

RENFORCEMENT PARASISMIQUE DES MAISONS INDIVIDUELLES ET DES BÂTIMENTS STRATÉGIQUES

27 septembre 2022

Journées Techniques Risques et Territoires

Comment réduire les impacts des risques naturels sur le bâti et les aménagements ?



SPÉCIFICITÉS DU RISQUE SISMIQUE

Difficulté de prédiction d'un séisme

?

- Séismes précurseurs
- Comportement des animaux
- Concentration en radon
- ...

SPÉCIFICITÉS DU RISQUE SISMIQUE

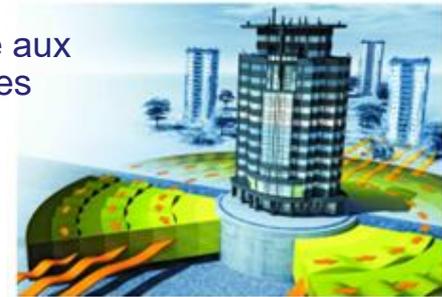
Difficulté de prédiction d'un séisme

?

- Séismes précurseurs
- Comportement des animaux
- Concentration en radon
- ...

Peu de stratégie de diminution de l'intensité du phénomène

Cape d'invisibilité aux ondes sismiques



SPÉCIFICITÉS DU RISQUE SISMIQUE

Difficulté de prédiction d'un séisme

?

- Séismes précurseurs
- Comportement des animaux
- Concentration en radon
- ...

Peu de stratégie de diminution de l'intensité du phénomène

Capacité d'invisibilité aux ondes sismiques



Isolation parasismique

SPÉCIFICITÉS DU RISQUE SISMIQUE

Difficulté de prédiction d'un séisme

?

- Séismes précurseurs
- Comportement des animaux
- Concentration en radon
- ...

Peu de stratégie de diminution de l'intensité du phénomène

Cape d'invisibilité aux ondes sismiques



Isolation parasismique

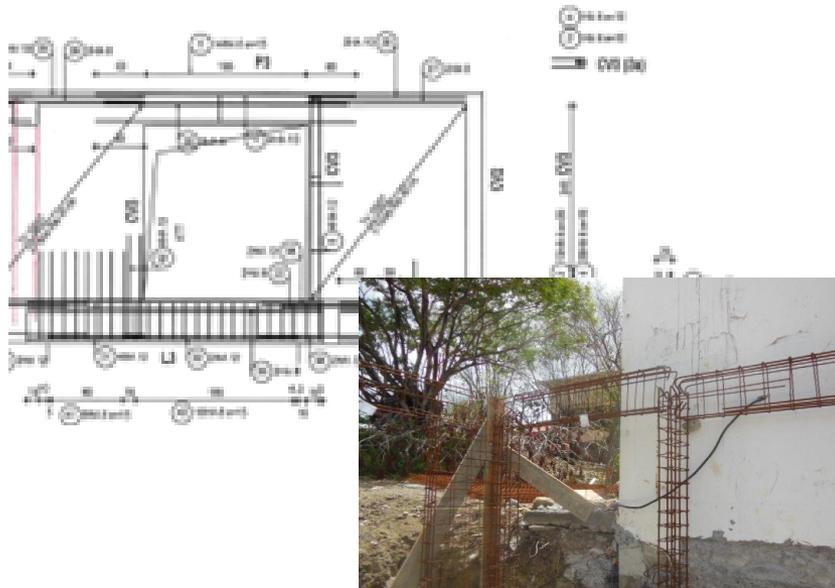
Un seul levier d'action
Réduction de la vulnérabilité des structures

SPÉCIFICITÉS DU RISQUE SISMIQUE

Constructions
neuves

Un seul levier d'action
Réduction de la vulnérabilité des structures

Bâti existant



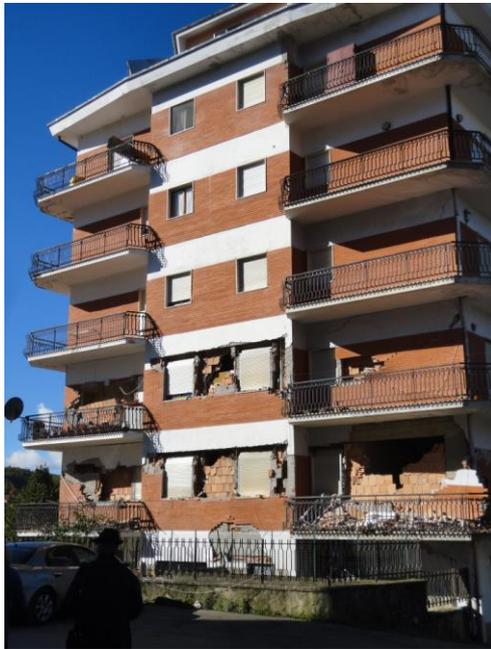
SPÉCIFICITÉS DU RISQUE SISMIQUE

Constructions
neuves

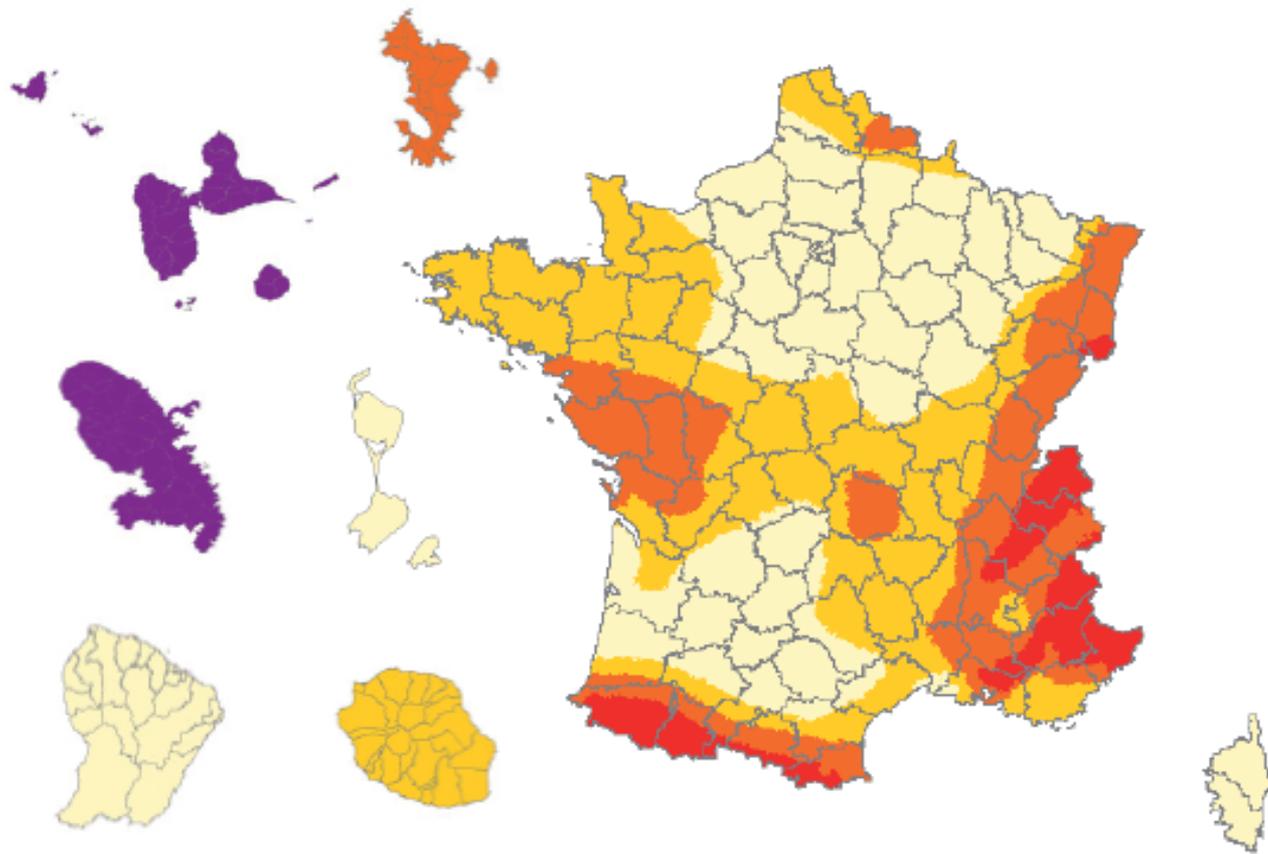
Un seul levier d'action
Réduction de la vulnérabilité des structures

Bâti existant

42% des logements construits avant
1968 en France

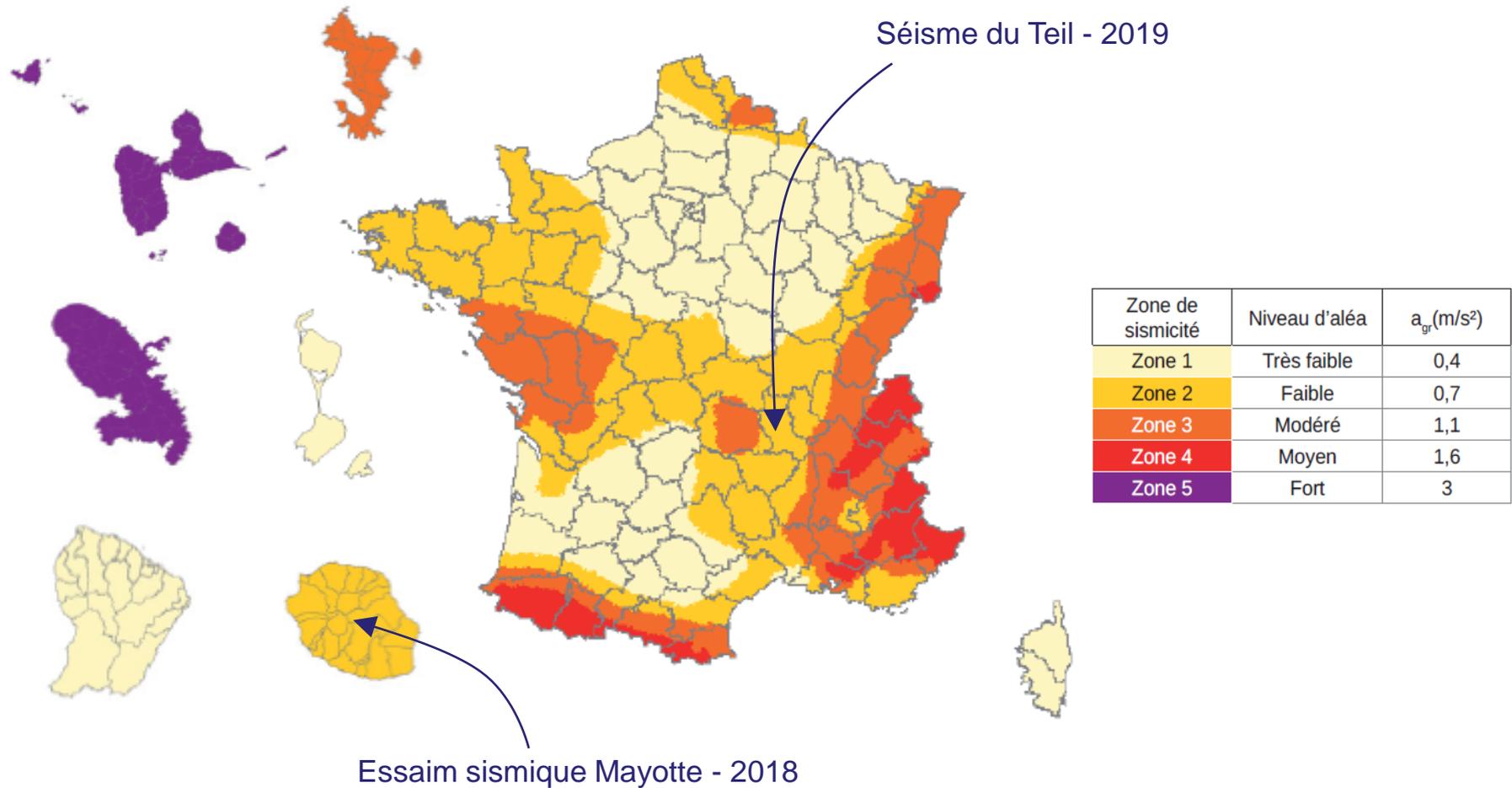


OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES – BÂTI EXISTANT



Zone de sismicité	Niveau d'aléa	a_g (m/s ²)
Zone 1	Très faible	0,4
Zone 2	Faible	0,7
Zone 3	Modéré	1,1
Zone 4	Moyen	1,6
Zone 5	Fort	3

OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES – BÂTI EXISTANT



OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES – BÂTI EXISTANT

Arrêté du 22 octobre 2010 (modifié 1^{er} août 2022)

Principe de base

L'objectif minimal de la réglementation sur le bâti existant est la non-aggravation de la vulnérabilité du bâtiment.

OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES – BÂTI EXISTANT

Arrêté du 22 octobre 2010 (modifié 1^{er} août 2022)

Principe de base

L'objectif minimal de la réglementation sur le bâti existant est la non-aggravation de la vulnérabilité du bâtiment.

Je réalise des **travaux lourds** sur mon bâtiment

Sous certaines conditions de travaux, la structure modifiée est dimensionnée avec les mêmes règles de construction que le bâti neuf, mais en modulant l'action sismique de référence.

OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES – BÂTI EXISTANT

Arrêté du 22 octobre 2010 (modifié 1^{er} août 2022)

Principe de base

L'objectif minimal de la réglementation sur le bâti existant est la non-aggravation de la vulnérabilité du bâtiment.

Je réalise des **travaux lourds** sur mon bâtiment

Sous certaines conditions de travaux, la structure modifiée est dimensionnée avec les mêmes règles de construction que le bâti neuf, mais en modulant l'action sismique de référence.

Je crée une **extension** avec joint de fractionnement

L'extension désolidarisée par un joint de fractionnement doit être dimensionnée comme un bâtiment neuf.

OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES – BÂTI EXISTANT

Arrêté du 22 octobre 2010 (modifié 1^{er} août 2022)

Principe de base

L'objectif minimal de la réglementation sur le bâti existant est la non-aggravation de la vulnérabilité du bâtiment.

Je réalise des **travaux lourds** sur mon bâtiment

Sous certaines conditions de travaux, la structure modifiée est dimensionnée avec les mêmes règles de construction que le bâti neuf, mais en modulant l'action sismique de référence.

Je crée une **extension** avec joint de fractionnement

L'extension désolidarisée par un joint de fractionnement doit être dimensionnée comme un bâtiment neuf.

Renforcement volontaire !

OBLIGATIONS RÉGLEMENTAIRES – BÂTI EXISTANT

Arrêté du 22 octobre 2010 (modifié 1^{er} août 2022)

Principe de base

L'objectif minimal de la réglementation sur le bâti existant est la non-aggravation de la vulnérabilité du bâtiment.

Je réalise des **travaux lourds** sur mon bâtiment

Sous certaines conditions de travaux, la structure modifiée est dimensionnée avec les mêmes règles de construction que le bâti neuf, mais en modulant l'action sismique de référence.

Je crée une **extension** avec joint de fractionnement

L'extension désolidarisée par un joint de fractionnement doit être dimensionnée comme un bâtiment neuf.

Renforcement volontaire !

Plan de prévention du risque sismique (PPRS)

STRATÉGIES DE RENFORCEMENT – DÉFINITION DES OBJECTIFS ET DES MOYENS D'ETUDES



Sécurité des
personnes

Protection de la vie humaine vis-à-vis des
éléments structuraux, non structuraux et
des équipements

STRATÉGIES DE RENFORCEMENT – DÉFINITION DES OBJECTIFS ET DES MOYENS D'ETUDES



Sécurité des personnes

Protection de la vie humaine vis-à-vis des éléments structuraux, non structuraux et des équipements



Limitation des pertes économiques

Limitation des dommages (intégrité des éléments non structuraux)

STRATÉGIES DE RENFORCEMENT – DÉFINITION DES OBJECTIFS ET DES MOYENS D'ETUDES



Sécurité des personnes

Protection de la vie humaine vis-à-vis des éléments structuraux, non structuraux et des équipements



Limitation des pertes économiques

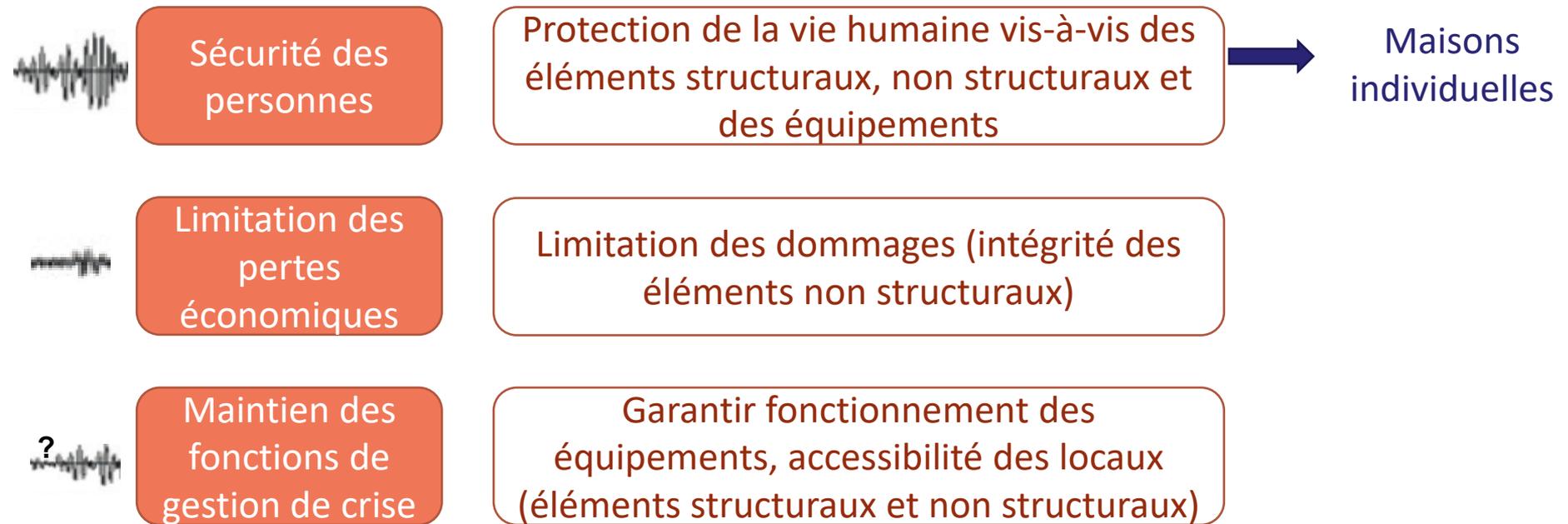
Limitation des dommages (intégrité des éléments non structuraux)



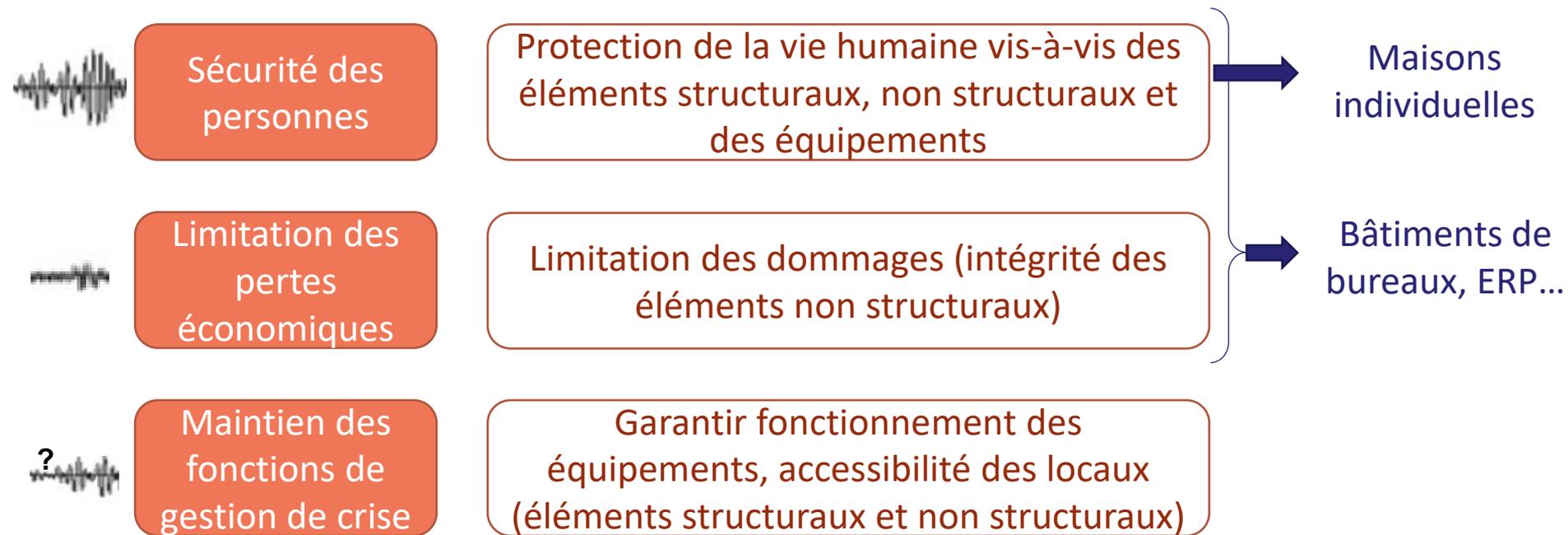
Maintien des fonctions de gestion de crise

Garantir fonctionnement des équipements, accessibilité des locaux (éléments structuraux et non structuraux)

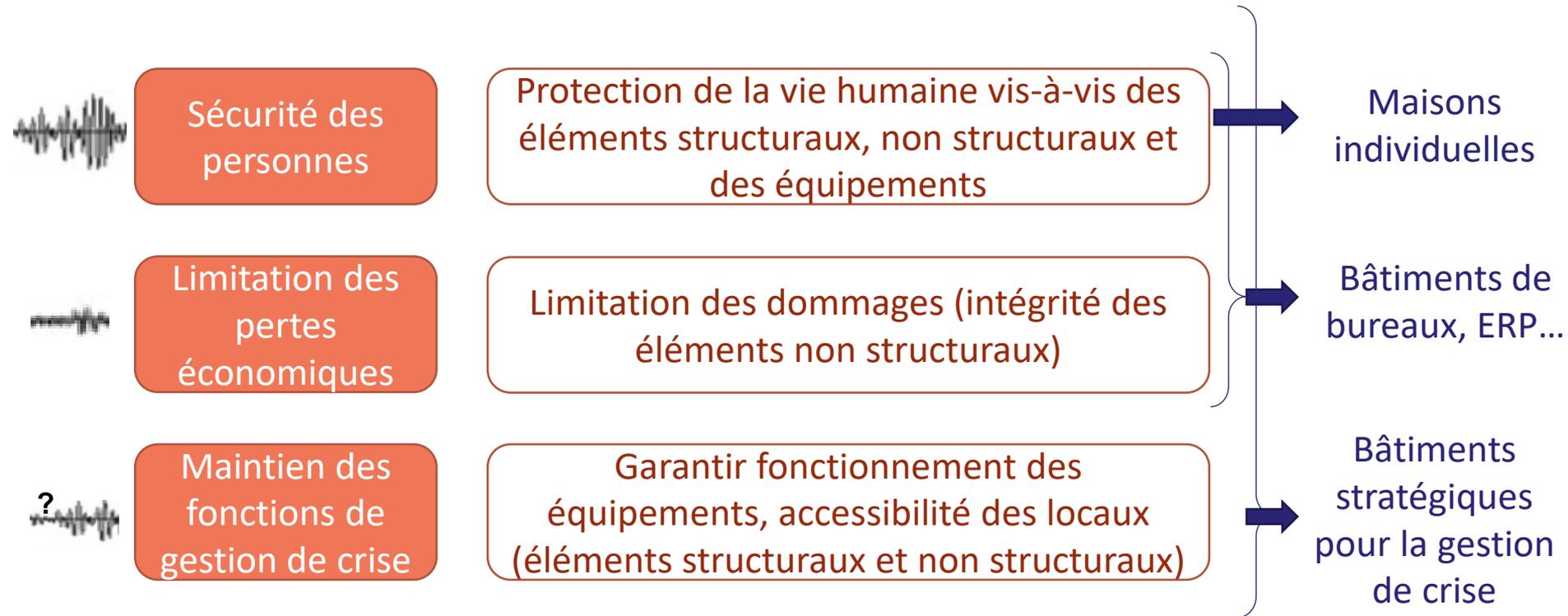
STRATÉGIES DE RENFORCEMENT – DÉFINITION DES OBJECTIFS ET DES MOYENS D'ETUDES



STRATÉGIES DE RENFORCEMENT – DÉFINITION DES OBJECTIFS ET DES MOYENS D'ETUDES



STRATÉGIES DE RENFORCEMENT – DÉFINITION DES OBJECTIFS ET DES MOYENS D'ETUDES



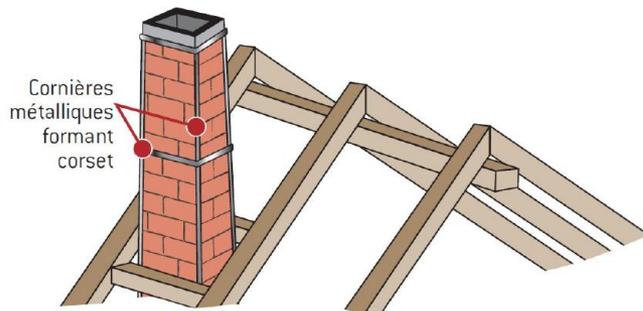
STRATÉGIES DE RENFORCEMENT – DÉFINITION DES OBJECTIFS ET DES MOYENS D'ETUDES



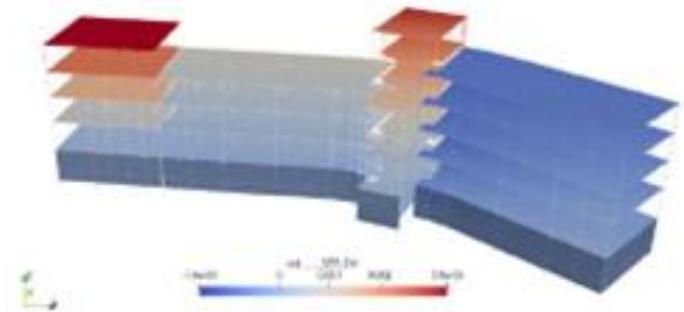
Sécurité des personnes

Protection de la vie humaine vis-à-vis des éléments structuraux, non structuraux et des équipements

Maisons individuelles



Bâtiments stratégiques pour la gestion de crise



MAISONS INDIVIDUELLES

Quels freins au
renforcement parasismique
de maisons individuelles ?

- Connaissance du risque et de la vulnérabilité du bâti par les propriétaires
- Maîtrise des principes de renforcement parasismique par les acteurs de la construction
- Moyens financiers disponibles pour les propriétaires

MAISONS INDIVIDUELLES

Quels freins au renforcement parasismique de maisons individuelles ?

- Connaissance du risque et de la vulnérabilité du bâti par les propriétaires
- Maîtrise des principes de renforcement parasismique par les acteurs de la construction
- Moyens financiers disponibles pour les propriétaires



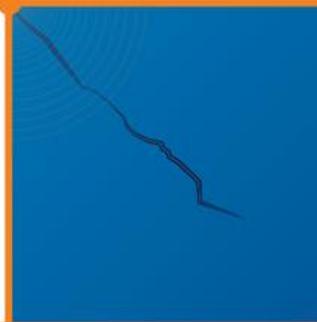
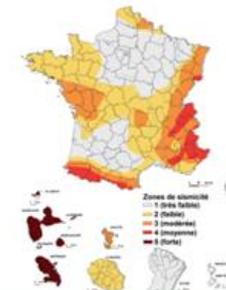
RÉDUCTION DE LA VULNÉRABILITÉ SISMIQUE POUR LES MAISONS INDIVIDUELLES EN ZONE 4

Partie I – Guide à l'attention des propriétaires

CAHIER TECHNIQUE N°46 - Mai 2021



MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE



RÉDUCTION DE LA VULNÉRABILITÉ SISMIQUE POUR LES MAISONS INDIVIDUELLES EN ZONE 4

Partie II – Recueil de solutions techniques à l'attention des professionnels

CAHIER TECHNIQUE N°47 - Mai 2021



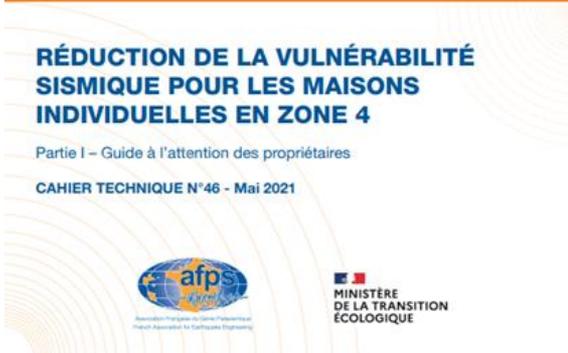
MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

MAISONS INDIVIDUELLES



Guide pour les propriétaires de maisons individuelles

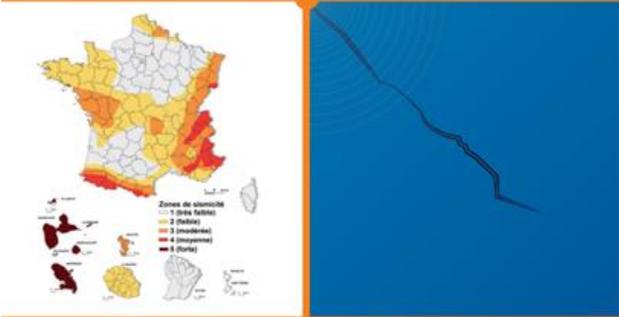
- Savoir qui contacter, connaître les aides possibles
- FAQ des questions les plus courantes
- Appréhender la vulnérabilité de sa maison selon la typologie et les renforcements types à prévoir



MAISONS INDIVIDUELLES

Guide pour les professionnels de la construction

- Rôle du professionnel
- Fiches techniques de mise en oeuvre



RÉDUCTION DE LA VULNÉRABILITÉ SISMIQUE POUR LES MAISONS INDIVIDUELLES EN ZONE 4

Partie II – Recueil de solutions techniques à l'attention des professionnels

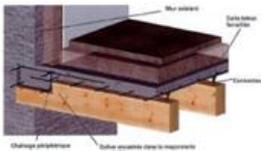
CAHIER TECHNIQUE N°47 - Mai 2021



MAISONS INDIVIDUELLES

Guide pour les professionnels de la construction

- Rôle du professionnel
- Fiches techniques de mise en oeuvre



Mise en œuvre

- Suppression de la chape et du carrelage existants, suppression éventuelle du planchage (s'il ne peut être récupéré comme coffrage).
- Mise en œuvre des coffrages (si non récupération des planchages existants) et des connecteurs.
- Mise en œuvre du ferrailage de la dalle et des connexions aux murs.
- Etalement éventuel des poutres.
- Coulage de béton.



Démolition terminée - vue sur poutres



Coffrage - ferrailage - connecteurs



Coulage dalle béton

Pour en savoir plus

• Mise en œuvre et isolation des planchers mixtes bois-béton – Rénovation • - Recommandations professionnelles – Mars 2015 – Règles de l'Art Grenelle Environnement 2012.

Fiche n°7

Ajouter des tirants

Domaine d'application

Les tirants sont utilisés en France depuis longtemps tant dans le bâtiment que pour les ouvrages historiques, en dehors du risque sismique. En Italie, ils sont couramment employés comme solution de renforcement parasismique pour les ouvrages anciens. L'ajout de tirant est utilisé pour renforcer les maisons en maçonnerie de pierre, et en maçonnerie de blocs non chaînés. Le tirant apporte une capacité à résister aux efforts de traction, et évite la désolidarisation des éléments de construction.

Objectif global: Prévenir l'effondrement des murs en maçonnerie non armée

Objectif technique: Renforcer les liaisons entre murs et avec le plancher pour éviter leur décrochement. Conférer de la résistance en traction en tête de mur.

Limites / Contre - indications: Pour assurer son rôle, le tirant doit être tendu. Les déformations associées dans les murs en maçonnerie sont de nature à provoquer des fissures, avec des ouvertures potentiellement significatives.

Mesure affectant la structure du bâtiment et nécessitant à ce titre un avis professionnel



Renfort dans les deux direction, France



Renfort à différents niveaux, Italie

RÉDUCTION DE LA VULNÉRABILITÉ SISMIQUE POUR LES MAISONS INDIVIDUELLES EN ZONE 4

Partie II – Recueil de solutions techniques à l'attention des professionnels

CAHIER TECHNIQUE N°47 - Mai 2021



MINISTÈRE DE LA TRANSITION ÉCOLOGIQUE

BÂTIMENTS STRATÉGIQUES

Priorisation des interventions sur un patrimoine immobilier

Diagnostics sommaires de vulnérabilité

Diagnostics réalisés à partir d'une visite in situ et d'un travail d'analyse fortement dépendant de l'expertise du prestataire

Objectifs

- Evaluer la vulnérabilité initiale du bâtiment existant
- Estimer une fourchette du coût de renforcement et le niveau de renforcement qui pourrait être atteint

Ne donne pas une évaluation fiable pour un bâtiment mais permet une hiérarchisation des priorités et d'estimer une vulnérabilité globale d'un parc bâtiminaire ainsi que l'enveloppe budgétaire associée.

BÂTIMENTS STRATÉGIQUES

REX d'études de faisabilité de renforcements parasismiques

Exemples d'AMO menées par le Cerema Méditerranée

Tour Jean Moulin à Nice
[Département des Alpes
Maritimes]



Tours de contrôle Cannes-
Mandelieu et Nice
[DGAC]



Préfecture de la Martinique
[Préfecture - DEAL Martinique]



Établissements scolaires à
Mayotte [Vice rectorat]



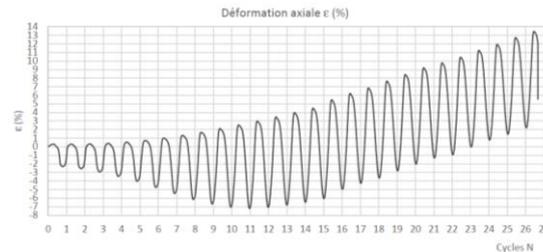
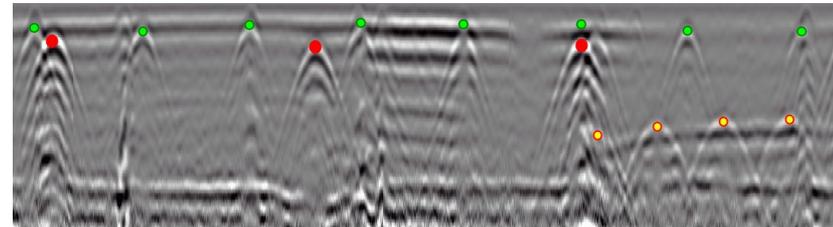
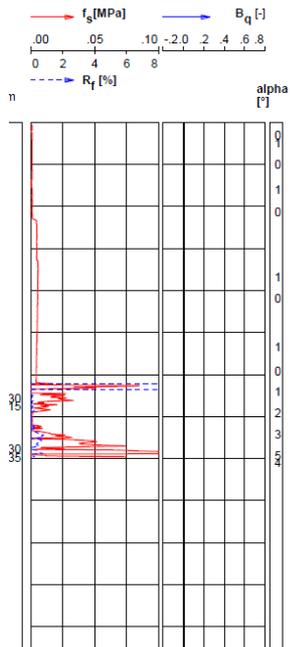
BÂTIMENTS STRATÉGIQUES

Phase 1 : amélioration de la connaissance de la structure

Analyse des données disponibles

Investigations in situ

- Analyse des données disponibles
- Production du cahier des charges des investigation par le bureau d'études en charge du diagnostic sismique
- Réalisation des investigations complémentaires nécessaires
 - Études géotechniques – liquéfaction
 - Dispositions constructives, résistance des matériaux



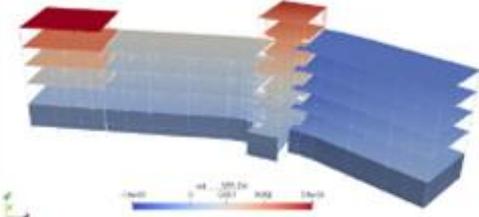
BÂTIMENTS STRATÉGIQUES

Phase 2 : étude de la structure existante

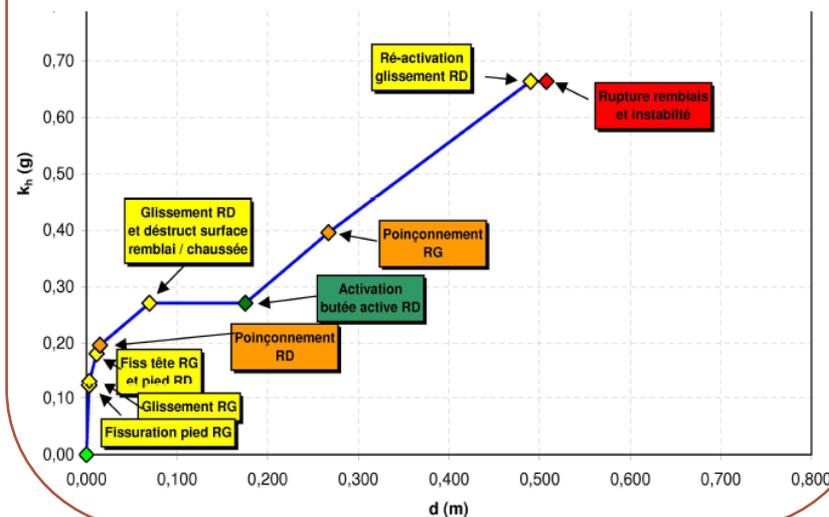
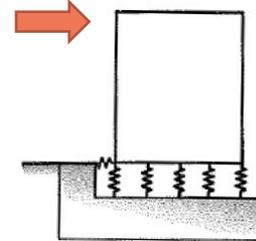
Modélisation de la structure, diagnostic de l'existant

- Premier niveau d'étude par une analyse modale
- Utilisation de méthodes plus poussées si pertinent
- Comparaison avec les exigences réglementaire pour un bâtiment neuf

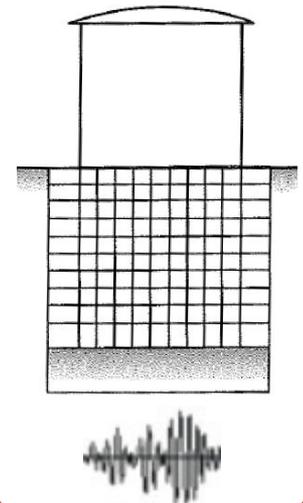
Analyse modale



Analyse en poussée progressive



Analyse transitoire



BÂTIMENTS STRATÉGIQUES

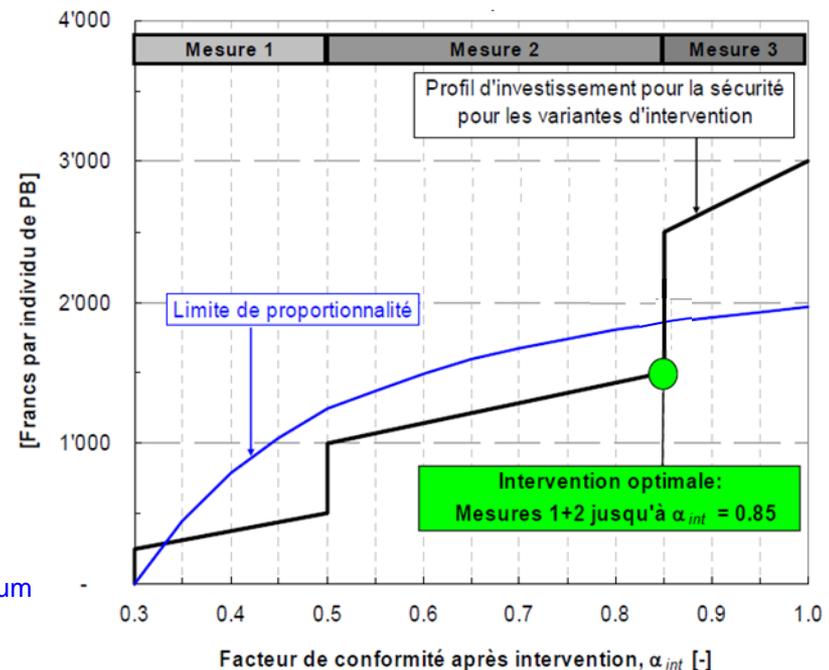
Phase 3 : étude des renforcements parasismiques

Stratégies de renforcement parasismique

- Scénario 1 : renforcement pour atteindre le niveau d'un bâtiment neuf
- Scénario 2 : optimum de renforcement pour une sollicitation entre 60% et 100% de l'accélération équivalente pour un bâtiment neuf
- Chiffrage des différents scénarios



Limite de proportionnalité = Limite optimum du rapport coût/gain de performance



[issu de la démarche suisse SIA]

BÂTIMENTS STRATÉGIQUES

Phase 1 : amélioration de la connaissance de la structure

Analyse des données disponibles

- Analyse des données disponibles
- Production du cahier des charges des investigation par le bureau d'études en charge du diagnostic sismique

Investigations in situ

- Réalisation des investigations complémentaires nécessaires
 - Études géotechniques – liquéfaction
 - Dispositions constructives, résistance des matériaux

Phase 2 : étude de la structure existante

Modélisation de la structure, diagnostic de l'existant

- Premier niveau d'étude par une analyse modale
- Utilisation de méthodes plus poussées si pertinent
- Comparaison avec les exigences réglementaire pour un bâtiment neuf

Phase 3 : étude des renforcements parasismiques

Stratégies de renforcement parasismique

- Scénario 1 : renforcement pour atteindre le niveau d'un bâtiment neuf
- Scénario 2 : optimum de renforcement pour une sollicitation entre 60% et 100% de l'accélération équivalente pour un bâtiment neuf
- Chiffrage des différents scénarios

BÂTIMENTS STRATÉGIQUES

Guides sur le renforcement parasismique de bâtiments existants

Guide
construction
parasismique

Mars 2013

Diagnostic et renforcement du bâti existant vis-à-vis du séisme

Groupe de travail AFPS-CSTB



Merci de votre attention



Norcia (Italie), octobre 2016

Contacts

Anne DUCHEZ anne.duchez@cerema.fr

Denis DAVI denis.davi@cerema.fr



Basilique San Benedetto après le séisme du 30 octobre 2016