

Journées Techniques Ouvrages d'Art 2015



Cahier technique Cerema/AFPS
sur l'emploi des dispositifs
parasismiques pour les ponts

Denis Davi - CEREMA DTer Méditerranée

CAHIER TECHNIQUE N°30
Mai 2014



Association Française du génie ParaSismique
et

Centre d'études et d'expertises sur les risques,
l'environnement, la mobilité et l'aménagement

Recommandations sur l'emploi des dispositifs parasismiques pour les ponts



AUTEURS

Ce document a été rédigé par le groupe de travail de l'AFPS "Dispositifs parasismiques pour les ponts en zone sismique", animé par Emmanuel BOUCHON, chef de la Division des Grands Ouvrages et de l'Innovation du Sétra*, Denis DAVI (Sétra* puis CETE Méditerranée*) et Aurélie VIVIER (Sétra* puis SYSTRA).

Ont contribué à ce groupe de travail :

Darius AMIR-MAZAHERI	DAM Design
Jacques BETBEDER-MATIBET(+)	EDF-SEPTEN
Pierre BOITEL	Freyssinet Belgium
Emmanuel BOUCHON	Sétra*
Alain CAPRA	VINCI Construction
Denis DAVI	Sétra* puis CETE Méditerranée*
Van Tho DOAN (+)	SNCF
Jean-François DOUROUX	VINCI Construction puis RATP
Philippe DUFLOT	TAYLOR Devices
Patrick GERNIGON	Dumez GTM
Wolfgang JALIL	SOCOTEC
Michel KAHAN	SETEC
Alfred KRIEF	JARRET
Serge MONTENS	SYSTRA
Claude NEANT	ETIC
Christophe PEDRON	CEA
Patrice SCHMITT	Sétra* puis SNCF
Pierre SOLLOGOUB	CEA
Jean-Marc TOURTOIS	Dumez GTM
Aurélie VIVIER	Sétra* puis SYSTRA

Ce document, validé par le Comité Scientifique et Technique de l'AFPS, a été enrichi des observations et commentaires de messieurs Yves GUILLON, Serge MONTENS, Pierre-Alain NAZE et Jean-Marc VEZIN.

* Depuis le 1er janvier 2014, les 8 CETE, le Certu, le Cetmef et le Sétra ont fusionné pour donner naissance au Cerema : Centre d'études et d'expertise sur les risques, l'environnement, la mobilité et l'aménagement.

- CETE : Centre d'études techniques de l'équipement.
- Certu : Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme, et les constructions publiques.
- Cetmef : Centre d'études techniques maritimes et fluviales.
- Sétra : Service d'études sur les transports, les routes et leurs aménagements.

Objectifs :

Assister les maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, bureaux d'étude et entreprises de construction dans l'emploi de ces dispositifs particuliers sur les ponts :

- Principes généraux d'utilisation et fonctions réalisables
- Technologies disponibles
- Prise en compte dans les calculs et règles de dimensionnement
- Réception, installation, entretien...

En conformité avec la nouvelle législation et les normes parasismiques nationales et européennes :

- Décrets et Arrêtés sismiques nationaux
- Normes NF EN 1998-2, NF EN 1998-2/NA (Eurocode 8-2)
- Norme NF EN 15129 « Dispositifs antisismiques »

Sommaire du document :

- 1 Différents types de conception parasismique des ponts et domaines d'emploi
- 2 Influence du choix entre les différentes technologies de dispositifs parasismiques
- 3 Les dispositifs parasismiques et leur utilisation sur les ponts
- 4 Études et calculs sismiques
- 5 Problématiques liées à la durabilité et à l'entretien des dispositifs

Différents types de conception parasismique des ponts et domaines d'emploi

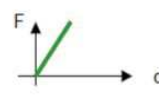



	DUCTILITE LIMITEE (ou essentiellement élastique)	DUCTILE (ductilité structurelle)	DISPOSITIFS PARASISMQUES	
			Isolateurs, AA élastomère classiques	Amortisseurs, systèmes ductiles
				
Domaines d'application privilégiés	Sismicité faible à modérée Ouvrages courants ou à fort enjeu (dessertes hôpitaux, casernes, aéroports...)	Sismicité moyenne ou forte Ouvrages non-courants à "tablier lourd" (caissons béton)	Sismicité faible à moyenne Ouvrages courants et non-courants (OA de faible portée ou "à tabliers légers" type OA mixtes)	Sismicité moyenne ou forte Ouvrages non-courants Ouvrages à fort enjeu (dessertes hôpitaux, casernes, aéroports...)
Etat après séisme "de calcul"	Ouvrage intact ou très faiblement endommagé	Ouvrage moyennement à fortement endommagé	Ouvrage intact	
Conditions de maintenance	Aucune particulière	Aucune particulière	Très variable selon technologie employée	

Tableau 2 : Les trois types de conception parasismique décrits par l'EC8-2

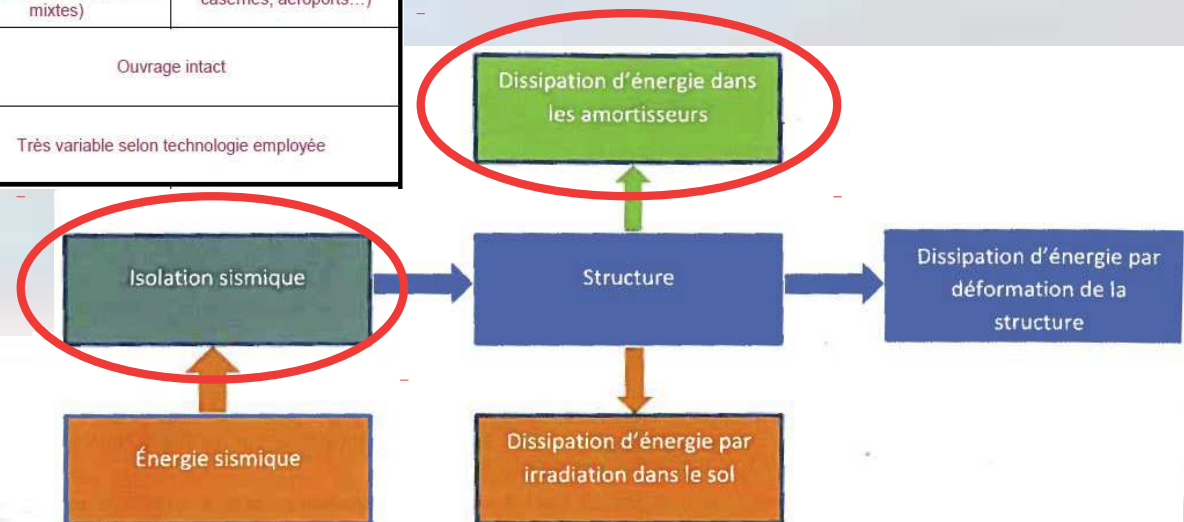


Figure 3 : Schéma énergétique global dans le cas de l'utilisation des concepts d'isolation sismique et d'amortissement

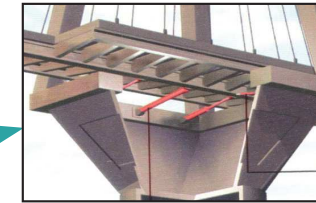
Influence du choix entre les différentes technologies de dispositifs parasismiques

Fonctions réalisables par les dispositifs parasismiques

Description du dispositif			Paragraphe applicable	Représentation graphique			Notes
				Vue en plan	Vue en élévation		
Dispositifs de liaison rigide (RGRD)	Dispositifs de liaison permanente (PGRD)	Fixes	5.1				Ce type de dispositifs correspond au type 8.1 (appareils d'appui bloqués) du tableau 1 de la norme EN 1337-1:2000 (*)
		Mobiles	5.1				Ce type de dispositif correspond au type 8.2 (appareils d'appui guidés) du tableau 1 de la norme EN 1337-1:2000 (*)
	Butées fusibles	Butées fusibles mécaniques (MFR)	5.2			-	
		Butées fusibles hydrauliques (HFR)	5.2			-	
	Dispositifs de liaison temporaire (TCD)		5.3			-	Ce type de dispositif est en général appelé Unité de Transmission de Chocs (STU)
Dispositifs dépendant du déplacement (DDD)	Dispositifs linéaires (LD)		6.1			-	
	Dispositifs non linéaires (NLD)		6.2			-	
Dispositifs dépendant de la vitesse (VDD)	Amortisseurs à fluide visqueux (FVD)		7.1			-	Cette représentation graphique s'applique également aux amortisseurs à deux arbres
	Amortisseurs à ressort fluide (FSD)		7.1			-	
Isolateurs sismiques	En élastomère		8.2				Les isolateurs sont représentés dans leur position déformée afin de souligner leur souplesse latérale
	Appareil d'appui en élastomère et noyau de plomb		8.2				
	Éléments de glissement à surface courbe		8.3				Ces symboles s'appliquent à la fois aux éléments à simple surface et double surface courbe
	Éléments de glissement à surface plane		8.4				Ces symboles s'appliquent au type 2.3 (appareils d'appui glissant à pot) et au type 3.5 (appareils d'appui sphériques glissant) du tableau 1 de la norme EN 1337-1:2000 (■)
Note 1 (*)	Ce type de dispositif correspond au type F.0 (appareil d'appui bloqué) du tableau 1 de la norme EN 1337-1 révisée.						
Note 2 (**)	Ce type de dispositif correspond au type G.1 (appareil d'appui bloqué) du tableau 1 de la norme EN 1337-1 révisée.						
Note 3 (■)	Ce type de dispositif correspond au type P.2 et S.2, respectivement, du tableau 1 de la norme EN 1337-1 révisée.						



Appareils d'appui à pot classiques



Fusibles installés sur le pont de Rion-Antirion (Grèce)



Connecteurs dynamiques prévus sur la ligne TGV Perpignan-Figueras



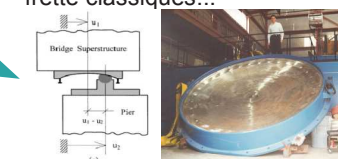
Amortisseurs élasto-plastiques équipant le pont Vasco de Gama (Portugal)



Appareils d'appui en élastomère fretté classiques...



... ou à noyau de plomb (Japon)



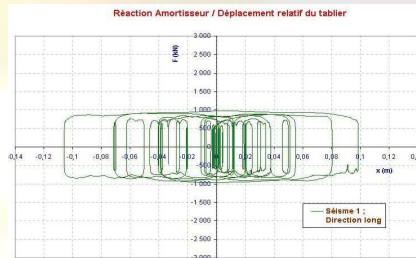
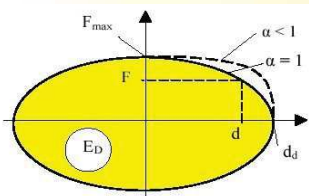
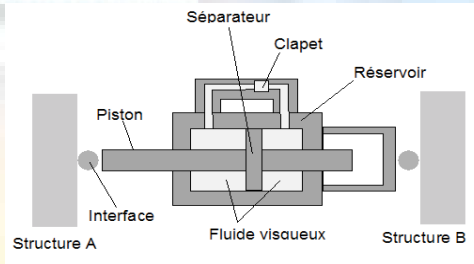
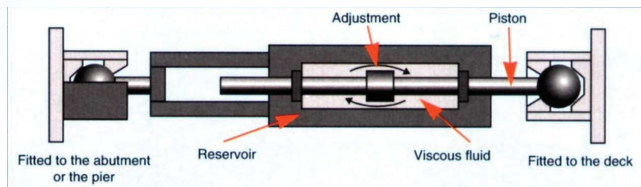
Dispositifs frottants pendulaires (Californie)

Tableau 1 : Types de dispositifs parasismiques les plus courants (extrait de la norme NF EN 15129 – tab. 1)

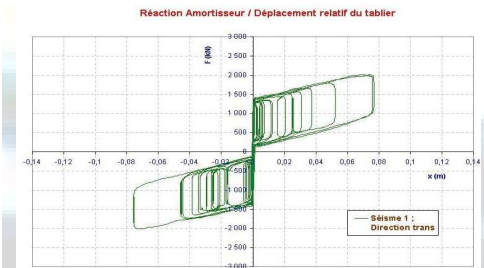
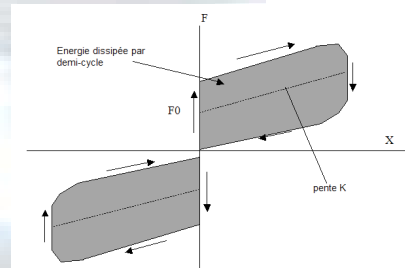
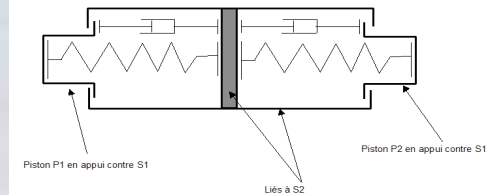
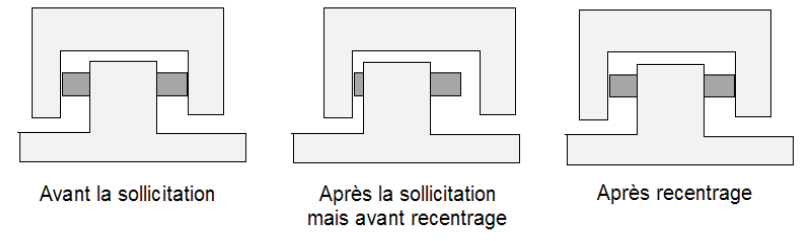
Les dispositifs parasismiques et leur utilisation sur les ponts

Technologies et modèles associés

Amortisseurs visqueux



Ressorts amortisseurs précontraints (RAP)



Les dispositifs parasismiques et leur utilisation sur les ponts

Règles de bonne conception/installation



Photos 14-15 : Ferrailage de diffusion des efforts locaux au niveau des ancrages



Photo 19 : Exemples de dispositifs intégrés dans les appareils d'appui

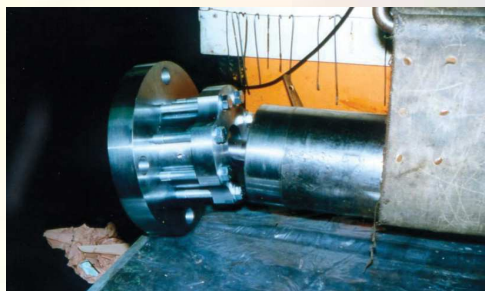


Photo 17: Extrémité de dispositif permettant les rotations dans les plans horizontal et vertical



Photo 25 : Disposition « en biais » permettant d'amortir simultanément dans les deux directions

Les dispositifs parasismiques et leur utilisation sur les ponts

Dimensions « catalogues »

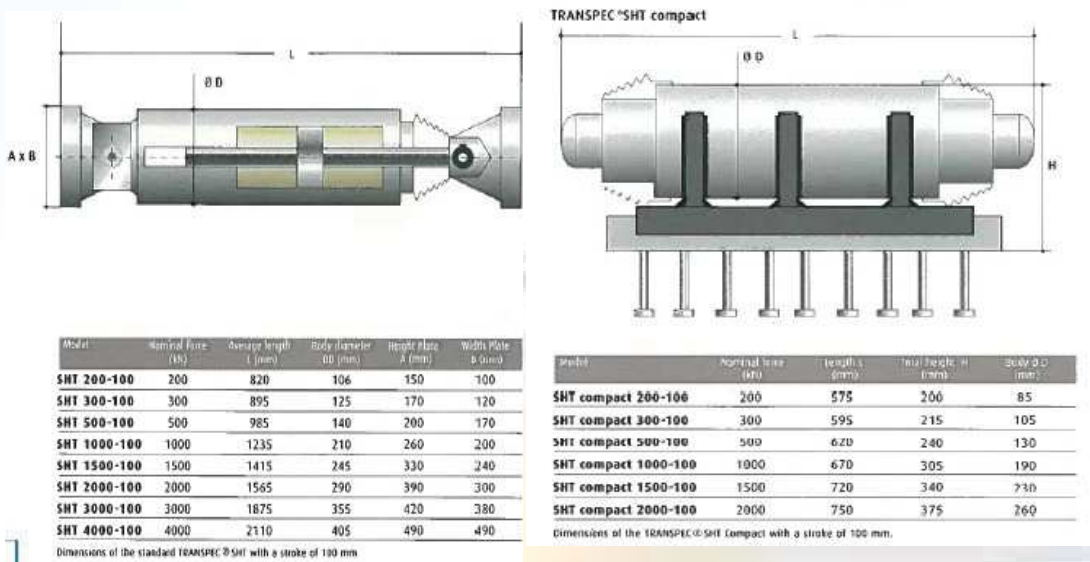


Tableau 10 : Exemple de dimensions et caractéristiques de connecteurs dynamiques (source : Freyssinet, France)

DIMENSIONI - DIMENSIONS [mm]

PND - DISPOSITIVI FISSI - FIXED DEVICES

Signature - Mark	Fy	Fy	A	Bx	By	Z	Z	H
PND 3000 / 150 / 150 -	150	225	440	440	820	1158	1180	174
PND 4000 / 150 / 150 -	200	300	510	510	860	1167	1270	180
PND 5000 / 150 / 150 -	280	375	570	570	880	1603	1280	185
PND 6000 / 150 / 150 -	300	450	620	620	910	1270	1340	185
PND 7000 / 150 / 150 -	360	525	670	670	970	1271	1460	210
PND 8000 / 150 / 150 -	400	600	720	720	990	1327	1395	210
PND 9000 / 150 / 150 -	450	675	760	760	1010	1340	1435	210
PND 10000 / 150 / 150 -	500	750	800	800	1060	1402	1490	222
PND 12000 / 150 / 150 -	600	900	880	880	1160	1395	1595	229
PND 15000 / 150 / 150 -	750	1125	980	980	1210	1480	1602	246
PND 18000 / 150 / 150 -	900	1350	1080	1080	1310	1493	1667	256
PND 20000 / 150 / 150 -	1000	1500	1130	1130	1330	1560	1661	260

PNUD - DISPOSITIVI MOBILI - SLIDING DEVICES

Signature - Mark	Fy	Fy	A	Bx	By	Z	Z	H
PNUD 3000 / 150 / 150 -	150	225	440	440	1130	1122	1205	174
PNUD 4000 / 150 / 150 -	200	300	510	510	1130	1148	1253	180
PNUD 5000 / 150 / 150 -	280	375	570	570	1140	1200	1260	185
PNUD 6000 / 150 / 150 -	300	450	620	620	1150	1253	1323	185
PNUD 7000 / 150 / 150 -	360	525	670	670	1160	1266	1455	210
PNUD 8000 / 150 / 150 -	400	600	720	720	1195	1314	1380	210
PNUD 9000 / 150 / 150 -	450	675	760	760	1205	1323	1435	210
PNUD 10000 / 150 / 150 -	500	750	800	800	1240	1422	1490	222
PNUD 12000 / 150 / 150 -	600	900	880	880	1280	1380	1693	229
PNUD 15000 / 150 / 150 -	750	1125	980	980	1310	1490	1692	246
PNUD 18000 / 150 / 150 -	900	1350	1080	1080	1340	1493	1667	256
PNUD 20000 / 150 / 150 -	1000	1500	1130	1130	1360	1560	1661	260

■ BASSA SISMICITA' - LOW SEISMICITY ■ ALTA SISMICITA' - HIGH SEISMICITY

SIGNIFICATO DELLE SIGLATURE - KEY OF MARKS

es.: PNUD 20000 / 150 / 150 - 1500 (+75)

20000 = Carico verticale [kN] - Vertical Load [kN]
 150/150 = Movimento elastoplastico longitudinale / trasversale [mm]
 Hysteretic longitudinal / transversal displacement [mm]
 1500 = Forza di svernamento longit. / trasv. [kN] - Fy nel diagramma carico-spostamento
 Yield longit. / trasv. force [kN] - Fy in the typical load-deflection plot
 +75 = Escursione termica [mm] - Thermal displacement [mm]

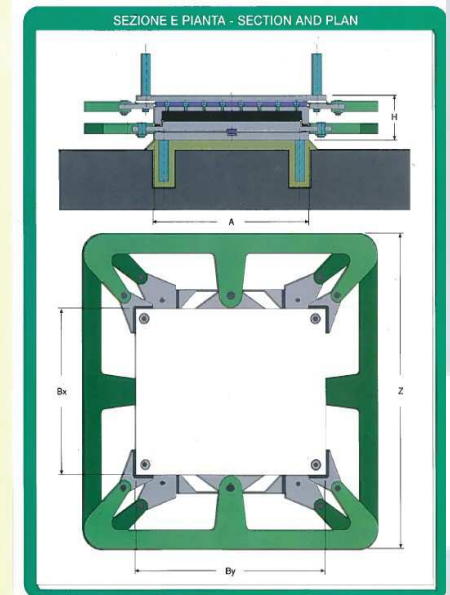
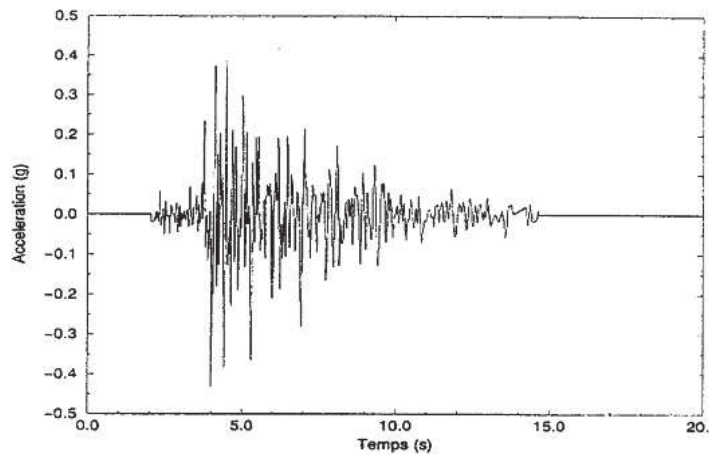


Tableau 13 : Exemple de dimensions et caractéristiques d'appareils d'appui à pot équipés d'éléments élastoplastiques (source : Alga, Italie)

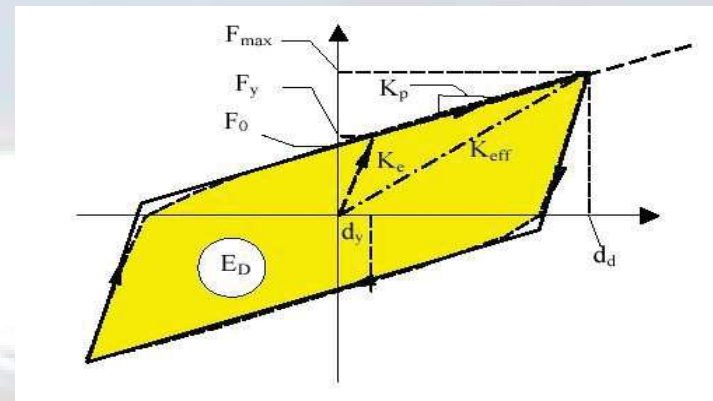
Études et calcul sismiques

Nécessite un calcul dynamique temporel non-linéaire (le plus souvent)



- accélérogrammes naturels (à privilégier) ou synthétiques
- nombre suffisant de signaux représentatif :
 - 3 → enveloppe
 - 7 → moyenne

- Analyse modale possible en première approche à partir de caractéristiques linéaires équivalentes...



Problématiques liées à la durabilité et à l'entretien des dispositifs

Essais de qualification selon la norme NF EN 15129

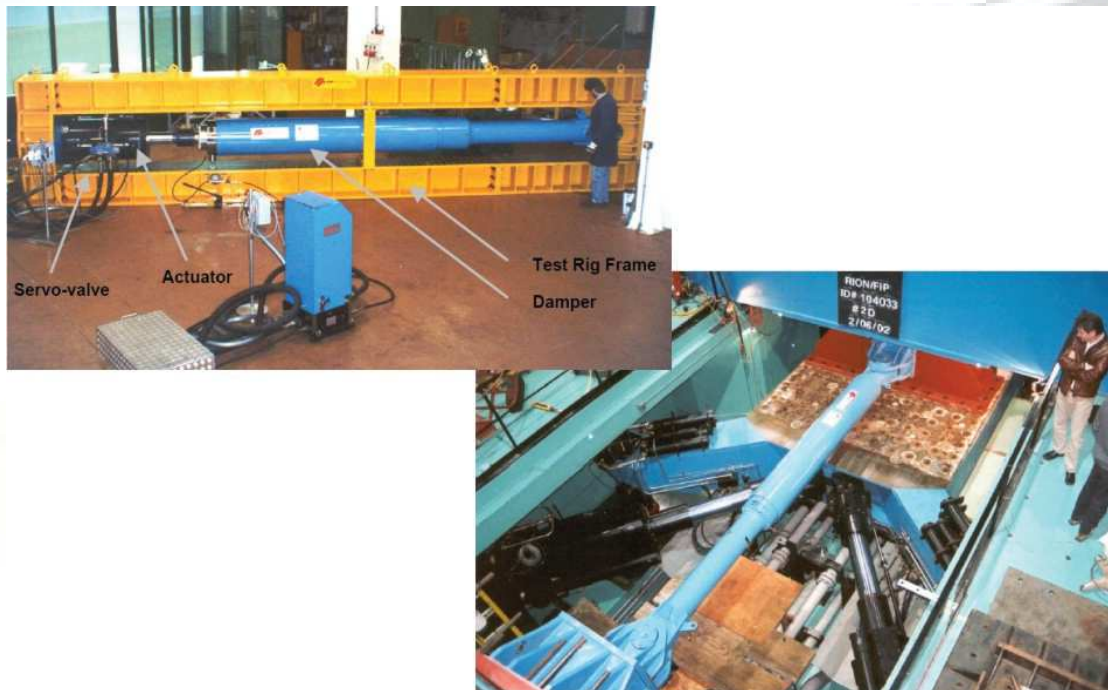


Photo 28 : Essais de qualification des amortisseurs du pont de Rion-Antirion réalisés dans les laboratoires de l'Université de Californie, San Diego (UCSD)

<small>Intranormes pour client NOEMIE le 16/02/2010 à 10:48 NF T47-700, NF EN 15129 : 2010-01</small>		<small>ISSN 0335-3931</small>
<small>FA137058</small>	norme européenne	NF EN 15129
	norme française	Janvier 2010
		<small>Indice de classement : T 47-700</small>
		<small>ICS : 91.120.25</small>
Dispositifs antisismiques		
<small>E : Anti-seismic devices D : Erdbebenvorrichtungen</small>		
Norme française homologuée		
<small>par décision du Directeur Général d'AFNOR le 23 décembre 2009 pour prendre effet le 23 janvier 2010.</small>		
Correspondance <small>La Norme européenne EN 15129:2009 a le statut d'une norme française.</small>		
Analyse <small>Le présent document couvre la conception de dispositifs qui sont installés dans des structures dans le but de modifier leur réponse à l'action sismique. Le présent document spécifie les exigences fonctionnelles et les règles générales de conception en situation sismique, les caractéristiques des matériaux, les exigences de fabrication et d'essai ainsi que les exigences de l'évaluation de la conformité, d'installation et de maintenance.</small>		
Descripteurs <small>Thésaurus International Technique : structure, génie civil, construction résistant au séisme, dispositif de protection, conception antisismique, isolation, amortissement, déplacement, vitesse, définition, liste, exigence, règle de calcul, fiabilité, caractéristique de fonctionnement, propriété mécanique, matériau, élastomère, vérification, essai, essai de conformité, installation.</small>		
Modifications		
Corrections		
<small>Édité et diffusée par l'Association Française de Normalisation (AFNOR) — 11, rue Francis de Pressensac — 92571 La Plaine Saint-Denis Cedex Tel. : + 33 (0)1 41 62 80 00 — Fax : + 33 (0)1 48 17 90 00 — www.afnor.org</small>		
<small>© AFNOR 2010 — Tous droits réservés</small>	<small>© AFNOR 2010</small>	<small>1^{er} tirage 2010-01-F</small>

Problématiques liées à la durabilité et à l'entretien des dispositifs

Essais de qualification selon la norme NF EN 15129

- Exigences de la norme
- Essais de type (ITT)
- Essais de contrôle de la production en usine (FPC)

Documents d'étude à produire par l'entreprise ou le fournisseur

Recommandations pour inspections/entretien

Merci de votre attention



Denis DAVI

Cerema / Direction territoriale Méditerranée

PCI « Vulnérabilité des ouvrages de Génie Civil
aux aléas sismiques et hydrauliques »

04 42 24 76 81 ou 04 72 14 32 25

denis.davi@cerema.fr

<http://www.afps-seisme.org/index.php/fre/Publications/Cahiers-techniques>