « réaction d'appui » selon nombre de montants verticaux par montant horizontal

Cette vérification considère également la reprise du poids (N) donné par :

$$G = m_{bardage,DR,H2} \cdot g \quad (\text{Équation BB})$$

Où g est l'accélération de la pesanteur (g = 9,81 m/s<sup>2</sup>).

Vérification de la fixation dans le plan x0z (cf. Figure 1)

La combinaison de l'action sismique  $F_a$  et du poids G a pour conséquence de solliciter chaque fixation en cisaillement. La valeur de cette sollicitation est déterminée dans le domaine validé ; connaissant  $F_{a,x,fix,montant,DR,H}$  (équation Z) et G (équation BB) ; par la formule suivante :

$$V = \sqrt{\left(\frac{F_{a,y,fix,montant,DR,H}}{2}\right)^2 + \left(\frac{G}{2}\right)^2} \quad (\text{Équation CC})$$

Le dimensionnement en capacité d'une fixation au sens du guide ENS doit permettre de vérifier que :

$$V_{a,Rd,fix,montant} \geq V_{Ed} = \sqrt{\left(1,2 \cdot \frac{F_{a,y,fix,montant,DR,H}}{2}\right)^2 + \left(\frac{G}{2}\right)^2} \quad (\text{Équation DD})$$

Où  $V_{a,Rd,fix,montant}$  est la valeur de l'effort de cisaillement résistant de la fixation sous l'effet des actions sismiques.

La valeur de  $V_{a,Rd,fix,montant}$  peut être obtenue :

- par calcul selon l'Eurocode 3 partie 1-3 (NF EN 1993-1-3) ;
- par essais ;
- conformément au rapport technique EOTA TR 055 ;



- par mention sur la fiche technique du fabricant de la fixation.

Vérification de la fixation de montants horizontaux dans le plan  $yOz$  (cf. Figure 1)

La combinaison de l'action sismique  $F_a$  et du poids  $G$  engendre une sollicitation en traction/cisaillement sur la fixation.

Elle se traduit par les valeurs suivantes d'effort dans les fixations :

- En traction :  $N_{Ed} = \frac{F_{a_y,fix,montant,DR,H}}{2}$  ;
- En cisaillement :  $V_{Ed} = \frac{G}{2}$ .

Le dimensionnement en capacité au sens du guide ENS doit permettre de vérifier que :

- $N_{a,Rd,fix,montant} \geq 1,2 \cdot \frac{F_{a_y,fix,montant,DR,H}}{2}$  ;
- $V_{a,Rd,fix,montant} \geq \frac{G}{2}$  ;

Où  $V_{a,Rd,fix,montant}$  est la valeur de l'effort de cisaillement résistant de la fixation sous l'effet des actions sismiques (voir précédemment) et  $N_{a,Rd,fix,montant}$  est la valeur de la résistance en traction/arrachement de la fixation sous l'effet des actions sismiques. La valeur de  $N_{a,Rd,fix,montant}$  peut être obtenue :

- par calcul selon l'Eurocode 3 partie 1-3 (NF EN 1993-1-3) ;
- par essais ;
- conformément au rapport technique EOTA TR 055 ;
- par mention sur la fiche technique du fabricant de la fixation.

#### 6.7.4.2 Réseau de montants verticaux

L'effort sismique  $F_{a_{fix,montant,DR}}$  (N) appliqué aux fixations des montants sur pattes-équerrées est :

$$F_{a_f} = a \cdot m_{bardage,DR,2} \cdot K_{alea} \cdot R_a$$

La vérification des fixations est menée en considérant les efforts sismiques (N) suivants, cf. Figure 1 pour la convention d'axes :

$$F_{a_{x,fix,montant,DR}} = F_{a_{y,fix,montant,DR}} = a \cdot m_{bardage,DR,2} \cdot K_{alea} \cdot R_a / n \quad (\text{Équation EE})$$

Où :

- $a$  est l'accélération dont les valeurs sont fournies par le Tableau 10 ;
- $K_{alea}$  est le coefficient d'aléa de répartition des charges au montage :  $K_{alea} = 1,5$  ;

- $R_a$ , le coefficient de « réaction d'appui », cf. Tableau 19 ; dépendant du nombre de pattes-équerres par montant vertical ;
- $n$  est le nombre de pattes-équerres sur lesquelles est fixé un montant vertical ;
- $m_{bardage,DR,2}$  est la masse totale, en kg, de parement et de montant horizontal ramenée à chaque croisement horizontal/vertical :

$$m_{bardage,DR,2} = (M_{lame} \cdot e_{montant,V} \cdot L_{montant,V}) + (n_{montant,H,V} \cdot M_{montant,H} \cdot e_{montant,V}) + (M_{montant,V} \cdot e_{pattes-équerres}) \quad (\text{Équation FF})$$

- $M_{lame}$  est la masse surfacique en kg/m<sup>2</sup> de la lame étudiée dont les valeurs maximales sont données au Tableau 7 ;
- $M_{montant,H}$  est la masse du montant horizontal au mètre linéaire (kg/ml) ;
- $M_{montant,V}$  est la masse du montant vertical au mètre linéaire (kg/ml) ;
- $e_{montant,V}$  est la distance entre les montants verticaux (m) ;
- $L_{montant,V}$  est la longueur du montant horizontal (m) ;
- $n_{montant,H,V}$  est le nombre de montants horizontaux que reprend un montant vertical (-) ;
- $e_{patte-équerre}$  est la distance entre les pattes-équerres d'un montant (m) ;

Nombre de montants verticaux sur lesquels s'appuie un montant horizontal, n	2	3	4	≥ 5
$R_a$	1	1,25	1,1	1,15

Tableau 19 : Coefficient de « réaction d'appui » selon nombre de pattes-équerres par montant vertical

Cette vérification considère également la reprise du poids (N) donné par :

$$G = m_{bardage,DR,2} \cdot g \quad (\text{Équation GG})$$

Où  $g$  est l'accélération de la pesanteur ( $g = 9,81 \text{ m/s}^2$ ).

#### Vérification de la fixation du montants verticaux dans le plan $yOz$ (cf. Figure 1)

La combinaison de l'action sismique  $F_a$  et du poids  $G$  a pour conséquence de solliciter chaque fixation en cisaillement. La valeur de cette sollicitation est déterminée dans le domaine validé ; connaissant  $F_{a,y,fix,montant,DR}$  (équation EE) et  $G$  (équation GG) ; par la formule suivante :

$$V = \sqrt{\left(\frac{F_{a,y,fix,montant,DR}}{2}\right)^2 + \left(\frac{G}{2}\right)^2} \quad (\text{Équation HH})$$

Le dimensionnement en capacité d'une fixation au sens du guide ENS doit permettre de vérifier que :

$$V_{a,Rd,fix,montant} \geq V_{Ed} = \sqrt{\left(1,2 \cdot \frac{F_{a,y,fix,montant,DR}}{2}\right)^2 + \left(\frac{G}{2}\right)^2} \quad (\text{Équation II})$$

Où  $V_{a,Rd,fix,montant}$  est la valeur de l'effort de cisaillement résistant de la fixation sous l'effet des actions sismiques.

La valeur de  $V_{a,Rd,fix,montant}$  peut être obtenue :

- par calcul selon l'Eurocode 3 partie 1-3 (NF EN 1993-1-3) ;
- par essais ;
- conformément au rapport technique EOTA TR 055 ;
- par mention sur la fiche technique du fabricant de la fixation.

#### Vérification de la fixation de montants verticaux dans le plan $xOz$ (cf. Figure 1)

La combinaison de l'action sismique  $F_a$  et du poids  $G$  engendre une sollicitation en traction/cisaillement sur la fixation.

Elle se traduit par les valeurs suivantes d'effort dans les fixations :

- En traction :  $N_{Ed} = \frac{F_{a_x,fix,montant,DR}}{2}$  ;
- En cisaillement :  $V_{Ed} = \frac{G}{2}$ .

Le dimensionnement en capacité au sens du guide ENS doit permettre de vérifier que :

- $N_{a,Rd,fix,montant} \geq 1,2 \cdot \frac{F_{a_x,fix,montant,DR}}{2}$  ;
- $V_{a,Rd,fix,montant} \geq \frac{G}{2}$  ;

Où  $V_{a,Rd,fix,montant}$  est la valeur de l'effort de cisaillement résistant de la fixation sous l'effet des actions sismiques (voir précédemment) et  $N_{a,Rd,fix,montant}$  est la valeur de la résistance en traction/arrachement de la fixation sous l'effet des actions sismiques. La valeur de  $N_{a,Rd,fix,montant}$  peut être obtenue :

- par calcul selon l'Eurocode 3 partie 1-3 (NF EN 1993-1-3) ;
- par essais ;
- conformément au rapport technique EOTA TR 055 ;
- par mention sur la fiche technique du fabricant de la fixation.

#### 6.8 Vérification des pattes-équerres

Les pattes-équerres suivent les dispositions minimales du Tableau 8 et doivent être calculées vis-à-vis des actions induites :

- par le poids des lames et des montants ;
- et par les actions sismiques globales obtenues à partir des actions sismiques horizontales  $F_{ax}$  et  $F_{ay}$  déterminées selon le e-cahier CSTB 3725 ou selon la méthode forfaitaire de l'Eurocode 8 ;
- et en considérant le cas d'une ossature de type bridée au sens du e-cahier CSTB 3725.

Quel que soit le système étudié, le poids total « lames + montant » ramené à une patte-équerre ne peut excéder  $G_{tot,patte-équerre} = 131,16 N$

#### Cas de montants d'ossature verticaux

Il convient de calculer l'aile d'une patte-équerre en acier en contact avec le montant :

- par rapport à une sollicitation de flexion bi-axiale, selon le paragraphe 6.1.4 de l'Eurocode 3 partie 1-3, lorsque l'action sismique est exprimée selon l'axe  $0x$  dans le plan  $x0z$  (cf. Figure 1) ;
- par rapport par à une sollicitation combinée de traction-flexion, selon paragraphe 6.1.8 de l'Eurocode 3 partie 1-3, lorsque l'action sismique est exprimée selon l'axe  $0y$  dans le plan  $y0z$  (cf. Figure 1) et orientée vers l'extérieur du bâtiment ;
- par rapport par à une sollicitation combinée de flexion-compression, selon paragraphe 6.1.9 de l'Eurocode 3 partie 1-3, lorsque l'action sismique est exprimée selon l'axe  $0y$  dans le plan  $y0z$  (cf. Figure 1) et orientée vers l'intérieur du bâtiment.

#### Cas de montants d'ossature horizontaux et pattes-équerres en acier

Il convient de se rapprocher du fournisseur de la patte-équerre afin que celui-ci confirme et/ou complète les hypothèses suivantes de calcul visant à vérifier ladite patte-équerre :

- par rapport à une sollicitation de flexion bi-axiale, selon le paragraphe 6.1.4 de l'Eurocode 3 partie 1-3, lorsque l'action sismique est exprimée selon l'axe  $0x$  dans le plan  $x0z$  (cf. Figure 1) ;
- par rapport par à une sollicitation combinée de traction-flexion, selon paragraphe 6.1.8 de l'Eurocode 3 partie 1-3, lorsque l'action sismique est exprimée selon l'axe  $0y$  dans le plan  $y0z$  (cf. Figure 1) et orientée vers l'extérieur du bâtiment ;
- par rapport par à une sollicitation combinée de flexion-compression, selon paragraphe 6.1.9 de l'Eurocode 3 partie 1-3, lorsque l'action sismique est exprimée selon l'axe  $0y$  dans le plan  $y0z$  (cf. Figure 1) et orientée vers l'intérieur du bâtiment.

#### Cas de montants d'ossature horizontaux et pattes-équerres en alliage d'aluminium

Il convient de se rapprocher du fournisseur de la patte-équerre afin que celui-ci confirme et/ou complète les hypothèses suivantes de calcul visant à vérifier ladite patte-équerre :

- par rapport à une sollicitation de flexion bi-axiale, selon le paragraphe 6.2.5 de l'Eurocode 9 partie 1-1, lorsque l'action sismique est exprimée selon l'axe  $0x$  dans le plan  $x0z$  (cf. Figure 1) ;

- par rapport par à une sollicitation combinée de traction-flexion, selon paragraphe 6.2.9 de l'Eurocode 9 partie 1-1, lorsque l'action sismique est exprimée selon l'axe  $0y$  dans le plan  $y0z$  (cf. Figure 1) et orientée vers l'extérieur du bâtiment ;
- par rapport par à une sollicitation combinée de flexion-compression, selon paragraphe 6.2.9 de l'Eurocode 9 partie 1-1, lorsque l'action sismique est exprimée selon l'axe  $0y$  dans le plan  $y0z$  (cf. Figure 1) et orientée vers l'intérieur du bâtiment.

### 6.9 Vérification des organes de fixation des pattes-équerres aux supports

Il n'appartient pas au présent document de fournir des recommandations et méthodes quant à la vérification des organes de fixation des pattes-équerres aux supports ; aussi, et selon le procédé étudié, cette vérification peut suivre les informations, à confirmer par le fabricant de l'organe de fixation :

- du e-cahier CSTB 3725 ;
- des recommandations professionnelles CISMA sur le chevillage, édition de Mai 2014 ;
- du guide de dimensionnement des ancrages en zones sismique FD P06-029 de Décembre 2017 ;
- des rapports techniques EOTA TR 045, EOTA TR 049, EOTA TR 054 et EOTA TR 055.

### 6.10 Tenue mécanique des systèmes de bardage rapportés

Les essais décrits dans le rapport MRF 19 26079088 du CSTB, ont notamment mis en évidence les points suivants :

- Aucune chute et légère déformation des pattes-équerres pour les bardages rapportés constitués de lames posées horizontalement sur des montants verticaux en acier eux-mêmes fixés sur des pattes-équerres en acier de 300 mm de hauteur.
- Endommagement de nombreuses pattes-équerres et dégradation par grandes déformations des restantes lors de la phase 4 de bardages rapportés constitués de lames posées verticalement sur des montants horizontaux en acier eux-mêmes fixés sur des pattes-équerres en alliages d'aluminium de 300 mm de hauteur.
- Aucune chute et aucune dégradation d'élément pour les bardages rapportés constitués de lames posées verticalement sur des montants horizontaux en acier eux-mêmes fixés sur des pattes-équerres en acier de 230 mm de hauteur.

## 7 CONCLUSION

### 7.1 Généralités

Compte tenu des éléments qui précèdent, ceci nous permet de valider la mise en œuvre de lames métallique pour procédés de bardage rapporté, conformes aux « e-cahier CSTB 3747 – Guide d'évaluation des ouvrages de bardage incorporant des parements traditionnels en clins ou lames et cassettes métalliques » et aux configurations décrites au 5.2 du présent document pour les zones sismiques présentées dans les paragraphes ci-après.

Cette validation ne traite pas des mesures préventives spécifiques qui peuvent être appliquées aux bâtiments de catégorie d'importance IV pour garantir la continuité de leur fonctionnement après séisme. Seule la non chute est visée.

Le dimensionnement vis à vis des actions sismiques ne prend pas en compte les actions courantes telles que les actions du climat, les charges d'exploitations, entre autres, qui devront faire l'objet d'un dimensionnement spécifique.

Ces actions sismiques sont à considérer pour la vérifications de composants du procédé de bardage équivalents à ceux mentionnés au Tableau 3 et respectant le domaine défini par le Tableau 5 repris ci-après par le Tableau 20.

Procédé	Lames en pose horizontale	Lames en pose verticale		
	Pattes équerre en acier	Pattes-équerre en acier	Pattes équerre en alliage d'aluminium	Ossature en double réseau
<b>Matériau des pattes-équerres</b>	Acier de nuance minimum S 220 GD		Alliage d'aluminium AA 6063-T66 ou alliage avec $R_{p0,2} \geq 200 \text{ MPa}^{(1)}$	Acier de nuance minimum S 220 GD
<b>Dimensions des pattes-équerres</b>	Hauteur de 40 à 300 mm Largeur minimum : 60 mm Pied minimum : 50 mm Epaisseur minimum : 2,5 mm	Hauteur de 40 à 230 mm Largeur minimum : 60 mm Pied minimum : 50 mm Epaisseur minimum : 2,5 mm	Hauteur de 40 à 300 mm Largeur minimum : 80 mm Pied minimum : 50 mm Epaisseur minimum : 2,5 mm	Hauteur de 40 à 300 mm Largeur minimum : 60 mm Pied minimum : 50 mm Epaisseur minimum : 2,5 mm
<b>Fixation des pattes-équerres</b>	2	1	2	2
<b>Entraxe des pattes-équerre</b>	1 m maximum			
<b>Matériau des montants</b>	Acier de nuance minimum S 220 GD			
<b>Dimensions des montants</b>	Hauteur minimale (cote « p » de la Figure 5) : 60 mm Largeur (base – cote « l » de la Figure 5) minimum : 40 mm <sup>(2)</sup> Epaisseur minimum : 1,5 mm			
<b>Fixation des montants</b>	2 Vis auto-perceuses de Ø 5,5 mm par montant/patte-équerre et montant/montant			
<b>Entraxe des montants</b>	2 m maximum			
<b>Dimensions des lames</b>	Epaisseur nominale minimum : 1,00 mm Nuance d'acier minimum : S 320 GD Largeur entre 300 et 600 mm Extrémités bordées ou non bordées			
<b>Portées des lames</b>	2 m maximum entre appuis			
<b>Fixation des lames</b>	Vis de Ø 5,5 mm à raison d'un point de fixation par lame/montant			
<b>Masse surfacique de parement</b>	Lame de largeur 300 mm : 13,35 kg/m <sup>2</sup> maximum Lame de largeur 500 mm : 11,78 kg/m <sup>2</sup> maximum Lame de largeur 600 mm : 11,38 kg/m <sup>2</sup> maximum			
<b>Parement</b>	Selon e-cahier CSTB 3747			

Tableau 20 : Conclusion - Domaine des configurations de bardages rapportés validé dans le présent rapport.

Les formes géométriques des sections des profils admis pour les montants verticaux et/ou horizontaux sont celles de la Figure 5. Dans les cas « D », « E », « F » et « H » l'usage d'étriers conformes au e-cahier CSTB 3725 est admis sous confirmation du fabricant qui précisera les éventuelles incidences sur leur vérification.

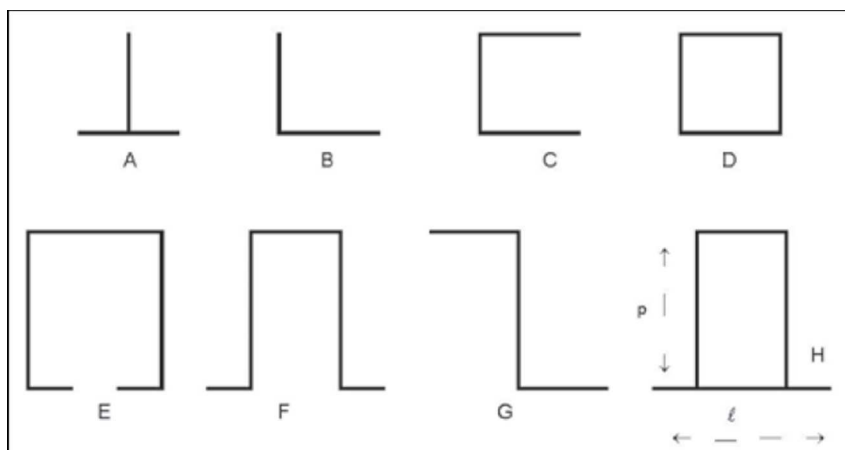


Figure 5 – Section des profilés constituant les montants d'ossature

Les dimensions minimales des montants sont indiquées au Tableau 20.

Quel que soit la configuration de bardage rapporté, la masse surfacique de lame ne doit pas excéder les valeurs du Tableau 7 reprises par le Tableau 21 ci-après.

Lame	Epaisseurs nominales visées	Masse surfacique en épaisseur maximale visée
<b>JI Grégale 300 (toutes versions)</b>	1,0 et 1,2 mm	13,35 kg/m <sup>2</sup>
<b>JI Grégale 400 (toutes versions)</b>	1,0 et 1,2 mm	12,36 kg/m <sup>2</sup>
<b>JI Grégale 500 (toutes versions)</b>	1,0 et 1,2 mm	11,78 kg/m <sup>2</sup>
<b>JI Grégale 600 (toutes versions)</b>	1,0 et 1,2 mm	11,38 kg/m <sup>2</sup>

Tableau 21 : Conclusion - tableau des masses surfaciques maximales pour la gamme de lames Grégale.

La masse surfacique maximale, hors et avec masse propre des pattes-équerres, de bardage rapportée à la structure de l'ouvrage est celle du Tableau 22.

	Masse surfacique maximale (kg/m <sup>2</sup> )			
	Ossature simple réseau			Ossature en double réseau (montants verticaux fixés sur pattes-équerres en acier)
	Montants verticaux fixés sur pattes-équerres en acier	Montants horizontaux fixés sur pattes-équerres en alliage d'aluminium	Montants horizontaux fixés sur pattes-équerres en acier	
<b>Hors pattes-équerres</b>	14,52			
<b>Tout compris</b>	15,05	14,79	15,25	15,05

Tableau 23 : Conclusion - tableau des masses surfaciques maximales ramenées à la structure de l'ouvrage

Les masses maximales ramenées à chaque composant des procédés sont celles du Tableau 24.

Composant du procédé de bardage rapporté	Masse maximale tout compris (kg) ramenée au composant			
	Ossature simple réseau			Ossature en double réseau (montants verticaux fixés sur pattes-équerres en acier)
	Montants verticaux fixés sur pattes-équerres en acier	Montants horizontaux fixés sur pattes-équerres en alliage d'aluminium	Montants horizontaux fixés sur pattes-équerres en acier	
<b>Fixation du parement</b>	9,11			
<b>Montant</b>	54,861	54,162	55,411	54,861(*)
<b>Patte-équerre</b>	13,759	13,562	13,914	13,759

(\*) masse ramenée au montant vertical. La masse ramenée au montant horizontal est déterminée au cas par cas connaissant la masse de parement et la masse maximale ramenée au montant vertical dans la limite des valeurs du présent tableau.

Tableau 25 : Conclusion - tableau des masses ramenées à chaque composant du bardage rapporté



## 7.2 Structure de l'ouvrage recevant les procédés de bardages rapportés incorporant des lames métalliques de la gamme Grégale

En l'état des informations contenues dans le rapport d'essais mentionné au paragraphe 3 et compte tenu du mode de fixation des pattes-équerres au bâti d'essai, il n'appartient pas au présent rapport de formuler des recommandations sur la nature du support dont l'adéquation avec les efforts sismiques mentionnés au paragraphe 6 devra faire l'objet d'une vérification auprès de la maîtrise d'œuvre.

Les domaines de validité mentionnés aux paragraphes 7.3 à 7.7 sont ainsi formulés indépendamment de la nature de la structure de l'ouvrage.

## 7.3 Domaine de validité des bardages rapportés à simple réseau acier incorporant des lames métalliques horizontales de la gamme Grégale

**Pour les bardages rapportés, incorporant des lames Grégale posées horizontalement, avec montants d'ossature en acier S220 GD, d'épaisseur 1,5 mm minimum posés verticalement, et fixés sur des pattes-équerres en acier S220 GD minimum de hauteur 300 mm maximum et d'épaisseur 2,5 mm minimum :**

- Bâtiments de catégorie d'importance I à IV
- Dans les zones de sismicité 1 à 5
- Et les classes de sol A à E

<b>Bardage rapporté incorporant des lames Grégale posées horizontalement, avec montants d'ossature en acier S220 GD, d'ép. 1,5 mm minimum posés verticalement, et fixés sur des pattes-équerres en acier S220 GD minimum de hauteur 300 mm maximum et d'ép. 2,5 mm minimum</b>					
Validité pour des entraxes de montants de 2 m maximum et des entraxes de pattes-équerres de 1m maximum. Largeur des lames Grégale comprise entre 300 mm et 600 mm inclus					
Zone de sismicité	Catégorie d'importance du bâtiment				Classe de sol
	I	II	III	IV	
1					A à E
2					A à E
3					A à E
4					A à E
5					A à E
	<b>Domaine validé sans dispositions spécifiques vis-à-vis des actions sismiques</b>				
	<b>Domaine valide avec dispositions spécifiques du paragraphe 7.1 vis-à-vis des actions sismiques</b>				
	<b>Domaine non validé</b>				

Tableau 26 : Domaine de validité des bardages rapportés incorporant des lames Grégale posées horizontalement sur des montants verticaux eux-mêmes fixés à des pattes-équerres en acier.

#### 7.4 Domaine de validité des bardages rapportés à simple réseau acier incorporant des lames métalliques verticales de la gamme Grégale

Pour les bardages rapportés, incorporant des lames Grégale posées verticalement, avec montants d'ossature en acier S220 GD, d'épaisseur 1,5 mm minimum posés horizontalement, et fixés sur des pattes-équerres en acier S220 GD minimum de hauteur 230 mm maximum et d'épaisseur 2,5 mm minimum :

- Bâtiments de catégorie d'importance I à IV
- Dans les zones de sismicité 1 à 5
- Et les classes de sol A à E

Bardage rapporté incorporant des lames Grégale posées verticalement, avec montants d'ossature en acier S220 GD, d'ép. 1,5 mm minimum posés horizontalement, et fixés sur des pattes-équerres en acier S220 GD minimum de hauteur 230 mm maximum et d'ép. 2,5 mm minimum					
Validité pour des entraxes de montants de 2 m maximum et des entraxes de pattes-équerres de 1m maximum. Largeur des lames Grégale comprise entre 300 mm et 600 mm inclus					
Zone de sismicité	Catégorie d'importance du bâtiment				Classe de sol
	I	II	III	IV	
1					A à E
2					A à E
3					A à E
4					A à E
5					A à E
	Domaine validé sans dispositions spécifiques vis-à-vis des actions sismiques				
	Domaine valide avec dispositions spécifiques du paragraphe 7.1 vis-à-vis des actions sismiques				
	Domaine non validé				

Tableau 27 : Domaine de validité des bardages rapportés incorporant des lames Grégale posées verticalement sur des montants horizontaux eux-mêmes fixés à des pattes-équerres en acier.

7.5 Domaine de validité des bardages rapportés à simple réseau mixte acier/alliage d'aluminium incorporant des lames métalliques verticales de la gamme Grégale

**Pour les bardages rapportés, incorporant des lames Grégale posées verticalement, avec montants d'ossature en acier S220 GD, d'épaisseur 1,5 mm minimum posés horizontalement, et fixés sur des pattes-équerres en acier alliage d'aluminium 6063-T66 minimum de hauteur 300 mm maximum et d'épaisseur d'âme 2,5 mm minimum :**

- Bâtiments de catégorie d'importance I toutes zones de 1 à 5 pour toutes classes de sol A à E
- Bâtiments de catégorie d'importance II dans les zones de sismicité 1 à 3 pour toutes classes de sol A à E et dans la zone de sismicité 4 pour les classes de sol A et B
- Bâtiment de catégorie d'importance III dans les zones de sismicité 1 et 2 pour toutes classes de sol A à E et dans la zone de sismicité 3 pour les classes de sol A à D
- Bâtiment de catégorie d'importance IV dans les zones de sismicité 1 et 2 pour toutes classes de sol A à E et dans la zone de sismicité 3 pour les classes de sol A à C

**Bardage rapporté incorporant des lames Grégale posées verticalement, avec montants d'ossature en acier S220 GD, d'ép. 1,5 mm minimum posés verticalement, et fixés sur des pattes-équerres en alliage d'aluminium 6063-T66 minimum de hauteur 300 mm maximum et d'ép. d'âme 2,5 mm minimum**

Validité pour des entraxes de montants de 2 m maximum et des entraxes de pattes-équerres de 1m maximum. Largeur des lames Grégale comprise entre 300 mm et 600 mm inclus

Zone de sismicité	Catégorie d'importance du bâtiment				Classe de sol
	I	II	III	IV	
1					A à E
2					A à E
3					A
					B
				C	
				D	
4					A
					B
					C
					D
5					E
	<b>Domaine validé sans dispositions spécifiques vis-à-vis des actions sismiques</b>				
	<b>Domaine valide avec dispositions spécifiques du paragraphe 7.1 vis-à-vis des actions sismiques</b>				
	<b>Domaine non validé</b>				

Tableau 28 : Domaine de validité des bardages rapportés incorporant des lames Grégale posées verticalement sur des montants horizontaux eux-mêmes fixés à des pattes-équerres en alliage d'aluminium.

## 7.6 Domaine de validité des bardages rapportés à double réseau acier incorporant des lames métalliques verticales de la gamme Grégale

Pour les bardages rapportés, incorporant des lames Grégale posées verticalement, avec double réseau de montants d'ossature en acier S220 GD, d'épaisseur 1,5 mm minimum, et dont le réseau vertical est fixé sur des pattes-équerres en acier S220 GD minimum de hauteur 300 mm maximum et d'épaisseur 2,5 mm minimum :

- Bâtiments de catégorie d'importance I à IV
- Dans les zones de sismicité 1 à 5
- Et les classes de sol A à E

Bardage rapporté incorporant des lames Grégale posées verticalement avec double réseau de montants d'ossature en acier S220 GD, d'ép. 1,5 mm minimum, et dont le réseau vertical est fixé sur des pattes-équerres en acier S220 GD minimum de hauteur 230 mm maximum et d'ép. 2,5 mm minimum					
Validité pour des entraxes de montants de 2 m maximum et des entraxes de pattes-équerres de 1m maximum. Largeur des lames Grégale comprise entre 300 mm et 600 mm inclus					
Zone de sismicité	Catégorie d'importance du bâtiment				Classe de sol
	I	II	III	IV	
1					A à E
2					A à E
3					A à E
4					A à E
5					A à E
	<b>Domaine validé sans dispositions spécifiques vis-à-vis des actions sismiques</b>				
	<b>Domaine valide avec dispositions spécifiques du paragraphe 7.1 vis-à-vis des actions sismiques</b>				
	<b>Domaine non validé</b>				

Tableau 29 : Domaine de validité des bardages rapportés incorporant des lames Grégale posées verticalement sur des montants horizontaux eux-mêmes fixés à des pattes-équerres en acier.

Les références concernées pour la société JORIS IDE, sont les suivantes, dans les configurations décrites au § 7.1 :

Société	Lame métallique	Date validation
JORIS IDE	Jl Grégale 300 Jl Grégale B300 Jl Grégale 400 Jl Grégale B400 Jl Grégale R400 Jl Grégale BR400 Jl Grégale 500 Jl Grégale B500 Jl Grégale R500 Jl Grégale BR500 Jl Grégale 600 Jl Grégale B600 Jl Grégale R600 Jl Grégale BR600	30/04/2020

Amandine MAILLET

Responsable des études parasismiques

Aurélien GAUDRON

Directeur du Département Enveloppe du  
Bâtiment

## ANNEXE 1 : JUSTIFICATION DES CALCULS DES MASSES PRISES EN COMPTE LORS DES

### ESSAIS D'EXCITATION DANS LE PLAN

Pour l'ensemble des essais d'excitation réalisés et dont les références sont listées au Tableau 7 du présent rapport d'étude, les hypothèses suivantes ont été appliquées.

#### Cas des lames JI Grégale en largeur 300 mm

Portée réelle des lames : 1,5 m

Surface réelle (montage essai) des lames (3 lames) :  $S_{réelle,300} = 2,7 \text{ m}^2$

Portée simulée des lames : 2 m

Surface totale de lames à simuler :  $S_{simul,300} = 3,6 \text{ m}^2$

Masse surfacique de lame en ép. 1,0 mm (testée) :  $11,121 \text{ kg/m}^2$

Masse réelle (testée) de lame correspondant à  $S_{réelle,300}$  :  $M_{réelle,300} = 30,026 \text{ kg}$

Masse surfacique de lame en ép. 1,2 mm (à simuler) :  $13,345 \text{ kg/m}^2$

Masse totale à simuler pour la surface simulée  $S_{simul,300}$  :  $M_{simul,300} = 48,042 \text{ kg}$

Ajout massique en largeur 300 :  $M_{ajout,300} = M_{simul,300} - M_{réelle,300} = 48,042 - 30,026 = 18,016 \text{ kg}$

Ajout massique en largeur 300 par lame : 6,005 kg

#### Cas des lames JI Grégale en largeur 500 mm

Portée réelle des lames : 1,5 m

Surface réelle (montage essai) des lames (2 lames) :  $S_{réelle,500} = 3 \text{ m}^2$

Portée simulée des lames : 2 m

Surface totale de lames à simuler :  $S_{simul,500} = 4 \text{ m}^2$

Masse surfacique de lame en ép. 1,0 mm (testée) :  $9,8125 \text{ kg/m}^2$

Masse réelle (testée) de lame correspondant à  $S_{réelle,500}$  :  $M_{réelle,500} = 29,438 \text{ kg}$

Masse surfacique de lame en ép. 1,2 mm (à simuler) :  $11,775 \text{ kg/m}^2$

Masse totale à simuler pour la surface simulée  $S_{simul,500}$  :  $M_{simul,500} = 47,1 \text{ kg}$

Ajout massique en largeur 500 :  $M_{\text{ajout},500} = M_{\text{simul},500} - M_{\text{réelle},500} = 47,1 - 29,438 = 17,662 \text{ kg}$

Ajout massique en largeur 500 par lame : 8,831 kg

Cas des lames JI Grégale en largeur 600 mm

Portée réelle des lames : 1,5 m

Surface réelle (montage essai) des lames (2 lames) :  $S_{\text{réelle},600} = 3,6 \text{ m}^2$

Portée simulée des lames : 2 m

Surface totale de lames à simuler :  $S_{\text{simul},600} = 4,8 \text{ m}^2$

Masse surfacique de lame en ép. 1,0 mm (testée) : 9,485 kg/m<sup>2</sup>

Masse réelle (testée) de lame correspondant à  $S_{\text{réelle},600}$  :  $M_{\text{réelle},600} = 34,146 \text{ kg}$

Masse surfacique de lame en ép. 1,2 mm (à simuler) : 11,383 kg/m<sup>2</sup>

Masse totale à simuler pour la surface simulée  $S_{\text{simul},600}$  :  $M_{\text{simul},600} = 54,638 \text{ kg}$

Ajout massique en largeur 600 :  $M_{\text{ajout},600} = M_{\text{simul},600} - M_{\text{réelle},600} = 54,638 - 34,146 = 20,492 \text{ kg}$

Ajout massique en largeur 600 par lame : 10,246 kg