

# Stabilité des ancrages de fixations en zones sismiques sur les supports maçonnés conformes au NF DTU 20.1

## Partie 1 – À destination des fabricants de bardages rapportés et de chevilles

Systèmes de bardages rapportés faisant l'objet d'un Avis Technique validant la pose en zones sismiques

**Groupe Spécialisé n° 2.2**

Ce document a été entériné par le 22 janvier 2019



Commission chargée de formuler des Avis Techniques  
et Documents Techniques d'Application

(arrêté du 21 mars 2012)

---

Secrétariat de la commission des Avis Techniques  
CSTB, 84 avenue Jean Jaurès, Champs-sur-Marne, FR-77447 Marne-la-Vallée Cedex 2  
Tél. : 01 64 68 82 82 - Internet : [www.ccfat.fr](http://www.ccfat.fr)

Établissement public au service de l'innovation dans le bâtiment, le CSTB, Centre Scientifique et Technique du Bâtiment, exerce quatre activités clés : la recherche, l'expertise, l'évaluation, et la diffusion des connaissances, organisées pour répondre aux enjeux de la transition écologique et énergétique dans le monde de la construction. Son champ de compétences couvre les produits de construction, les bâtiments et leur intégration dans les quartiers et les villes.

Avec plus de 900 collaborateurs, ses filiales et ses réseaux de partenaires nationaux, européens et internationaux, le groupe CSTB est au service de l'ensemble des parties prenantes de la construction pour faire progresser la qualité et la sécurité des bâtiments.

Toute reproduction ou représentation intégrale ou partielle, par quelque procédé que ce soit, des pages publiées dans le présent ouvrage, faite sans l'autorisation de l'éditeur ou du Centre Français d'Exploitation du droit de copie (3, rue Hautefeuille, 75006 Paris), est illicite et constitue une contrefaçon. Seules sont autorisées, d'une part, les reproductions strictement réservées à l'usage du copiste et non destinées à une utilisation collective et, d'autre part, les analyses et courtes citations justifiées par le caractère scientifique ou d'information de l'œuvre dans laquelle elles sont incorporées (Loi du 1<sup>er</sup> juillet 1992 – art. L 122-4 et L 122-5 et Code Pénal art. 425).

© CSTB 2019

# Stabilité des ancrages de fixations en zones sismiques sur les supports maçonnés conformes au NF DTU 20.1

Partie 1 – à destination des fabricants de bardages rapportés et de chevilles

## SOMMAIRE

---

<b>1. Préambule .....</b>	<b>2</b>	<b>Annexe A</b>	
<b>2. Objet du présent document.....</b>	<b>2</b>	<b>Généralités sur les modalités des essais en laboratoire .....</b>	<b>7</b>
<b>3. Domaine d'application .....</b>	<b>2</b>	<b>Annexe B</b>	
<b>4. Protocole des essais en laboratoire .....</b>	<b>4</b>	<b>Essai de traction statique .....</b>	<b>9</b>
4.1 Généralités .....	4	<b>Annexe C</b>	
4.2 Essais statiques sur des ancrages.....	4	<b>Essai de cisaillement statique .....</b>	<b>10</b>
4.3 Essais cycliques sur des ancrages.....	4	<b>Annexe D</b>	
4.4 Essais dynamiques .....	4	<b>Essai de traction cyclique .....</b>	<b>11</b>
<b>5. Méthode de Vérification .....</b>	<b>5</b>	<b>Annexe E</b>	
5.1 Cadre réglementaire .....	5	<b>Essai de cisaillement cyclique .....</b>	<b>11</b>
5.2 Détermination des effets d'action Ed .....	5	<b>Annexe F</b>	
5.3 Détermination des capacités résistantes ( $R_{d,a}$ ) ....	6	<b>Essais cisaillement cyclique et de traction.....</b>	<b>12</b>
<b>6. Étapes d'évaluation d'un couple cheville/support maçonné dans le cadre de l'instruction d'un Avis Technique de bardage rapporté .....</b>	<b>6</b>	<b>Annexe G</b>	
<b>7. Contenu de l'Avis Technique .....</b>	<b>6</b>	<b>Essais de caractérisation de la rigidité des pattes-équerrés .....</b>	<b>12</b>
		<b>Annexe H</b>	
		<b>Essais dynamiques .....</b>	<b>14</b>

## 1. Préambule

Le présent document et plus particulièrement les protocoles d'essais décrit en annexes sont issus d'un programme de recherche mené avec plusieurs partenaires dont le CSTB, la FFB, le CERIB, le CTMNC et des fabricants de chevilles.

Le présent document vise les systèmes de bardage rapporté sous Avis Techniques ayant déjà fait l'objet d'une validation par essais pour la pose en zones sismiques selon le *Cahier du CSTB* n° 3725, et mis en œuvre sur des bâtiments soumis à exigences sismiques selon l'arrêté du 22 Octobre 2010 et ses modificatifs.

## 2. Objet du présent document

Le présent document est destiné aux titulaires d'Avis Technique de procédés de bardage rapporté ainsi qu'aux fabricants de chevilles.

Il définit les essais à réaliser pour évaluer l'aptitude à l'emploi d'un couple cheville/support maçonné conforme au DTU 20.1 pour la pose en zones sismiques.

La validation d'un couple cheville/support maçonné se fait dans le cadre de l'Avis Technique de bardage rapporté par la fourniture de ces essais et de leur interprétation.

## 3. Domaine d'application

Le présent document concerne :

- les systèmes de bardage rapporté sous Avis Technique ayant fait l'objet d'une validation par essais pour la pose en zones sismiques selon le *Cahier du CSTB* n° 3725 ;
- une masse reprise par patte-équerre (ossature + parement)  $\leq 12,5$  kg ;
- les supports maçonnés neufs et porteurs (élancement vertical du mur limité à 20) et épaisseur minimale de la maçonnerie de 15 cm ;
- les zones de sismicité et catégorie d'importance de bâtiments indiquées au *tableau 1* :

**Tableau 1 – Exigences à satisfaire selon les zones de sismicité et catégories d'importance de bâtiments**

Zones de sismicité	Classes de catégories d'importance des bâtiments			
	I	II	III	IV
1	X	X	X	X
2	X	X	X ①	
3	X	X ②	X	
4	X	X ②	X	
X	Pose autorisée sans disposition particulière selon le domaine d'emploi accepté.			
X	Pose autorisée sur parois planes et verticales			
X ①	Pose autorisée sans disposition particulière selon le domaine d'emploi accepté pour les établissements scolaires à un seul niveau (appartenant à la catégorie d'importance III) remplissant les conditions du paragraphe 1.1 <sup>1</sup> des Règles de Construction Parasismiques PS-MI 89 révisées 92 (NF P06-014).			
X ②	Pose autorisée sans disposition particulière selon le domaine d'emploi accepté pour les bâtiments de catégorie d'importance II remplissant les conditions du paragraphe 1.1 <sup>1</sup> des Règles de Construction Parasismiques PS-MI 89 révisées 92 (NF P06-014).			
	Pose non autorisée.			

- les chevilles faisant l'objet d'un ETE selon les ETAG 020 ou ETAG 029<sup>2</sup>.

<sup>1</sup> Le paragraphe 1.1 de la norme NF P06-014 décrit son domaine d'application.

<sup>2</sup> Au moment de la rédaction du présent document, les ETAG sont en cours de conversion vers des EAD (European Assessment Document).

- les couples cheville/support maçonné indiqués au tableau 2 :

**Tableau 2 – Couples cheville/support maçonné ne nécessitant pas d'essais dynamiques selon le Cahier du CSTB n° 3725 et l'Annexe H du présent document (sous réserve du respect des conditions décrites aux 2 premières puces).**

Chevilles sous ETE	Supports				
	Briques pleines ou perforées	Briques creuses à perforations verticales	Briques creuses à perforations horizontales	Blocs creux en béton de granulats courants	Blocs en béton cellulaire autoclavé
ETAG 020 (chevilles métallo-plastiques)	X	X	X	X	
ETAG 029 (chevilles chimiques)	X	X	X	X	x
X	Couples cheville/support maçonné ne nécessitant pas d'essais dynamiques selon le Cahier du CSTB n° 3725 et l'Annexe H du présent document (sous réserve du respect des conditions décrites aux 2 premières puces).				
	Couples cheville/support maçonné nécessitant des essais dynamiques selon le Cahier du CSTB n° 3725 et l'Annexe H.				

**Nota :**

- Dans les autres cas (nouveau support maçonné, masse reprise par patte-équerre > 12,5 kg), des essais dynamiques selon le Cahier du CSTB n° 3725 et l'Annexe H en complément des autres essais mentionnés dans le présent document seront à réaliser pour valider la/les nouvelles configurations. En tout état de cause, la validation d'un couple cheville/support maçonné se fera dans le cadre de l'Avis Technique de procédé de bardage rapporté.
- Dans le cas d'un système de bardage rapporté, la cheville est considérée en usage multiple, au sens de l'ETAG 020.

Les supports maçonnés devront satisfaire les spécifications du tableau 3 :

**Tableau 3 – Spécifications des supports maçonnés**

Supports				
Brique pleine	Brique creuse à perforations verticales*	Brique creuse à perforations horizontales**	Bloc béton courant creux ***	Béton cellulaire
Pas d'exigence supplémentaire autre que celles du NF DTU 20.1.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paroi extérieure d'épaisseur 9 mm minimum</li> <li>• Paroi intermédiaire d'épaisseur 6 mm minimum, si plus d'une paroi intermédiaire traversée somme des épaisseurs supérieures ou égales à 10 mm</li> <li>• La fixation traverse au minimum 2 parois d'alvéoles</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paroi extérieure d'épaisseur 9 mm minimum</li> <li>• Paroi intermédiaire d'épaisseur 6 mm minimum, si plus d'une paroi intermédiaire traversée somme des épaisseurs supérieure ou égale à 10 mm</li> <li>• La fixation traverse au minimum 2 parois</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Paroi extérieure d'épaisseur 16 mm minimum</li> <li>• Paroi intermédiaire d'épaisseur 16 mm minimum</li> <li>• La fixation traverse au minimum 2 parois</li> </ul>	Masse volumique minimum 350 Kg/m³
<p>* Dans le cas d'un scellement chimique (cheville conforme à l'ETAG029), le nombre minimum de parois traversées (y compris la paroi extérieure) est de 2 et sur une longueur de 80 mm.</p> <p>** Dans le cas d'un scellement chimique (cheville conforme à l'ETAG029), le nombre minimum de parois traversées (y compris la paroi extérieure) est de 2 sur une longueur de 80 mm.</p> <p>*** Dans le cas d'un scellement chimique (cheville conforme à l'ETAG029), le nombre minimum de parois traversées (y compris la paroi extérieure) est de 2 sur une longueur de 130 mm.</p>				

## 4. Protocole des essais en laboratoire

### 4.1 Généralités

Les essais en laboratoire doivent être réalisés sur des supports choisis par le demandeur (titulaire de l'Avis Technique du procédé de bardage rapporté) et certifiés lorsque la famille de produit est certifiée.

Lorsque le support sort des familles prédéfinies (ne répondant pas aux exigences du *Tableau 3* mais respectant le NF DTU 20.1), le fabricant de chevilles devra fournir les supports.

Les supports devront faire l'objet d'une caractérisation suivant les normes suivantes :

- F EN 772-16 : Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie, Partie 16 : Détermination des dimensions (Août 2011) ;
- NF EN 772-1 : Méthodes d'essai des éléments de maçonnerie, Partie 16 : Détermination de la résistance à la compression (Août 2011).

Les essais en laboratoire devront être réalisés par un laboratoire indépendant et accrédité dans le domaine des fixations (reconnu dans le cadre ILAC MRA).

Pour tous les essais, les généralités sur les procédures sont présentées en Annexe A.

Les essais à réaliser sont définis dans le tableau 4 :

**Tableau 4 – Essais à réaliser**

Essai		Chargement cyclique	Chargement statique (résiduel)	Résistance moyenne arithmétique (déterminée à partir des 5 résistances les plus faibles parmi 15 essais)	Annexe
1	Traction statique	—	Traction	$R_{t,a, \text{statique, labo}}$	B
2	Cisaillement statique	—	Cisaillement	$R_{c,a, \text{statique, labo}}$	C
3	Traction cyclique	Traction	Traction	$R_{t,a, \text{cyclique, labo}}$	D
4	Cisaillement cyclique	Cisaillement	Cisaillement	$R_{c,a, \text{cyclique, labo}}$	E
5	Cisaillement cyclique & traction	Cisaillement	Traction	$R_{ct,a, \text{cyclique, labo}}$	F
6	Dynamique	—	Traction	—	H

### 4.2 Essais statiques sur des ancrages

Les procédures d'essais statiques en traction et en cisaillement sont présentées respectivement dans les Annexes B et C.

### 4.3 Essais cycliques sur des ancrages

Les procédures d'essais cycliques en traction, en cisaillement et en sollicitations successives (cisaillement cyclique puis traction résiduelle, pour ces dernières) sont présentées respectivement dans les Annexes D, E et F.

### 4.4 Essais dynamiques

La procédure d'essai dynamique est présentée dans l'Annexe H.

## 5. Méthode de Vérification

### 5.1 Cadre réglementaire

Ce document est établi en conformité avec la norme NF EN 1998-1 (EC8 P1) et le guide de dimensionnement parasismique des éléments non structuraux (ENS) du cadre bâti, publié par le ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie (dit « guide ENS ») et téléchargeable sur le web<sup>2</sup>.

### 5.2 Détermination des effets d'action Ed

#### 5.2.1 Effort repris par les chevilles

Conformément au paragraphe 2.6.1 du guide ENS, l'effort sismique peut être réparti sur l'ensemble des chevilles présentes.

Les effets de l'action sismique sont déterminés en appliquant un effort sismique selon les directions horizontales estimé par la formule suivante :

$$F_a = \frac{5,5}{q_a} \cdot \gamma_I \cdot S \cdot a_{gr} \cdot m$$

avec

- $\gamma_I$  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 (ossature + parement),
- $q_a$  est le coefficient de comportement.

L'effort sismique sur un montant est réparti sur l'ensemble des pattes-équerres.

Conformément au paragraphe 2.6.1 du guide ENS, pour tenir compte de l'incertitude liée à la répartition de l'action sismique sur les chevilles, un coefficient de sécurité Kaléa de 1.5 est ajouté à la sollicitation pour la vérification des éléments de fixation à la structure.

En plus du coefficient Kaléa de 1,5, l'effort sismique est majoré par un coefficient de réaction d'appui égal à 1,25 pour une mise en œuvre avec 3 pattes-équerres, 1,1 pour 4 pattes-équerres et 1,15 pour 5 pattes-équerres et plus. On note  $z$  le nombre de pattes-équerres.

La répartition du poids s'effectue selon la même méthode.

L'effort sismique  $S_f$  et le poids propre  $G$  repris par les fixations sont calculés selon la règle de calcul énoncée précédemment :

$$S_f' = F_a \cdot K_{alea} \cdot \frac{R_a}{z} = \frac{5,5}{q_a} \cdot \gamma_I \cdot S \cdot a_{gr} \cdot m \cdot K_{alea} \cdot \frac{R_a}{z}$$

$$G = m \cdot g \cdot K_{alea} \cdot \frac{R_a}{z}$$

#### 5.2.2 Justification des ancrages dans la structure

Conformément au paragraphe 2.6.2 du guide ENS les éléments de structure dans lesquels les fixations de l'ENS viennent s'ancrer devront être capables de supporter l'effort maximal qui pourra être transmis par ces fixations. La valeur à reprendre est donc la valeur résistante  $R_d$  de la fixation et non l'effort  $E_d$  calculé pour cette fixation. Il s'agit d'un dimensionnement en capacité. Cette disposition vise à se prémunir du risque de chute global de l'ENS par endommagement des ancrages ou de la structure portante, en cas de dépassement de l'action sismique de référence, et à privilégier un endommagement à l'intérieur de l'ENS (bardage rapporté) ou dans sa fixation (patte-équerre).

Cette exigence de dimensionnement en capacité des éléments de structure supportant l'ENS peut être considérée comme satisfaite en utilisant comme effort de dimensionnement la valeur de l'effort  $E_d$  calculée à l'ancrage, dans laquelle la part due au séisme a été multipliée par le coefficient de sécurité  $\gamma = 1,2$ .  $q_a$  où  $q_a$  est le coefficient de comportement de l'ENS (pris égal à 2 pour les bardages rapportés).

#### 5.2.3 Dimensionnement en capacité des ancrages

D'après le paragraphe précédent, l'ancrage dans lequel est ancrée une patte-équerre doit être dimensionné pour pouvoir reprendre un effort :

$$E_{d2} = \gamma \cdot E_d \ll + \gg G$$

avec :

$$E_d = 2,75 \cdot \gamma_I \cdot S \cdot a_{gr} \cdot m \cdot \frac{R_a}{z}$$

et

$$G = m \cdot g \cdot K_{alea} \cdot \frac{R_a}{z}$$

où :

- $\gamma = 1,2$ .  $q_a = 2,4$  coefficient de sécurité pour le dimensionnement en capacité de l'ancrage
- $K_{alea} = 1,5$  coefficient de sécurité pour couvrir de manière forfaitaire l'incertitude liée à la répartition de l'action sismique sur les fixations de l'ENS,
- $\gamma_I$  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 (parement + ossature).
- $q_a$  est le coefficient de comportement (= 2).
- $R_a$  coefficient de réaction d'appui égal à 1,25 pour une mise en œuvre avec 3 pattes-équerres, 1,1 pour 4 pattes-équerres et 1,15 pour 5 pattes-équerres et plus,
- $z$  le nombre de pattes-équerres

<sup>2</sup> [http://www.planseisme.fr/IMG/pdf/guide\\_a4\\_bd\\_sp.pdf](http://www.planseisme.fr/IMG/pdf/guide_a4_bd_sp.pdf)

### 5.3 Détermination des capacités résistantes ( $R_{d,a}$ )

Les valeurs caractéristiques en laboratoire sont déterminées avec la même méthode que les essais in-situ (*Cahier du CSTB 1661-V2*).

$$R_{k,t,a,statique,labo} = 0,75 \cdot R_{t,a,statique,labo}$$

$$R_{k,c,a,statique,labo} = 0,75 \cdot R_{c,a,statique,labo}$$

$$R_{k,t,a,cyclique,labo} = 0,75 \cdot R_{t,a,cyclique,labo}$$

$$R_{k,c,a,cyclique,labo} = 0,75 \cdot R_{c,a,cyclique,labo}$$

$$R_{k,ct,a,cyclique,labo} = 0,75 \cdot R_{ct,a,cyclique,labo}$$

La résistance caractéristique « labo » est obtenue en prenant le minimum des 5 valeurs caractéristiques « labo » :

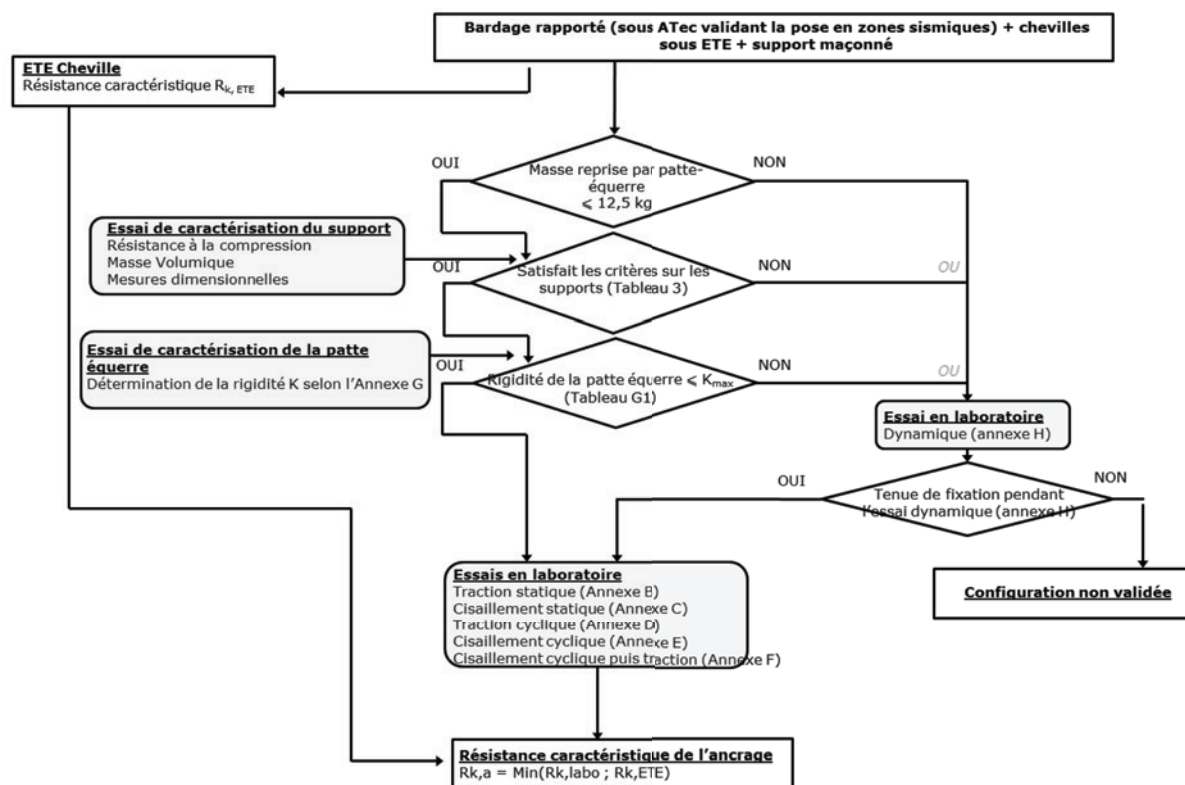
$$R_{k,labo} = \min ( R_{k,t,a,statique,labo}, R_{k,c,a,statique,labo}, R_{k,t,a,cyclique,labo}, R_{k,c,a,cyclique,labo}, R_{k,ct,a,cyclique,labo} )$$

La résistance caractéristique est égale au minimum de la résistance caractéristique labo et de la résistance caractéristique in situ et de la résistance caractéristique donnée dans l'ETE :

$$R_{k,a} = \min ( R_{k,labo}, R_{k,ETE} )$$

## 6. Étapes d'évaluation d'un couple cheville/support maçonné dans le cadre de l'instruction d'un Avis Technique de bardage rapporté

Les différentes étapes d'évaluation d'un couple cheville/support sont résumées dans le logigramme ci-dessous.



## 7. Contenu de l'Avis Technique

L'Avis Technique doit contenir les informations suivantes :

- Valeur  $E_{d2}$  ;
- Valeur  $R_{k,a}$  ;
- Type(s) de maçonnerie(s) validées.



# Annexe A Généralités sur les modalités des essais en laboratoire

## Mise en place des chevilles

La mise en place des chevilles doit être effectuée conformément aux instructions fournies par le fabricant et de l'ETE. Les couples de serrage, le cas échéant, doivent être appliqués à la cheville à l'aide d'une clé dynamométrique calibrée. L'erreur de mesure ne doit pas dépasser 5 % du couple de serrage appliqué sur la totalité de l'étendue de mesure.

En général, après 10 minutes environ d'application aux chevilles du couple de serrage  $T_{inst}$  requis par le fabricant, on doit réduire le couple à  $0,5 T_{inst}$  pour tenir compte de l'affaiblissement de la force de précontrainte avec le temps.

En ce qui concerne les chevilles qui ne demandent pas l'application de couple de serrage précis pour leur aptitude à l'emploi (chevilles à expansion par déformation contrôlée, de nombreux types de chevilles à verrouillage de forme et à scellement), aucun couple ne doit être appliqué avant les essais.

Quant aux chevilles qui nécessitent l'application d'un couple de serrage, les résultats d'essais peuvent être influencés par la rugosité de la pièce de fixation. C'est pourquoi la rondelle ne doit pas tourner sur la pièce de fixation. Afin d'assurer des conditions d'essais précises, un matériau abrasif double face, par exemple, peut être inséré entre la rondelle et l'élément de fixation.

Les trous de forage destinés aux chevilles doivent être percés perpendiculairement à la surface du corps d'épreuve.

Au cours des essais, les outils de forage pour chevilles spécifiés par le fabricant doivent être utilisés.

Si des forets pour marteaux perforateurs en métal dur sont demandés, ces forets doivent répondre aux exigences définies dans les normes DIN 8035 ou NF E 66-080 en ce qui concerne la précision dimensionnelle, la symétrie, la symétrie de la pointe de la plaquette, la hauteur de la plaquette et la tolérance sur la concentricité.

Le diamètre des arêtes coupantes par rapport au diamètre nominal des forets est indiqué à la Figure A1.

Le trou cylindrique est percé avec un foret de diamètre moyen ( $d_{cut,m}$ ).

Le diamètre du foret doit être contrôlé tous les 10 forages afin d'en vérifier la conformité.

S'il est exigé des forets spéciaux tels que forets à butée ou couronnes diamantées, il n'existe en général pas de norme de spécification portant sur ces produits, auquel cas le fabricant de chevilles doit préciser les dimensions et tolérances des forets, et les essais doivent être réalisés avec des forets conformes aux spécifications.

## Appareillage d'essai

Les essais doivent être exécutés en utilisant des appareils de mesure étalonnés. Les dispositifs d'application des charges doivent être conçus de manière à éviter toute augmentation brusque de l'effort, surtout en début d'essai. L'erreur de mesure de l'effort ne doit pas dépasser 2 % sur la totalité de l'étendue de mesure.

Les déplacements doivent être enregistrés en continu (par exemple à l'aide de capteurs de déplacement électriques) dont l'erreur de mesure ne dépasse pas 0,02 mm.

En général, les dispositifs d'essai doivent permettre la formation d'un cône d'arrachement non limité. Pour cette raison, la distance libre entre tout point d'application d'une réaction d'appui et une cheville doit être au minimum de 2 hef, (essai de traction).

Pour tous les essais, l'effort doit être appliqué à la cheville par un élément à fixer représentatif des conditions rencontrées dans la pratique.

Tableau A1 – Diamètre df en fonction du diamètre d ou dnom

Diamètre extérieur d ou dnom (mm)	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30
Diamètre d1 du trou de passage dans la pièce de fixation (mm)	7	9	12	14	16	18	20	22	24	26	30	33

Pendant les essais de traction, l'effort doit être appliqué axialement sur la cheville. A cette fin, il y a lieu d'insérer des rotules entre le dispositif d'application de l'effort et la cheville.

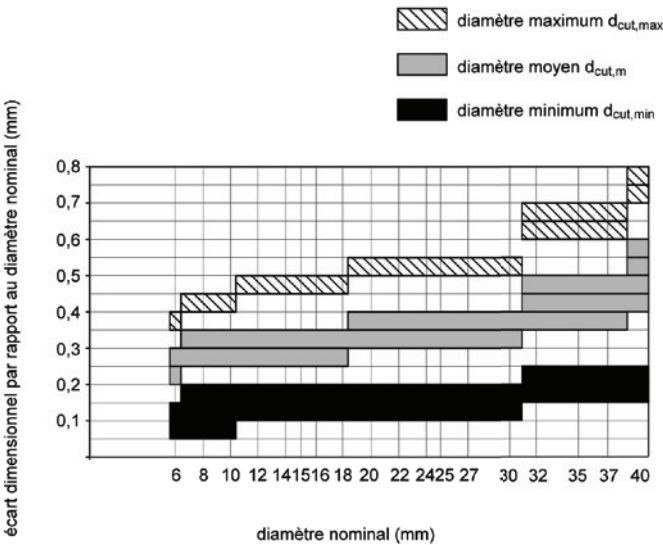
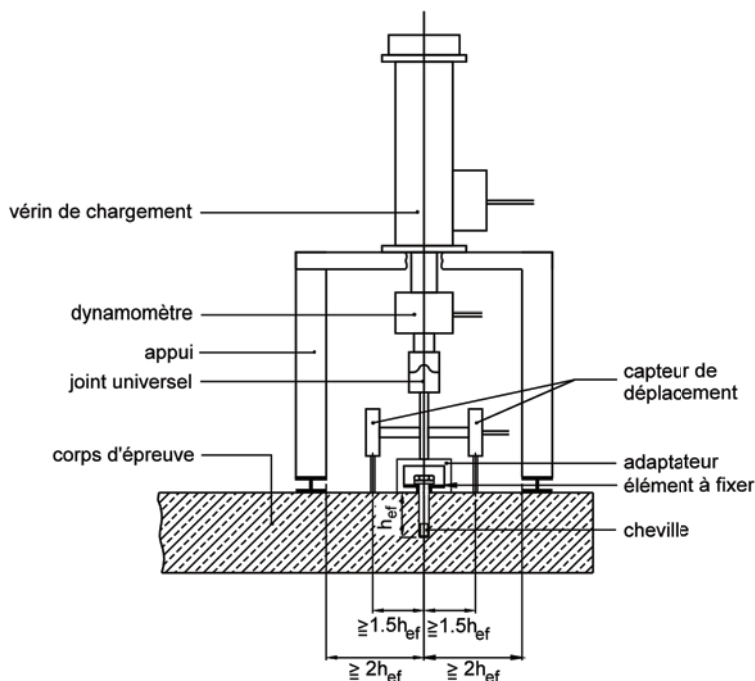


Figure A1 – Diamètre des arêtes coupantes par rapport au diamètre nominal des forets

Le diamètre du trou de passage dans la pièce de fixation doit correspondre aux valeurs données au *Tableau 11*. On trouve, en *Figure A2*, un exemple de dispositif pour essai de traction.



**Figure A2 – Dispositif d'essai**

#### Contenu du rapport d'essai sur chevilles

Les essais d'arrachement de chevilles devront faire l'objet d'un rapport d'essais contenant au minimum les informations ci-dessous.

##### • Général

- La description du type de fixation
- L'identification de la fixation (dimensions, revêtement, série de fabrication)
- Le nom et l'adresse du producteur
- Le nom et l'adresse du laboratoire ayant réalisé les essais
- Les dates des essais
- Le nom du responsable des essais
- Le type d'essai (traction, cisaillement, statique, cyclique)
- Le nombre d'essais
- Les dispositifs d'essais illustrés avec des schémas

##### • Corps d'épreuve

- La description du support maçonné et ses propriétés (dimensions et résistance à la compression)
- La date de fabrication du support
- L'orientation des alvéoles si le support en présente

##### • Installation de la fixation

- La position de l'ancrage dans le support maçonné (incluant les distances au bord)
- Les outils employés pour l'installation (perceuse, système de nettoyage, clé dynamométrique)
- Le type de foret de perçage, marque commerciale et diamètre effectif
- La procédure de perçage et de nettoyage
- La profondeur du trou
- La longueur ancrée de la fixation
- Le couple de serrage (lorsque celui-ci est applicable)

##### • Valeurs Mesurées

- La vitesse de chargement appliquée par le vérin
- Les déplacements mesurés en fonction de la charge mesurée
- Les observations spécifiques effectuées pendant l'essai
- L'effort de ruine
- Les types de ruines observées
- Les variations d'effort et de déplacements en fonction du temps lors de l'application des cycles (pour les essais cycliques).

## **Annexe B**

### **Essai de traction statique**

#### **Objet**

Ces essais visent à évaluer la performance des chevilles vis-à-vis d'une charge de traction statique et sans effet de bord.

#### **Conditions générales d'essai**

Une fois mise en place, la cheville est raccordée au dispositif d'essai et chargée jusqu'à rupture. Les déplacements de la cheville doivent être mesurés à l'aide d'un capteur de déplacement disposé sur la tête de cheville. La mesure doit être effectuée à une distance de la cheville supérieure ou égale à  $1,5h_{ef}$  ( $h_{ef}$  étant la profondeur d'ancrage).

En maçonnerie pleines si plusieurs profondeurs d'ancrage sont spécifiées, une profondeur d'ancrage de  $h_{ef} = 7d$  ( $d$  diamètre de la tige filetée) est recommandée pour les essais. En maçonnerie creuses si plusieurs profondeurs d'ancrage sont spécifiées, les essais seront réalisés sur la profondeur d'ancrage la plus faible si une seule valeur de résistance sismique est revendiquée.

Le chargement est appliqué de manière monotone (avec un pilotage en effort ou en déplacement) de manière à ce que l'effort maximal soit atteint 1 à 3 minutes pour éviter tout phénomène de fluage après le début de l'essai. L'effort et le déplacement sont enregistrés de manière continue (avec au moins 100 points de mesure). Dans le cas d'un pilotage en déplacement, l'essai est poursuivi à au moins 75 % de la charge maximale (pour mesurer la diminution de charge post-pic).

Les essais sont réalisés au minimum 15 fois.

Ces essais devront faire l'objet d'un rapport d'essai contenant les informations présentées en Annexe A.

## Annexe C

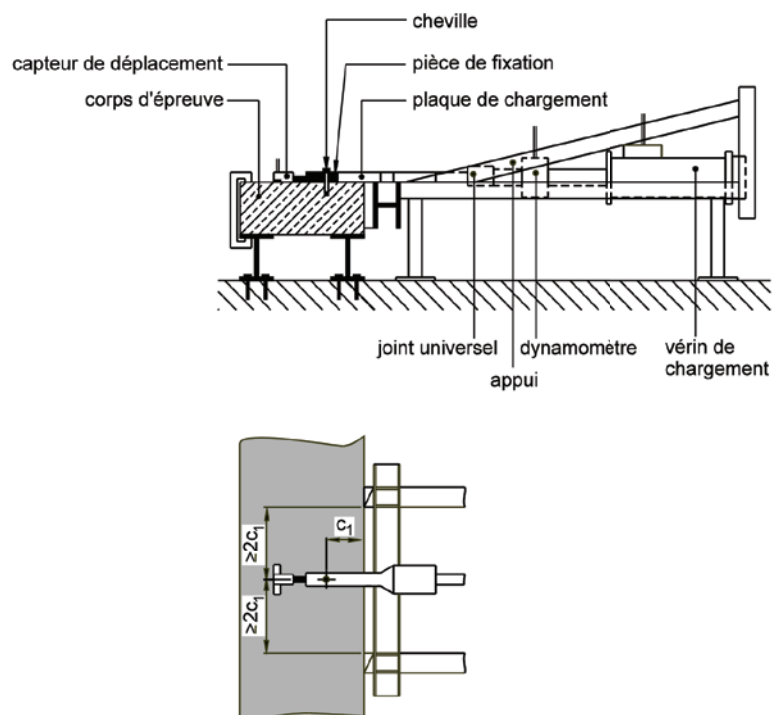
### Essai de cisaillement statique

#### Objet

Ces essais visent à évaluer la performance des chevilles vis-à-vis d'une charge de cisaillement statique et sans effet de bord.

#### Conditions générales d'essai

Une fois mise en place, la cheville est raccordée au dispositif d'essai sans jeu entre la cheville et la bague interchangeable dans la plaque de chargement ; elle est ensuite chargée jusqu'à rupture. Les déplacements de la cheville par rapport au support doivent être mesurés dans la direction de l'effort appliqué, à l'aide, par exemple, d'un capteur de déplacement implanté sur le support à l'arrière de la cheville (vue du côté de la direction de l'effort appliqué) (voir Figure C3).



**Figure C3 – Dispositif d'essai de cisaillement statique**

Les essais sont réalisés au minimum 15 fois.

Ces essais devront faire l'objet d'un rapport d'essai contenant les informations présentées en Annexe A.

## Annexe D

### Essai de traction cyclique

#### Objet

Ces essais visent à évaluer la performance des chevilles vis-à-vis d'une charge de traction simulant un effort sismique et sans effet de bord.

#### Conditions générales d'essai

Les déplacements doivent être mesurés à l'aide d'un capteur de déplacement disposé sur la tête de cheville. La mesure doit être effectuée à une distance de la cheville supérieure ou égale à  $1,5h_{ef}$ .

En maçonnerie pleines si plusieurs profondeurs d'ancrage sont spécifiées, une profondeur d'ancrage de  $h_{ef} = 7d$  ( $d$  diamètre de la tige filetée) est recommandée pour les essais. En maçonnerie creuses si plusieurs profondeurs d'ancrage sont spécifiées, les essais seront réalisés sur la profondeur d'ancrage la plus faible.

La cheville est sollicitée par des charges de traction sinusoïdales avec les niveaux et nombre de cycles spécifiés au *Tableau D1*. L'amplitude maximale  $N_{max}$  (déterminée dans l'Annexe B) des cycles est déterminée à partir de l'équation ci-dessous. Les amplitudes ( $N$ ) associées à chaque train de cycles et le nombre de cycles sont présentés dans le *Tableau D1*. La fréquence des cycles doit être comprise entre 0,1 et 2 Hz. La charge de traction minimale lors des cycles de chargement doit être légèrement supérieure à zéro afin d'éviter des problèmes de contrôle des vérins, mais ne doit pas excéder  $N_{min}$ , étant la valeur maximum entre 3 % de  $N_{eq}$  et 200 N.

$$N_{max} = 0.5 \cdot R_{t,a,statique, labo}$$

Où

$N_{max}$  est l'amplitude maximale pendant les trains de cycles.

$R_{t,a,statique, labo}$  la résistance moyenne déterminée par les essais de tractions statiques

**Tableau D1 – Protocole d'essai de traction cyclique**

$N/N_{max}$	Nombre de cycles
0,2	25
0,3	15
0,4	5
0,5	5
0,6	5
0,7	5
0,8	5
0,9	5
1	5

Les essais sont réalisés au minimum 15 fois. Si aucune ruine n'est survenue pendant les trains de cycles, la cheville est arrachée de manière résiduelle en suivant la procédure d'essai statique. Si les essais permettent d'obtenir au moins 15 valeurs de résistances lors des essais résiduels, alors la résistance cyclique ( $R_{t,a,cyclique, labo}$ ) est définie comme la moyenne.

Ces essais devront faire l'objet d'un rapport d'essai contenant les informations présentées en Annexe A.

## Annexe E

### Essai de cisaillement cyclique

#### Objet

Ces essais visent à évaluer la performance des chevilles vis-à-vis d'une charge de cisaillement simulant un effort sismique et sans effet de bord.

#### Conditions générales d'essai

Le dispositif d'essai est identique à celui présenté pour la caractérisation en cisaillement statique.

La cheville est sollicitée par des charges de traction sinusoïdales avec les niveaux et nombre de cycles spécifiés dans le *Tableau E1*. L'amplitude maximale  $V_{max}$  (déterminée dans l'Annexe C) des cycles est déterminée à partir de l'équation ci-dessous. Les amplitudes ( $V$ ) associées à chaque train de cycles et le nombre de cycles sont présentés dans le *Tableau E1*. La fréquence des cycles doit être comprise entre 0,1 et 2 Hz. La cheville est sollicitée symétriquement (lors de l'application des charges de cisaillement positives et négatives). La charge de cisaillement nulle correspond à la position initiale de la cheville.

$$V_{max} = 0.5 \cdot R_{c,a,statique, labo}$$

Où:

–  $V_{max}$  est l'amplitude maximale pendant les trains de cycles.

–  $R_{c,a,statique, labo}$  la résistance moyenne déterminée par les essais de tractions statiques.

**Tableau E1 – Protocole d'essai de cisaillement cyclique**

$V/V_{max}$	Nombre de cycles
0,2	25
0,3	15
0,4	5
0,5	5
0,6	5
0,7	5
0,8	5
0,9	5
1	5

Les essais sont réalisés au minimum 15 fois. Si aucune ruine n'est survenue pendant les trains de cycles, la cheville est arrachée en cisaillement de manière résiduelle en suivant la procédure d'essai statique. Si les essais permettent d'obtenir au moins 15 valeurs de résistances lors des essais résiduels, alors la résistance cyclique ( $R_{c,a,cyclique, labo}$ ) est définie comme la moyenne.

Ces essais devront faire l'objet d'un rapport d'essai contenant les informations présentées en Annexe A.

## Annexe F

### Essais cisaillement cyclique et de traction

#### Objet

Ces essais visent à évaluer la performance des chevilles vis-à-vis d'une charge de traction après avoir sollicité le système cheville/support en cisaillement cyclique (simulant un effort sismique et sans effet de bord).

#### Conditions générales d'essai

Une sollicitation en cisaillement cyclique est appliquée au système cheville/support conformément à l'annexe E. Si aucune ruine ne survient pendant les trains de cycles, la cheville est arrachée en traction de manière résiduelle conformément à la procédure d'essai de traction statique. Cette procédure nécessite le raccord du dispositif d'essai en traction après avoir effectué les cycles de cisaillement. Aucun effort ne doit être appliqué lors de la déconnexion de la cheville du dispositif en cisaillement et de la connexion au dispositif de traction.

Si les essais permettent d'obtenir au moins 15 valeurs de résistances lors des essais résiduels, alors la résistance cyclique ( $R_{ct,a, cyclique, labo}$ ) est définie comme la moyenne.

Ces essais devront faire l'objet d'un rapport d'essai contenant les informations présentées en Annexe A.

## Annexe G

### Essais de caractérisation de la rigidité des pattes-équerres

La rigidité élastique de la patte-équerre dans le plan parallèle au plan du bardage rapporté doit être inférieure à la rigidité maximale définie dans le *tableau 4* ci-dessous :

Les rigidités maximales en fonction de la longueur de la patte-équerre sont données dans le tableau G1 :

$$K_{\text{patte équerre}} \leq K_{\text{max}}$$

**Tableau G1 – Rigidités maximales en fonction de la longueur de la patte-équerre**

Longueur de la patte-équerre	Rigidité maximale (kN/mm)
$L \leq 100 \text{ mm}$	1,13
$100 \text{ mm} < L \leq 140 \text{ mm}$	0,45
$L > 140 \text{ mm}$	0,26

Le protocole de mesure de la rigidité de la patte-équerre est proposé ci-après.

Dans le cas contraire, si la patte-équerre présente une rigidité supérieure à celle du tableau précédent il est nécessaire d'effectuer un essai dynamique selon l'annexe H du présent document.

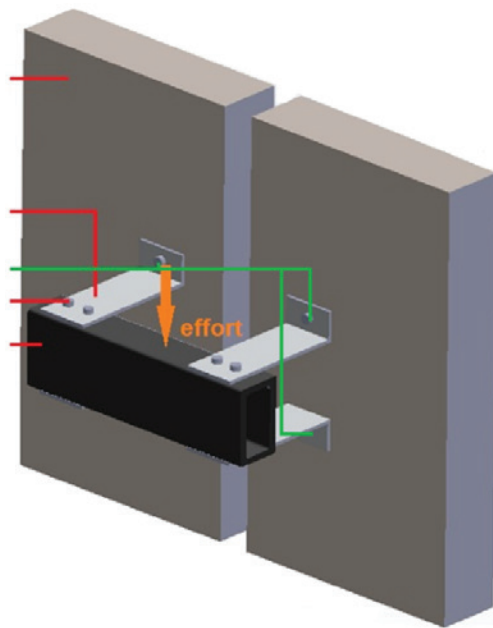
Afin de vérifier la rigidité de la patte-équerre ainsi que son comportement dissipatif, la loi de comportement de la patte-équerre dans le plan parallèle au plan du bardage (courbe force-déplacement issue de l'essai sur patte-équerre en annexe H) doit être fournie par le titulaire du procédé de bardage rapporté dans le cadre de son Avis Technique.

La rigidité des pattes-équerres est déterminée en sollicitant un système de 4 pattes-équerres. Les pattes-équerres sont sollicitées en vis-à-vis 2 par 2 et sont solidaires du support en acier et de la pièce en acier les connectant entre elles. Le support en acier et la pièce de connexion en acier doivent présenter une rigidité très élevée par rapport à celle des pattes-équerres. Afin de garantir une rigidité suffisante, la pièce en acier présente une section dont la largeur et la hauteur sont respectivement au moins égales à  $50 \times 50 \text{ mm}^2$  et une épaisseur d'acier au moins égale à 5 mm. La longueur est égale ou inférieure à 5 fois la largeur de l'équerre testée. Aucun déplacement ne doit être engendré au niveau des fixations.

Le chargement est appliqué sur la pièce de connexion (représentant un élément de bardage) par un déplacement unidirectionnel monotone croissant suffisamment lent ( $\leq 0.5 \text{ mm/s}$ ) pour ne pas engendrer d'efforts d'inertie jusqu'à la ruine du système (après la plastification des pattes-équerres).

L'effort (en N) et le déplacement (en mm) de la pièce de connexion entre les quatre pattes-équerres doivent être mesurés. La rigidité rapportée à une patte-équerre est déterminée par le rapport entre l'effort et le déplacement en partie élastique divisé par 4.

Les essais doivent être réalisés au moins 3 fois.



**Figure G1 – Dispositif de caractérisation de la rigidité des pattes-équerres**

Une identification des pattes-équerres : nom, fabricant, limite d'élasticité, allongement, épaisseur réelle, est nécessaire.

Ces essais devront faire l'objet d'un rapport d'essai contenant au minimum les informations suivantes.

- **Général**

- La description du type d'équerre
- L'identification de l'équerre (dimensions, revêtement, série de fabrication)
- Le nom et l'adresse du producteur de l'équerre
- Le nom et l'adresse du laboratoire ayant réalisé les essais
- Les dates des essais
- Le nom du responsable des essais
- Le nombre d'essais
- Les dispositifs d'essais illustrés avec des schémas

- **Corps d'épreuve**

- Les dimensions du tube en acier (section et épaisseur)
- L'écartement horizontal entre les équerres
- Les caractéristiques des vis employées pour connecter les équerres au tube en acier
- Les caractéristiques des vis pour connecter les équerres au support en acier

- **Mesures**

- L'effort et le déplacement vertical du tube mesurés en fonction du temps
- La vitesse de chargement
- Les observations particulières éventuelles

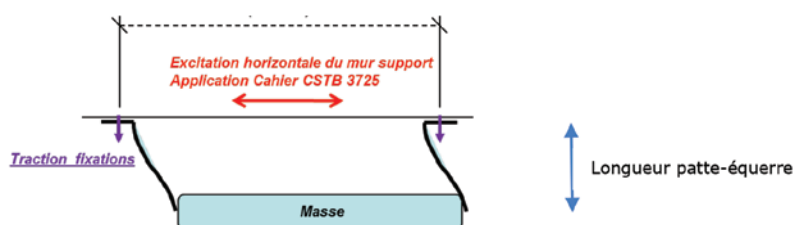
## Annexe H

### Essais dynamiques

Les essais dynamiques sur chevilles sont réalisés en sollicitant dynamiquement un corps d'épreuve représentatif d'un élément de bardage connecté aux fixations avec deux pattes-équerres en vis-à-vis (pour assurer la symétrie de l'oscillation) possédant une rigidité inférieure ou égale à celles définies au tableau 4. Chaque fixation est ancrée dans un bloc de maçonnerie différent (de même nature).

Les blocs de maçonnerie sont intégrés dans un mur sollicité dynamiquement avec le balayage conventionnel conformément au *Cahier du CSTB* n° 3725. La pièce connectant les pattes-équerres doit présenter une masse égale à celle reprise par 2 pattes-équerres dans le système de bardage considéré.

Les pattes-équerres doivent être solidaires de la masse de manière à ce qu'aucune ruine ne se produise à la connexion masse/patte-équerre. La figure ci-dessous présente un exemple de dispositif pour réaliser l'essai dynamique.



**Figure H1 – Exemple de dispositif pour réaliser l'essai dynamique.**

Le protocole d'excitation dans le plan (cf. § 8 du *Cahier du CSTB* n° 3725), constitué de 3 essais de chocs suivi du balayage conventionnel doit être utilisé. Le déplacement du bâti par rapport au sol est mesuré (non exploité dans le présent document). Des observations visuelles sur la tenue sont à effectuer entre chaque phase d'accélération. Cet essai doit mettre en évidence la ruine ou la tenue de l'élément de fixation dans le support.

En cas de ruine lors de l'essai, la configuration testée est non validée pour la phase durant laquelle la ruine est intervenue. On retient dès lors la phase précédente à la ruine.

Une identification des pattes-équerres : nom, fabricant, limite d'élasticité, allongement, épaisseur réelle, est nécessaire.

Ces essais devront faire l'objet d'un rapport d'essai contenant au minimum les informations énoncées dans la partie 6 de l'annexe 7 du *Cahier du CSTB* n° 3725 (version Janvier 2013). Toute ruine de la fixation lors des différentes phases d'excitation dynamique devra être présentée dans les observations de l'essai.



---

**SIÈGE SOCIAL**

84, AVENUE JEAN JAURÈS | CHAMPS-SUR-MARNE | 77447 MARNE-LA-VALLÉE CEDEX 2  
TÉL. (33) 01 64 68 82 82 | FAX (33) 01 60 05 70 37 | [www.cstb.fr](http://www.cstb.fr)

**CSTB**  
*le futur en construction*

---

**CENTRE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE DU BÂTIMENT** | MARNE-LA-VALLÉE | PARIS | GRENOBLE | NANTES | SOPHIA ANTIPOLIS