

## RAPPORT D'ESSAIS N° EEM 13 26046513 Concernant des essais de comportement vis-à-vis des actions sismiques sur un système de Murs doubles en pierre naturelle

Ce rapport d'essais atteste uniquement des caractéristiques de l'objet soumis aux essais et ne préjuge pas des caractéristiques de produits similaires. Il ne constitue pas une certification de produits au sens de l'article L 115-27 à L 115-32 et R115-1 à R115-3 du code de la consommation modifié par la loi n° 2008-776 du 04 août 2008 article 113.

En cas d'émission du présent rapport par voie électronique et/ou sur support physique électronique, seul le rapport sous forme de support papier signé par le CSTB fait foi en cas de litige. Ce rapport sous forme de support papier est conservé au CSTB pendant une durée minimale de 10 ans.

La reproduction de ce rapport d'essais n'est autorisée que sous sa forme intégrale.

Il comporte 15 pages.

A LA DEMANDE DE :

**CTMNC**  
**15, Rue Letellier**  
**75015 PARIS**

## **TABLE DES MATIÈRES**

1.	OBJET .....	3
2.	TEXTES DE RÉFÉRENCE .....	3
3.	ÉCHANTILLONS .....	3
4.	IDENTIFICATION DU LABORATOIRE ET PROGRAMME DES ESSAIS .....	4
5.	CONSTITUTION ET DESCRIPTION DU CORPS D'ÉPREUVES .....	4
6.	ESSAI D'EXCITATION PERPENDICULAIRE AU PLAN DU SUPPORT .....	10
6.1	Objet .....	10
6.2	Dispositif d'essais .....	11
6.3	Sollicitations appliquées .....	12
6.4	Maquette .....	13
6.5	Résultats de l'essai 13 172 et photographies .....	13

**RAPPORT D'ESSAIS**  
**N° EEM 13 26046513**

## **1. OBJET**

À la demande du CTMNC, un essai d'excitation perpendiculaire au plan du support a été réalisé afin de déterminer le comportement d'un mur double en pierre naturelle vis-à-vis de cette sollicitation sismique.

## **2. TEXTES DE RÉFÉRENCE**

- [1] Lettre de commande DSSF/EEM 11/212 PR/CP du 18 juillet 2013 définissant le programme et les modalités d'essais.
- [2] Cahier du CSTB n° 3725 de janvier 2013 – Stabilité en Zones sismiques – Systèmes de bardages rapportés faisant l'objet d'un Avis Technique – Annexe 7 : Justification expérimentale.

## **3. ÉCHANTILLONS**

Fabricant du mur support	: CSTB
Mise en œuvre du mur de parement	: France Poseurs
Date de livraison des fixations	: 04/09/2013
Date de livraison des pierres	: 30/07/2013
Date de montage du mur de parement	: 04/09/2013
Date de l'essai	: 16/10/2013
Opérateurs des essais	: Julien CORDIER et Pierre-Jean DEGIOVANNI

Fait à Marne-la-Vallée, le 21 octobre 2013

Le responsable du Pôle Structures

Julien CORDIER

## 4. IDENTIFICATION DU LABORATOIRE ET PROGRAMME DES ESSAIS

L'essai a eu lieu le mercredi 16 octobre 2013 dans le Laboratoire STRUCTURES du DEPARTEMENT SECURITE, STRUCTURES et FEU, au Centre de Recherche du CSTB de MARNE LA VALLÉE.

Le programme des essais est résumé dans le tableau 4.1.

**Tableau 4.1 : Programme des essais réalisés**

N° essai	N° d'ordre	Désignation de l'essai	Nature du mur support	Isolant	Nature du mur de parement	Dimensions
1	13 172	Sollicitations sismiques perpendiculaires au plan du support	Voile béton plein C25/30 Ep: 120mm	Néant	Pierres naturelles « Pierre de NOYANT » 300 x 600 x 80 mm	1 210 x 2 780 mm (L x H)

## 5. CONSTITUTION ET DESCRIPTION DU CORPS D'ÉPREUVES

Le corps d'épreuve est un mur double en pierres naturelles. Il se compose de :

- a. un voile béton de 12cm d'épaisseur, faisant office de mur support
  - b. une lame d'air de 16 cm
  - c. des équerres en acier inox avec ergots en inox
  - d. un mur de parement en Pierre de Noyant d'épaisseur 80mm
- a. Mur support en béton plein**
- Voile en béton de 12 cm d'épaisseur
  - Béton C25/30 coulé à l'horizontale, par le pôle Préfabrication du CSTB
  - Présence de 2 treillis anti-fissuration ST10, avec 20mm d'enrobage
  - Ce mur est monté dans un cadre métallique composé de profilés UPN 200, lui-même rapporté au bâti d'essai.
- b. Lame d'air de 16 cm**
- c. Equerres à ergots**
- Fournisseur : ETANCO
  - Nature : Acier inoxydable
  - Longueur : 220 mm
  - Section : 40 x 3 mm
  - Retour : 50 mm
  - Entraxe vertical : 300 mm (hauteur des pierres)
  - Entraxe horizontal : 300 mm (4 équerres par rang)
  - Dimensions de l'ergot DxL : 8 x 100 mm
  - D'une part, les équerres sont fixées dans le voile béton à l'aide de chevilles mécaniques ETANCO de type BARACO et de dimensions M8x65mm, à raison de 4 chevilles par rang de pierres.
  - D'autre part, chaque pierre est percée dans le chant horizontal de la pierre afin de recevoir l'ergot. Le trou est volontairement évasé (pour faciliter l'insertion de l'ergot) et il est rempli de mortier CERMIFLEX. Enfin, l'ergot est mis en place dans le trou : la tige de l'ergot vient se noyer dans le mortier de remplissage du trou.

**RAPPORT D'ESSAIS**  
**N° EEM 13 26046513**

**d. Mur de parement en Pierre de Noyant**

- Référence : Pierre de Noyant
- Nature : pierre calcaire
- Dimensions (H x L x e) : 300 x 600 x 80 mm
- Calepinage : 9 rangs de 2 pierres
- Harpage : 1/2
- Joints : vertical et horizontal, de 10 mm dans les 2 sens
- Nature du joint : PRB MULTIPOSE
- Un joint de finition blanc CERMIFLEX de DESVRES a été mis en œuvre.
- Dimensions LxH du mur de parement : 1210 x 2780 mm
- Surface du mur :  $S=LxH=3,36m^2$
- Ce mur repose dans sa partie inferieure sur un profilé acier rapporté au cadre support du mur support.

**Photographies 5.1 : Vue de la fabrication du mur en pierres**



**RAPPORT D'ESSAIS**  
**N° EEM 13 26046513**

**Photographies 5.2 : Vues du mortier de jointoiment et du mortier de finition**





**Photographies 5.3 : Vues des chevilles et des équerres à ergots**



Photographie 5.4 : Vue des pierres de Noyant



Figure 5.1 : Fiche technique des ergots 8x100 en inox A2

<b>FICHE PRODUIT n° P3031</b>		
<p><b>Fabricant :</b> ETANCO (FRANCE)          Parc les Erables – Bât 1 – 66 route de Sartrouville – BP 49 – 78231 LE PECQ Cedex          Tél. 01 34 80 52 00 – Fax 01 30 71 01 89</p>		
<b>Désignation : ERGOT Ø 8 x 100 – A2</b>		
	<p><b>Désignation :</b> Ergot pour patte porteuse spéciale pierre massive</p> <p><b>Application :</b> Fixation de pierres agrafées</p> <p><b>Matière :</b> Acier inoxydable austénitique A2 Aisi 304</p>	
<b>Caractéristiques techniques :</b>		
Limite élastique : Rp 0,2 %	685 N/mm2	
Limite élastique : Rp 1 %	738 N/mm2	
Résistance à la Rupture Rm	811 N/mm2	
Dureté HB	267	




**RAPPORT D'ESSAIS**  
**N° EEM 13 26046513**

Figure 5.2 : Certificat de matière inox 304 L utilisée pour les équerres

**Nuance : 304/304L T.DBAC**  
**Couleur : B4BN lot :**  
**Commande : BL :048601 Poste:01**  
**Client : ETANCO L.R.**  
**CDE 4500360105 MR SARBONI 19.**

**THYSSENKRUPP MATERIALS FRANCE**  
 Une entreprise de ThyssenKrupp Services

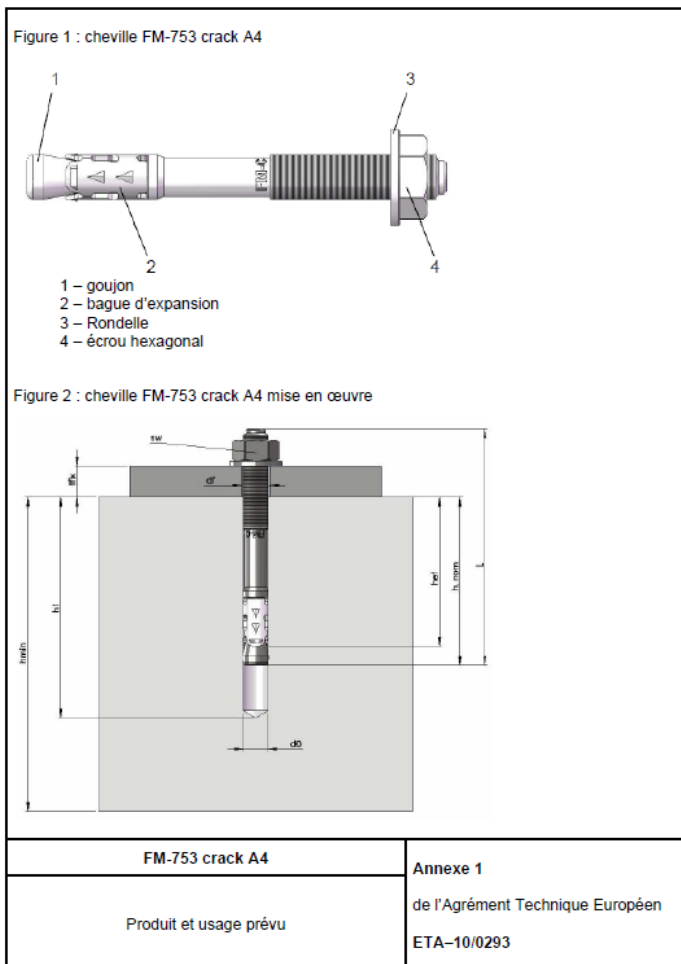
<p><b>ACERINOX EUROPA</b>  <small>TRANSFER DEL GRUPO DE ACERINOX S.A. (SARROSA) (SANTOVALE) (SANTOVALE) (SANTOVALE)</small>  <small>19001 (34) - 901 41 89 00</small>  <small>190 (34) - 901 41 89 11</small>  <small>P.O. BOX 41</small>  <small>15200 SAN SEBASTIAN (SPAIN)</small></p>	 <p>Centre for quality management and safety &amp; health management systems</p>	<p><b>Abnahmeprüfzeugnis</b>  <b>INSPECTION CERTIFICATE</b></p> <p>Prüf-Nr. <b>F0 2012 814094 10001 E</b>          Inspector No.</p> <p>ACCORDING TO <b>EN 10204 3.1</b>          NACH</p> <p><small>*Zustimmungsgeschehen bei TÜV Rostock vom 21. Februar 1983          based on approval from the TÜV Rostock dated 21-2-83.          *Zustimmung des TÜV Rostock vom 21. Februar 1983 auf die Normenrichtlinie vertrieben.          TÜV Rostock approved to the manufacturing instructions according to the date of issue 25-2-83</small></p>																																													
<p>Besteller - customer  <b>ThyssenKrupp Materials France</b></p>		<p>Auftrags Nr. - order no.  <b>AE.90111</b></p>	<p>Bestellung Nr. - order no.  <b>451164272 NOV</b></p>																																												
<p>Prüfgegenstand - description  <b>BLECH AUS BAND (SHEET)</b></p>		<p>Werkstoff Nr und Lieferzustand - material n° and condition of delivery  <b>1.4301/1.4307 1D</b></p>																																													
<p>Werkstoff - Normbez Standard - grade of material  <b>X5 CRNI 18-10/X2CrNi18-9</b></p>		<p>Werkstoff - work grade  <b>Acx - 180</b></p>	<p>Einschweißverfahren - welding process  <b>A=ADD Verfahren - acc process A</b></p>																																												
<p>Anforderungen - thickness requirements  <b>EN 10028-1/TRB 100MD-2000-MERKBLATT W2W10 DGRL 87/29/EG (PED) EN-ISO-15206 (Thickness Tolerances)</b></p>		<p>Kennzeichnung - marking  <b>Schmelznummer/number - 3° 3C 111</b></p>																																													
<p>Zeichen des Lieferwerks - brand of the manufacturer  </p>		<p>Stempel des Sachverständigen - inspector's stamp  </p>																																													
Pos. Nr. / Item N°	Stückzahl / Quantity	Abmessung - Dimensions / mm	Schmelze Nr / Heat N°	Probe Nr / Test N°																																											
	2	4,000 x 1.250,00 x 2.500,00	B4BN	02B4BN	C																																										
<p><b>Chemische Analyse - Chemical Composition (%)</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Schmelze Nr / Heat N°</th> <th>C</th> <th>CR</th> <th>MN</th> <th>N</th> <th>NI</th> <th>P</th> <th>S</th> <th>SI</th> <th>CO</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Anforderungen / Requirements</td> <td>0,030</td> <td>17,500</td> <td>19,500</td> <td>2,000</td> <td>0,100</td> <td>10,500</td> <td>0,045</td> <td>0,015</td> <td>1,000</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>B4BN</td> <td>0,020</td> <td>18,153</td> <td>1,872</td> <td>0,076</td> <td>8,036</td> <td>0,034</td> <td>0,003</td> <td>0,310</td> <td>0,155</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Schmelze Nr / Heat N°	C	CR	MN	N	NI	P	S	SI	CO					Anforderungen / Requirements	0,030	17,500	19,500	2,000	0,100	10,500	0,045	0,015	1,000					B4BN	0,020	18,153	1,872	0,076	8,036	0,034	0,003	0,310	0,155				
Schmelze Nr / Heat N°	C	CR	MN	N	NI	P	S	SI	CO																																						
Anforderungen / Requirements	0,030	17,500	19,500	2,000	0,100	10,500	0,045	0,015	1,000																																						
B4BN	0,020	18,153	1,872	0,076	8,036	0,034	0,003	0,310	0,155																																						
<p><b>Mechanische Eigenschaften - Mechanical Properties</b> - Pr. Temp/T: Temp. 20° C</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Probe Nr / Test N°</th> <th>Prob.-Lage / pos. of test</th> <th>Abmessungen des Probestabs / Dim. of specimen</th> <th>Rm / N/mm2</th> <th>Rp 0.2 / N/mm2</th> <th>Rp 1.0 / N/mm2</th> <th>A5 / %</th> <th></th> <th></th> <th></th> <th></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Anforderungen / Requirements</td> <td></td> <td>Breite x Dicke / Width x Thickness / mm</td> <td>520,00 / 720,00</td> <td>210,00</td> <td>250,00</td> <td>45,00</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>02B4BN</td> <td>C T</td> <td>12,500 x 4,00</td> <td>613,15</td> <td>332,09</td> <td>370,96</td> <td>58,06</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Probe Nr / Test N°	Prob.-Lage / pos. of test	Abmessungen des Probestabs / Dim. of specimen	Rm / N/mm2	Rp 0.2 / N/mm2	Rp 1.0 / N/mm2	A5 / %					Anforderungen / Requirements		Breite x Dicke / Width x Thickness / mm	520,00 / 720,00	210,00	250,00	45,00					02B4BN	C T	12,500 x 4,00	613,15	332,09	370,96	58,06													
Probe Nr / Test N°	Prob.-Lage / pos. of test	Abmessungen des Probestabs / Dim. of specimen	Rm / N/mm2	Rp 0.2 / N/mm2	Rp 1.0 / N/mm2	A5 / %																																									
Anforderungen / Requirements		Breite x Dicke / Width x Thickness / mm	520,00 / 720,00	210,00	250,00	45,00																																									
02B4BN	C T	12,500 x 4,00	613,15	332,09	370,96	58,06																																									
<p>Besichtigung und Messkontrolle wurden durchgeführt: O.K.          Surface and dimension controlled: O.K.</p> <p>Der Werkstoff ist beständig gegen interkristalline Korrosion gemäß EN ISO 3651-2          The material is resistant to intergranular corrosion test according to EN ISO 3651-2</p> <p>Spektroskopische Identitätsprüfung: O.K.          Spectrometric identity test: O.K.</p> <p>Wärmebehandlung: Glühen bei 1050 - 1100 °C          Heat treatment: Und Abschrecken mit Luft cooling with air.</p> <p>Die Lieferung entspricht der Bestellung          The delivery is in accordance with the order</p> <p style="text-align: right;">WERKSACHVERSTÄNDIGER          WORK INSPECTOR  <b>A. Heredia</b></p> <p style="text-align: right;">Palmona, 31 OCTUBRE 2012</p>																																															



**RAPPORT D'ESSAIS**  
**N° EEM 13 26046513**

Figures 5.3 : ATE de la cheville BARACO (extraits)

		<p>Page 1 de l'Agrément Technique Européen ETA-10/0293, traduction française par LR ETANCO</p> <p>Zavod za gradbeništvo Slovenije <i>Slovenian National Building and Civil Engineering Institute</i> Dimičeva 12, 1000 Ljubljana, Slovenija Tel.: +386 (0)1-280 42 72 Fax: +386 (0)1-436 74 49 e-mail: info.ta@zag.si http://www.zag.si</p> <p style="text-align: right;">  MEMBRE DE L'EOTA         </p>																
<p><b>Agrément Technique Européen</b></p>		<p><b>ETA-10/0293</b></p> <p><i>Version originale en Slovène – Traduction française par LR ETANCO</i></p>																
<p>Cheville goujon <b>BARACO – FM 753 CRACK®</b></p>		<table border="1"> <tr> <td>Nom commercial <i>Trade name</i></td> <td>FM-753 crack A4</td> </tr> <tr> <td>Titulaire de l'agrément <i>Holder of approval</i></td> <td>FRIULSIDER S.p.A. Via Trieste 1 33048 San Giovanni al Natisone (UD) ITALIE</td> </tr> <tr> <td>Objet de l'agrément et domaine d'emploi</td> <td>Cheville métallique en acier inoxydable, à expansion par vissage à couple contrôlé, pour fixation dans le béton : diamètres M8, M10, M12 et M16</td> </tr> <tr> <td>Generic type and use of construction product</td> <td>Torque controlled expansion anchor made of stainless steel of size M8, M10, M12 and M16 for use in concrete</td> </tr> <tr> <td>Valable du : <i>Validity from</i></td> <td>19.07.2010</td> </tr> <tr> <td>au : <i>to</i></td> <td>19.07.2015</td> </tr> <tr> <td>Usine de production <i>Manufacturing plant</i></td> <td>FRIULSIDER S.p.A. Via Trieste 1 33048 San Giovanni al Natisone (UD) ITALIE</td> </tr> <tr> <td>Le présent Agrément Technique Européen contient : <i>This European Technical Approval contains :</i></td> <td>15 pages incluant 7 annexes faisant partie intégrante du document. <i>15 pages including 7 annexes, which form an integral part of the document</i></td> </tr> </table>	Nom commercial <i>Trade name</i>	FM-753 crack A4	Titulaire de l'agrément <i>Holder of approval</i>	FRIULSIDER S.p.A. Via Trieste 1 33048 San Giovanni al Natisone (UD) ITALIE	Objet de l'agrément et domaine d'emploi	Cheville métallique en acier inoxydable, à expansion par vissage à couple contrôlé, pour fixation dans le béton : diamètres M8, M10, M12 et M16	Generic type and use of construction product	Torque controlled expansion anchor made of stainless steel of size M8, M10, M12 and M16 for use in concrete	Valable du : <i>Validity from</i>	19.07.2010	au : <i>to</i>	19.07.2015	Usine de production <i>Manufacturing plant</i>	FRIULSIDER S.p.A. Via Trieste 1 33048 San Giovanni al Natisone (UD) ITALIE	Le présent Agrément Technique Européen contient : <i>This European Technical Approval contains :</i>	15 pages incluant 7 annexes faisant partie intégrante du document. <i>15 pages including 7 annexes, which form an integral part of the document</i>
Nom commercial <i>Trade name</i>	FM-753 crack A4																	
Titulaire de l'agrément <i>Holder of approval</i>	FRIULSIDER S.p.A. Via Trieste 1 33048 San Giovanni al Natisone (UD) ITALIE																	
Objet de l'agrément et domaine d'emploi	Cheville métallique en acier inoxydable, à expansion par vissage à couple contrôlé, pour fixation dans le béton : diamètres M8, M10, M12 et M16																	
Generic type and use of construction product	Torque controlled expansion anchor made of stainless steel of size M8, M10, M12 and M16 for use in concrete																	
Valable du : <i>Validity from</i>	19.07.2010																	
au : <i>to</i>	19.07.2015																	
Usine de production <i>Manufacturing plant</i>	FRIULSIDER S.p.A. Via Trieste 1 33048 San Giovanni al Natisone (UD) ITALIE																	
Le présent Agrément Technique Européen contient : <i>This European Technical Approval contains :</i>	15 pages incluant 7 annexes faisant partie intégrante du document. <i>15 pages including 7 annexes, which form an integral part of the document</i>																	
<p>Version : Acier inoxydable M8 à M16</p> <p style="text-align: right;">ATE n° 10/0293 ETAG 001-2 option 1</p>																		
		<p>Parc les Erables – Bât. 1 66 route de Sartrouville – BP 49 78231 LE PECQ Cedex – FRANCE Tél. : 01 34 80 52 00 – Fax : 01 30 71 01 89 E-mail : commercial.france@etanco.fr www.etanco.eu</p>																
		<p>Organisation pour l'Agrément Technique Européen European Organisation for Technical Approvals</p>																

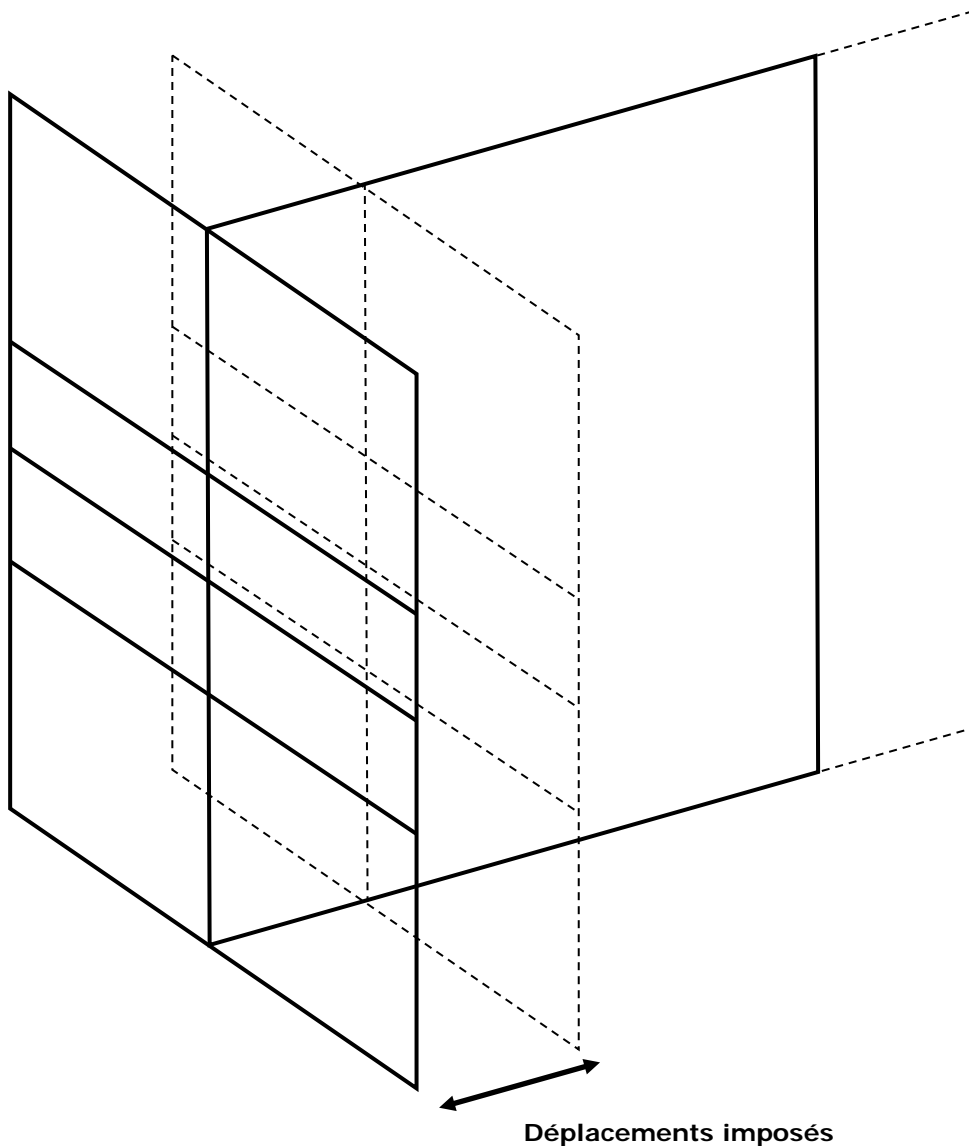


## **6. ESSAI D'EXCITATION PERPENDICULAIRE AU PLAN DU SUPPORT**

### **6.1 Objet**

L'essai a pour but de montrer le comportement du système lorsque le support sur lequel il est rapporté est excité perpendiculairement à son plan sous l'action d'un déplacement cyclique alterné imposé tel que décrit sur le schéma 6.1 présenté ci-dessous.

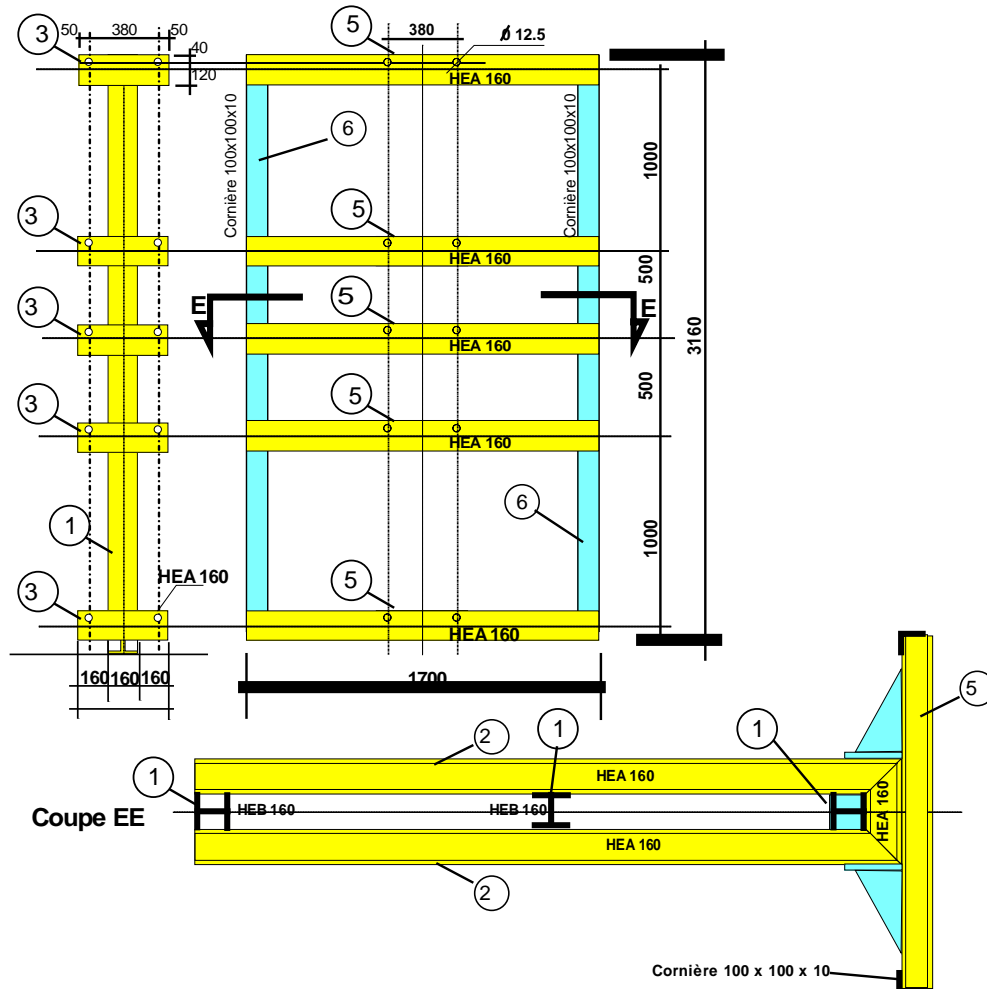
**Schéma 6.1 : Essai d'excitation perpendiculaire au plan du support**



## 6.2 Dispositif d'essais

Le mur support en béton a été monté dans un cadre métallique à base de profilés UPN 200. Ce cadre est rapporté sur un bâti (tel que défini dans le schéma 6.2 ci-dessous) équipé d'appuis glissants puis connecté au vérin hydraulique.

**Schéma 6.2 : Dispositif pour les essais d'excitation perpendiculaire au plan du support**



Il est constitué des éléments suivants repérés sur le schéma :

- 1 – un cadre primaire constitué de HEA 160 contreventé.
- 2 – 5 montants horizontaux espacés de 1000 mm ou 500 mm support des fixations de l'ossature des bardages rapportés.
- 3 – un retour de 480 mm.
- 4 – 5 montants horizontaux espacés de 1000 mm ou 500 mm afin d'installer l'ossature des bardages rapportés.
- 5 – 2 cornières permettant de supporter l'ensemble des montants horizontaux.

### 6.3 Sollicitations appliquées

Les accélérations produites par le vérin simulent les accélérations du mur support comme décrit dans le texte de l'Eurocode 8.

Il s'agit du balayage dit « conventionnel » pour lequel la maquette est soumise à 8 phases d'accélération successives et croissantes, de 3,5 à 16,5 m/s<sup>2</sup>.

Pour chaque phase, 3 séquences de 20 cycles (soit 60 cycles par phase) sont réalisées dans l'ordre croissant des fréquences avec les amplitudes indiquées dans le tableau ci-dessous.

Les amplitudes imposées à la maquette sont calculées d'après la formule suivante :

$$A = \frac{a}{(2 \cdot \pi \cdot f)^2}$$

Avec a = accélération  
f = fréquence

Le déplacement imposé au vérin est ± A.

**Tableau 6.1 : Amplitudes (en mm) imposées au vérin pour le balayage conventionnel**

	Phase 1	Phase 2	Phase 3	Phase 4	Phase 5	Phase 6	Phase 7	Phase 8
	Accélération $a_i$ en m/s <sup>2</sup>							
f en Hz	3,5	5	6,4	8	9,3	11,2	14	16,5
2	22,2 20 cycles	31,7 20 cycles	40,5 20 cycles	50,7 20 cycles				
3					26,2 20 cycles	31,5 20 cycles	39,4 20 cycles	46,4 20 cycles
4								
5	3,5 20 cycles	5,1 20 cycles	6,5 20 cycles					
6				5,6 20 cycles				
7					4,8 20 cycles	5,8 20 cycles		
8	1,4 20 cycles						5,5 20 cycles	6,5 20 cycles
9		1,6 20 cycles						
10			1,6 20 cycles					
11				1,7 20 cycles				
12					1,6 20 cycles			
13						1,7 20 cycles		
14							1,8 20 cycles	
15								1,9 20 cycles

## 6.4 Maquette

La maquette montée par le demandeur pour l'essai d'excitation dans le plan perpendiculaire au support comprend les éléments décrits au chapitre 5.

## 6.5 Résultats de l'essai 13 172 et photographies

### 6.5.1 Résultats de l'essai 13 172

Tableau 6.2 : Résultats de l'essai n° 13 172

N° de phase	Accélération $a_i$ en $m/s^2$	Observations
Phase 1	3,5	- Pas de chute d'éléments. - Pas de dégradation observée.
Phase 2	5	- Pas de chute d'éléments. - Pas de dégradation observée.
Phase 3	6,4	- Pas de chute d'éléments. - Pas de dégradation observée.
Phase 4	8	- Pas de chute d'éléments. - Pas de dégradation observée.
Phase 5	9,3	- Pas de chute d'éléments. - Pas de dégradation observée.
Phase 6	11,2	- Pas de chute d'éléments. - Pas de dégradation observée.
Phase 7	14	- Pas de chute d'éléments. - Pas de dégradation observée.
Phase 8	16,5	- Pas de chute d'éléments. - Pas de dégradation observée.

### 6.5.2 Photos de l'essai 13 172

Photographie 6.1 : Vue d'ensemble de la maquette avant l'essai



**Photographies 6.2 : Vues de détails de la maquette après l'essai**



**Photographie 6.3 : Vue d'ensemble de la maquette après l'essai**



**Fin de rapport**