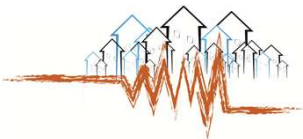


Journée Technique Régionale Construction bois en zone sismique 6 octobre 2015, Saint-Cannat

La Réglementation Parasismique Française
Etienne BERTRAND – CEREMA / DTer Méditerranée



Comment réduire le risque sismique ?

- Impossibilité d'agir sur l'aléa sismique

• Action sur les enjeux exposés
(réseaux, bâtiments, infrastructures,...)



Règles de
construction
parasismique

- Action sur l'aménagement du territoire
- Action sur la connaissance du risque
- Préparation à la gestion de crise

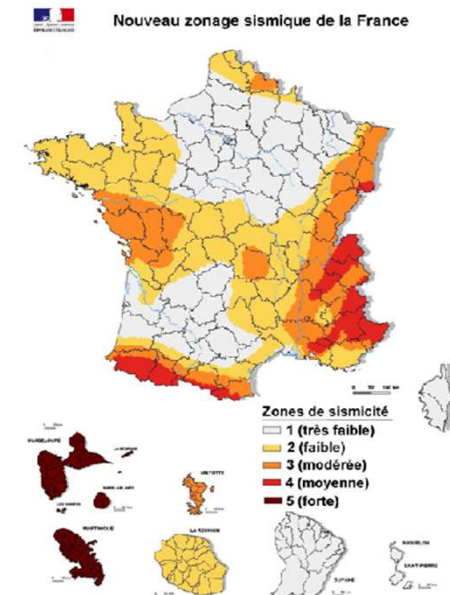


Stratégies de prévention

➔ Une obligation de protection des personnes

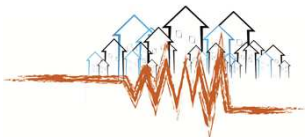
Proportionnée :

- à l'aléa sismique (*exposition*)
 - Un zonage sismique national pour la construction des ouvrages courants



Nouveau zonage / EC8

- Des études spécifiques pour caractériser l'aléa sismique pour les ouvrages à "caractère sensible" ex : installations nucléaires



Stratégies de prévention

➔ Une obligation de protection des personnes

Proportionnée :

- à l'aléa sismique (*exposition*)
- à la nature des enjeux



•Ouvrage à risque normal (ORN)

- 4 catégories I,II,III et IV / risque pour les personnes et fonction primordiale en cas de crise sismique
- un niveau de contraintes croissant en terme de dimensionnement de la classe I à la classe IV
- obligation de construction parasismique selon les **règles nationales**



Stratégies de prévention

Une obligation de protection

Proportionnée :

- à l'aléa sismique (*exposition*)
- à la nature des enjeux

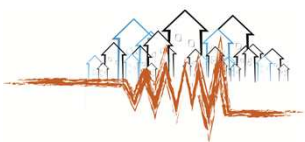


•Ouvrage à risque spécial (ORS)

- installations nucléaires de base (INB)

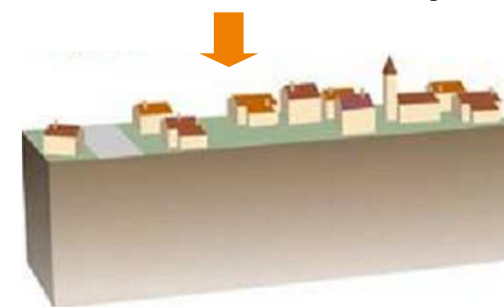
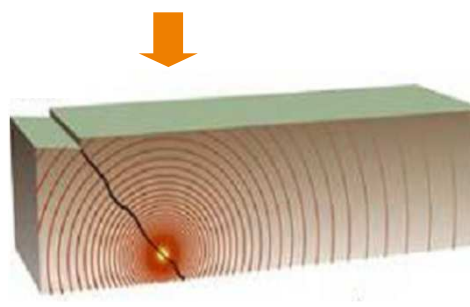
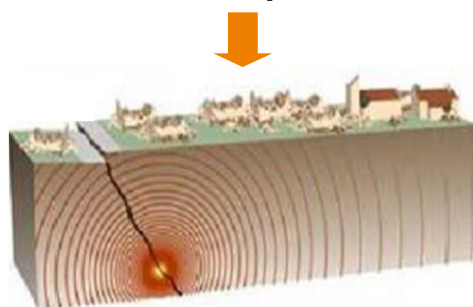
- installations classées pour la protection de l'environnement (ICPE)

- grands barrages



Les principes de la réglementation

Risque = Aléa ⊗ Vulnérabilité des enjeux



Réduire le
risque

Caractériser l'aléa

Hierarchiser les
enjeux

Diminuer la
vulnérabilité

Organisation
réglementaire

Décret n° 2010-1255

Décret n° 2010-1254

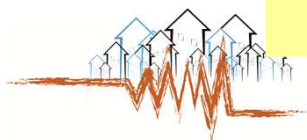
Arrêté «bâtiments»
22 octobre 2010

Adopter des règles de
construction selon l'aléa
et l'enjeu

Règles de construction
selon l'aléa et selon l'enjeu

1 arrêté par type
d'ouvrage ORN / ORS

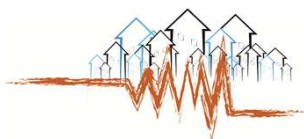
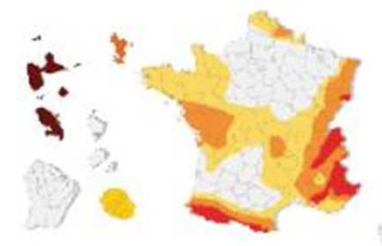
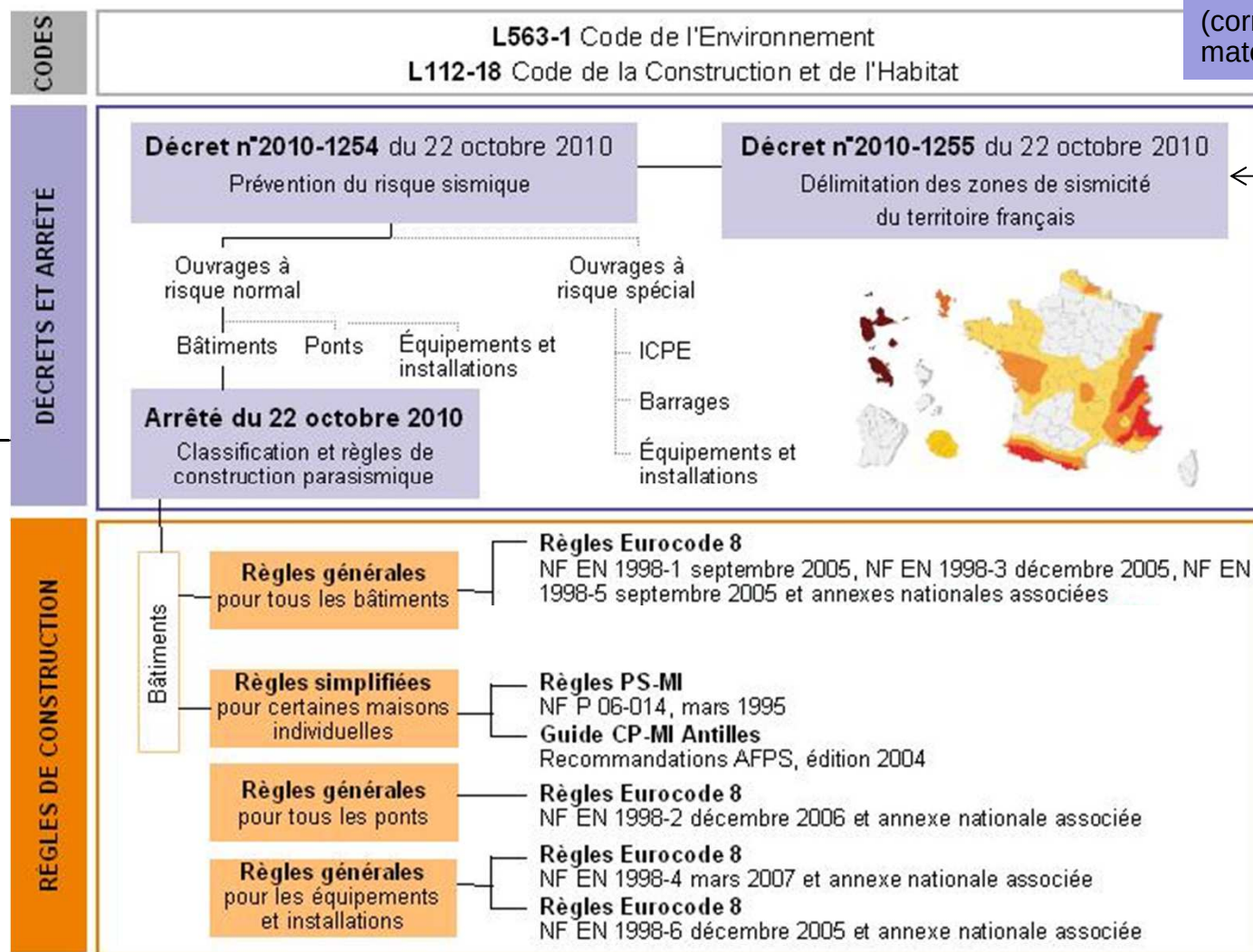
ICPE, barrages, ponts et
équipements



Organisation réglementaire

Décret n° 2015-5
du 6 jan. 2015
Modifiant le zonage
(correction erreurs
matérielles)

Arrêts
modificatifs
du 19 juillet 2011
et du 25 octobre
2012



Articles L. 563-1 à L. 563-8 du CE (Ancien décret n° 91-461 du 14 mai 1991)

→ Définissent 2 types d'ouvrages

- « À RISQUE NORMAL » = ORN

- « À RISQUE SPÉCIAL » = ORS

Et renvoie à 2 décrets relatifs à chacun de ces 2 types d'ouvrage



Définitions ORN et ORS

- **Ouvrages à risque normal – ORN =**

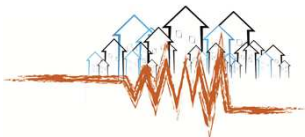
« Les conséquences d'un séisme demeurent circonscrites à leurs occupants et à leur voisinage immédiat. »

- **Ouvrages à risque spécial – ORS =**

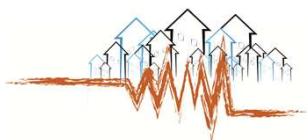
« Les effets sur les personnes, les biens et l'environnement, de dommages, même mineurs, suite à un séisme, peuvent ne pas être circonscrits au voisinage immédiat des bâtiments, équipements et installations. »

Des objectifs de la réglementation proportionnés à la catégorie d'ouvrages.

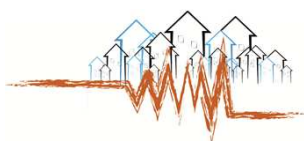
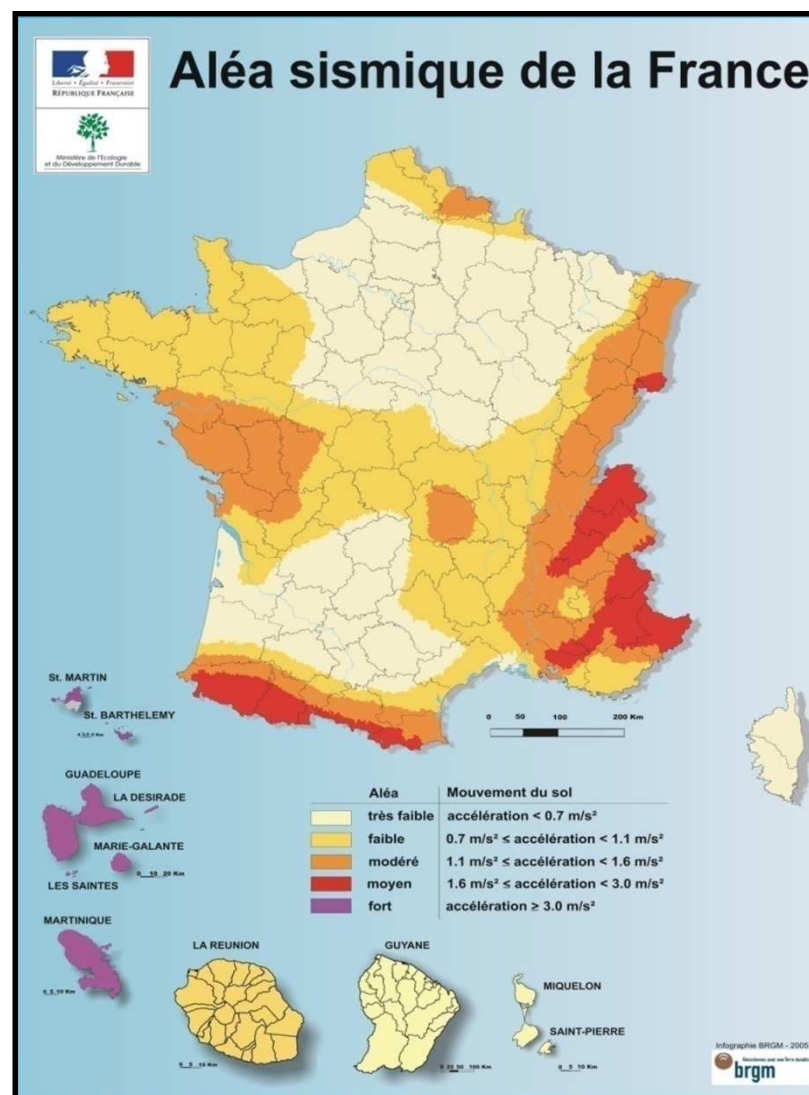
Pour les ORN: préserver les vies humaines par une faible probabilité d'effondrement des ouvrages



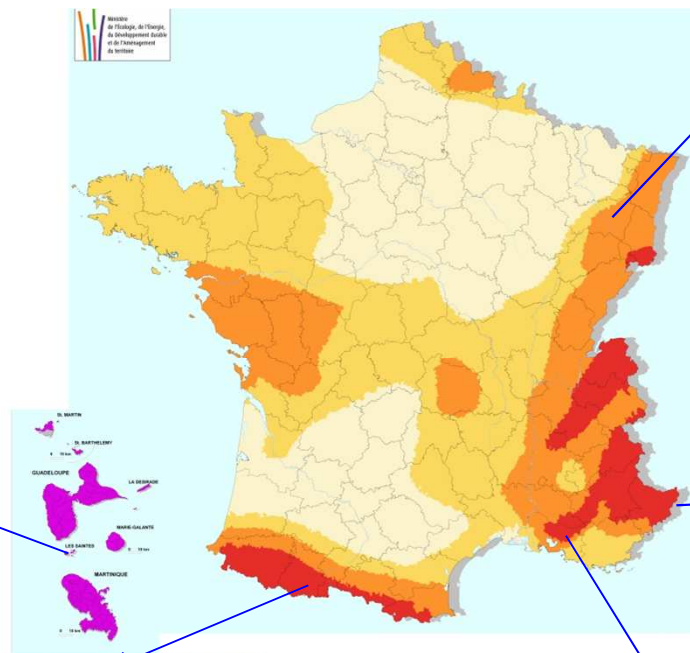
Cas des ouvrages à risque normal



ALÉA SISMIQUE DE LA FRANCE



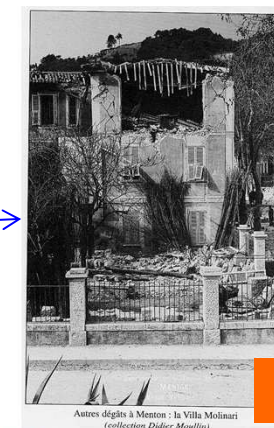
Aléa sismique en France



Rambervillers, 2003



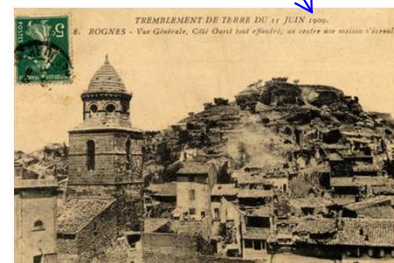
Les Saintes, 2004



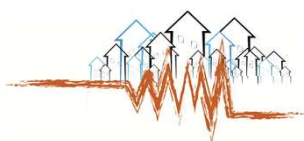
Ligurie, 1887



Arette, 1967

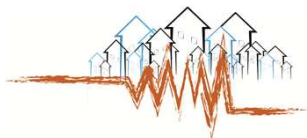
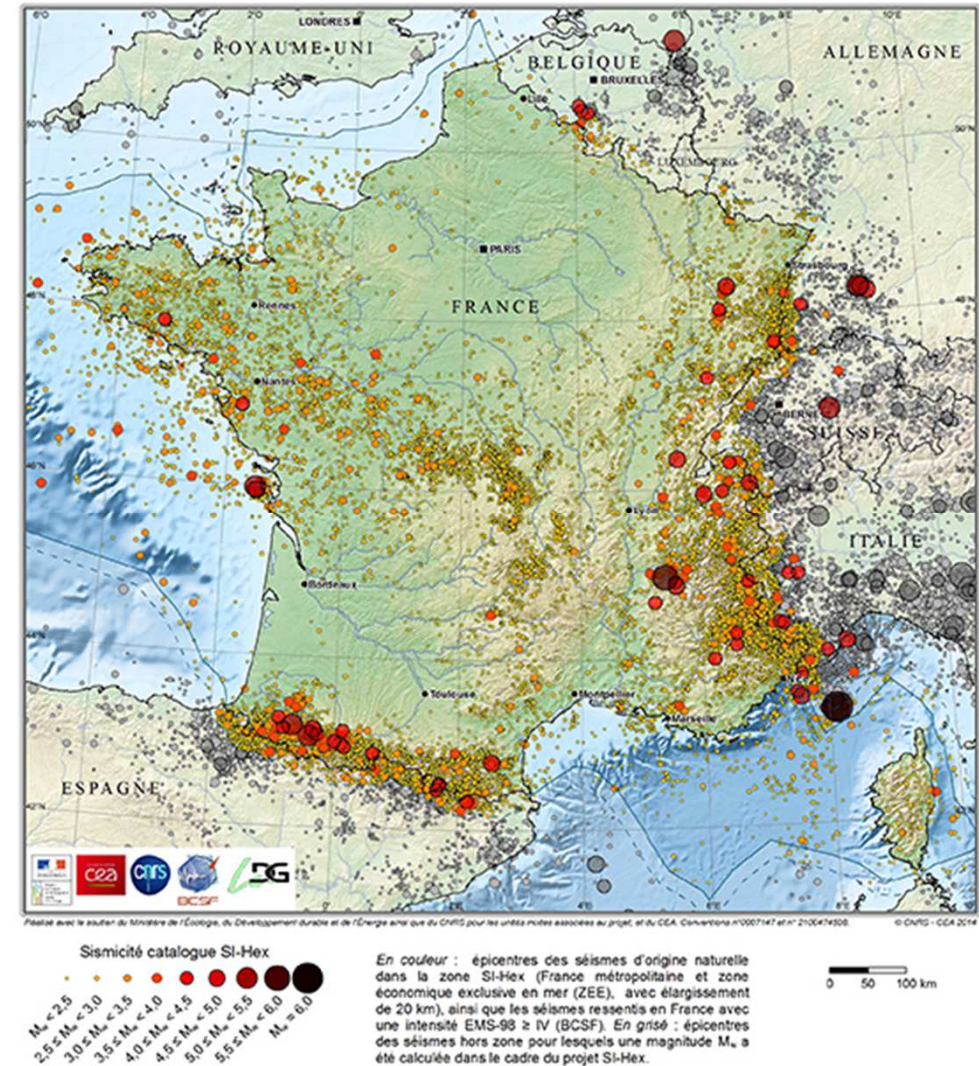


Lambesc, 1909



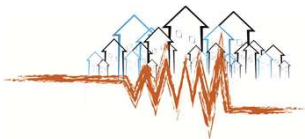
<http://renass.unistra.fr>
http://www-dase.cea.fr/evenement/derniers_evenements.php
<http://http://www.franceseisme.fr>

Sismicité Instrumentale de l'Hexagone 1962-2009



Six volets dans l'Eurocode 8

- ✓ Règles générales, actions sismiques et règles pour les bâtiments
- ✓ Ponts
- ✓ Évaluation et renforcement des bâtiments
- ✓ Silos, réservoirs et canalisations
- ✓ Fondations, ouvrages de soutènement et aspects géotechniques
- ✓ Tours, mâts et cheminées



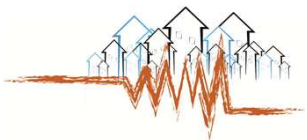
Éléments relatifs à l'Eurocode 8

- Principes : **exigences de performance** et des critères de conformité
- Objectifs (*EN 1998-1/ 1.1.1*) :
 - ✓ protéger les vies humaines
 - ✓ limiter les dégâts
 - ✓ garantir l'opérationnalité des structures importantes pour la protection civile

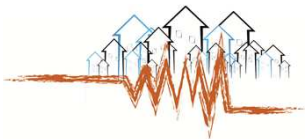


Cadre technique /bâti

- Normes NF EN 1998-1, NF EN 1998-3, NF EN 1998-5, dites "règles Eurocode 8" accompagnées des « annexes nationales »
- Règles PSMI pour Métropole
- Guide CPMI pour les Antilles
- Dispositions constructives en zone de sismicité faible



- Deux décrets publiés au JO en octobre 2010 sont venus remplacer l'ancien décret codifié de 1991
 - Un décret portant délimitation des zones de sismicité : liste de communes et leur zone de sismicité d'appartenance pour chaque département
 - Un décret modifiant les articles R.563-1 à R.563-8 du CE
 - ✓ Zones de sismicité 1(très faible),2,3,4,5 (forte) / 0, Ia, Ib, II, III
 - ✓ Classe ORN-ORS / catégorie ORN-ORS
 - ✓ Des catégories d'importance (I, II, III, IV) / classes d'ouvrages A, B C, D (même définition)



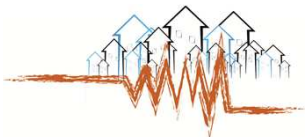
Définition des classes d'ouvrages ORN

Classe I

I



- Bâtiments dans lesquels il n'y a aucune activité humaine nécessitant un séjour de longue durée.



Définition des classes d'ouvrages ORN

Classe II

II



- Habitations individuelles.
- Établissements recevant du public (ERP) de catégories 4 et 5.
- Habitations collectives de hauteur inférieure à 28 m.
- Bureaux ou établissements commerciaux non ERP, $h \leq 28$ m, max. 300 pers.
- Bâtiments industriels pouvant accueillir au plus 300 personnes.
- Parcs de stationnement ouverts au public.



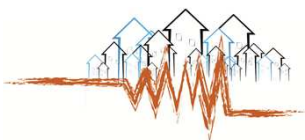
Définition des classes d'ouvrages ORN

Classe III

III



- ERP de catégories 1, 2 et 3.
- Habitations collectives et bureaux, $h > 28$ m.
- Bâtiments pouvant accueillir plus de 300 personnes.
- Établissements sanitaires et sociaux.
- Centres de production collective d'énergie.
- Établissements scolaires.



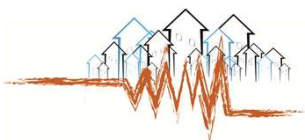
Définition des classes d'ouvrages ORN

Classe IV

IV



- Bâtiments indispensables à la sécurité civile, la défense nationale et le maintien de l'ordre public.
- Bâtiments assurant le maintien des communications, la production et le stockage d'eau potable, la distribution publique de l'énergie.
- Bâtiments assurant le contrôle de la sécurité aérienne.
- Établissements de santé nécessaires à la gestion de crise.
- Centres météorologiques.



■ Exigences sur le bâti neuf

Les exigences sur le bâti neuf dépendent de la catégorie d'importance du bâtiment et de la zone de sismicité.

	I	II	III	IV
				
Zone 1	aucune exigence			
Zone 2				Eurocode 8³ $a_{gr}=0,7 \text{ m/s}^2$
Zone 3				Eurocode 8³ $a_{gr}=1,1 \text{ m/s}^2$
Zone 4				Eurocode 8³ $a_{gr}=1,6 \text{ m/s}^2$
Zone 5				Eurocode 8³ $a_{gr}=3 \text{ m/s}^2$
		PS-MI¹	Eurocode 8³ $a_{gr}=1,1 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8³ $a_{gr}=1,1 \text{ m/s}^2$
		PS-MI¹	Eurocode 8³ $a_{gr}=1,6 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8³ $a_{gr}=1,6 \text{ m/s}^2$
		CP-MI²	Eurocode 8³ $a_{gr}=3 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8³ $a_{gr}=3 \text{ m/s}^2$

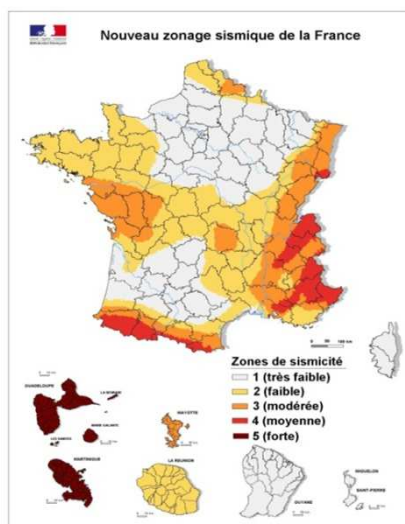
¹ Application **possible** (en dispense de l'Eurocode 8) des PS-MI sous réserve du respect des conditions de la norme PS-MI

² Application **possible** du guide CP-MI sous réserve du respect des conditions du guide

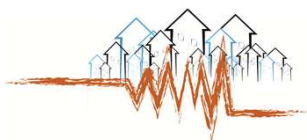
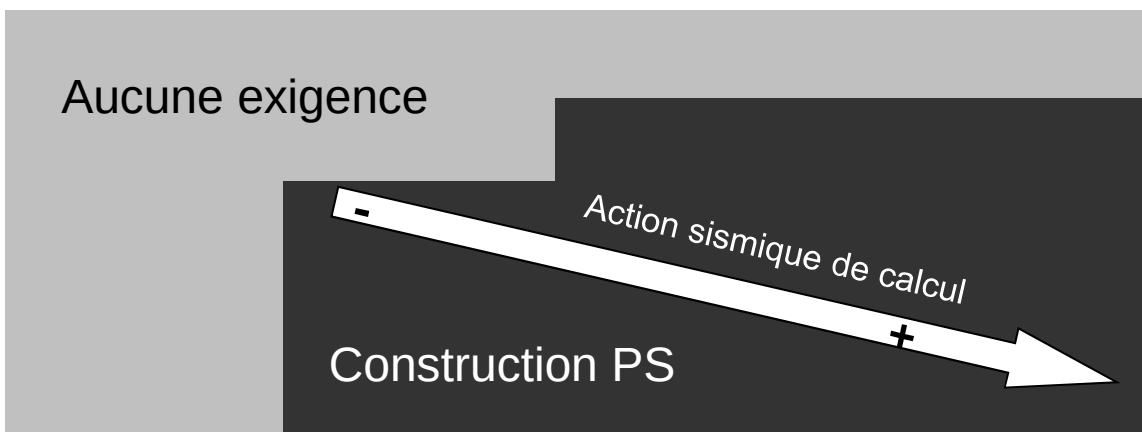
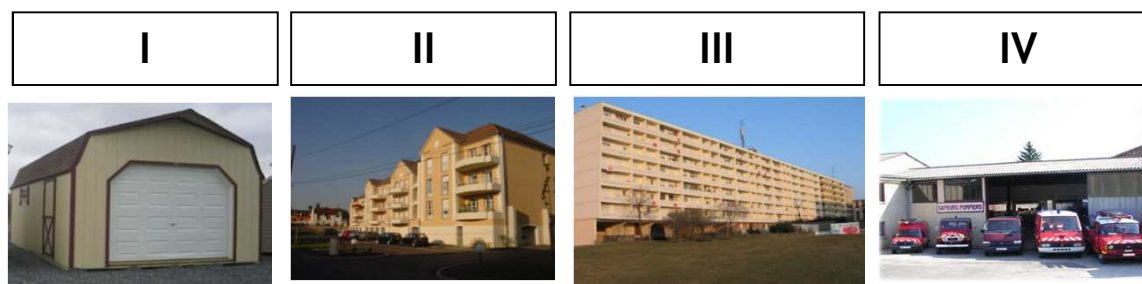
³ Application **obligatoire** des règles Eurocode 8



Zones de sismicité



Catégories d'importance des bâtiments

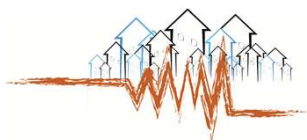


Calcul de la charge sismique

Décret du 22 octobre 2010 :
mouvement sismique de calcul = $\gamma_I \times a_{gr} \times S$

Catégorie d'importance de bâtiment	Coefficient d'importance γ_I
I	0,8
II	1
III	1,2
IV	1,4

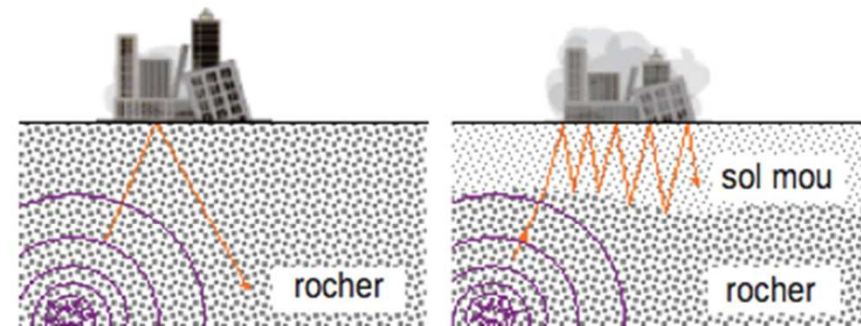
Zone de sismicité	Accélération de référence a_{gr} au rocher
2	0,7
3	1,1
4	1,6
5	3



Classes de sols EC8

- Les spectres de réponse réglementaires intègrent un coefficient de sol dépendant d'un paramètre géomécanique : V_{s30} (moyenne quadratique de la vitesse de propagation des ondes de cisaillement sur les 30 premiers mètres)

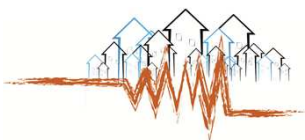
Classes de sol	S (zones 1 à 4)	S (zone 5)
A	1	1
B	1,35	1,2
C	1,5	1,15
D	1,6	1,35
E	1,8	1,4



Amplification du signal sismique suivant la nature du sol

$$V_{s30} = 30 / (\sum h_i / V_{si})$$

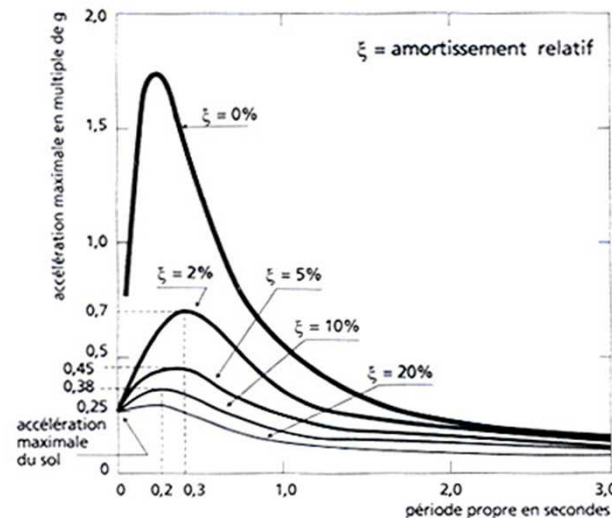
Classe de sol	Description du profil stratigraphique	Paramètres						
		$V_{s,30}$ (m/s)	N _{SPT} (coups/3 0 cm)	C_u (kPa)	Type de sol	Pressiomètre		CPT q_c (MPa)
						p_i (MPa)	E_M (MPa)	
A	Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 m de matériau moins résistant.	> 800				> 5	> 100	
B	Dépôts raides de sables, de gravier ou d'argile sur-consolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des caractéristiques mécaniques avec la profondeur	360-800	> 50	> 250	sols granulaires	> 2	> 20	> 15
					sols cohérents	> 2	> 25	> 5
C	Dépôts profonds de sables de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raide, ayant des épaisseurs de quelques dizaines de mètres à plusieurs centaines de mètres.	180-360	15-50	70-250	sols granulaires	> 1	> 8	> 6
					sols cohérents	> 0,5	> 5	> 1,5
D	Dépôts de sols sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant en majorité des sols cohérents mous à fermes.	< 180	< 15	< 70	sols granulaires	< 1	< 8	< 5
					sols cohérents	< 0,5	< 5	< 1,5
E	Profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions avec des valeurs de v_s de classe C ou D et une épaisseur comprise entre 5 m environ et 20 m, reposant sur un matériau plus raide avec $v_s > 800$ m/s.							



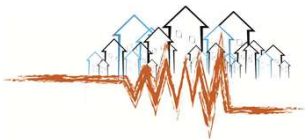
Rappel : Réponse des constructions aux séismes

NOTION DE SPECTRE DE REPONSE

En première approximation, un spectre de réponse est une courbe qui donne pour l'ensemble des constructions d'un niveau (caractérisées par leur période propre d'oscillation et leur amortissement relatif), implantées sur un sol donné, les valeurs maximales de leur réponse

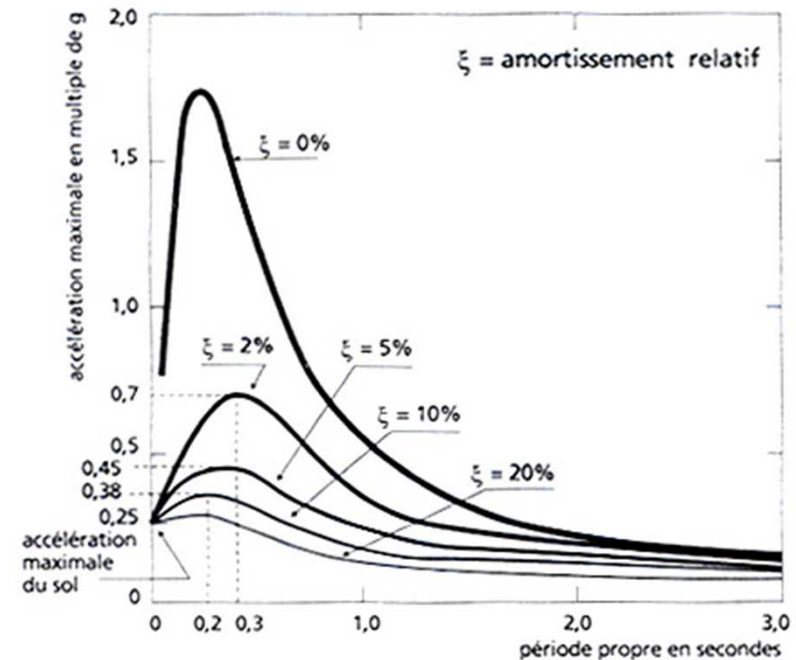


Spectre d'accélération horizontale sur sol rigide

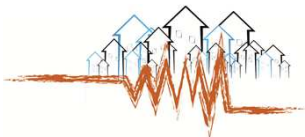


POSSIBILITES D'AGIR SUR L'INTENSITE DE L'ACTION SISMIQUE (CHARGE SISMIQUE)

- Prévenir la résonance avec le sol
- Favoriser la dissipativité
 - amortissement
 - ductilité
- Enterrer les constructions



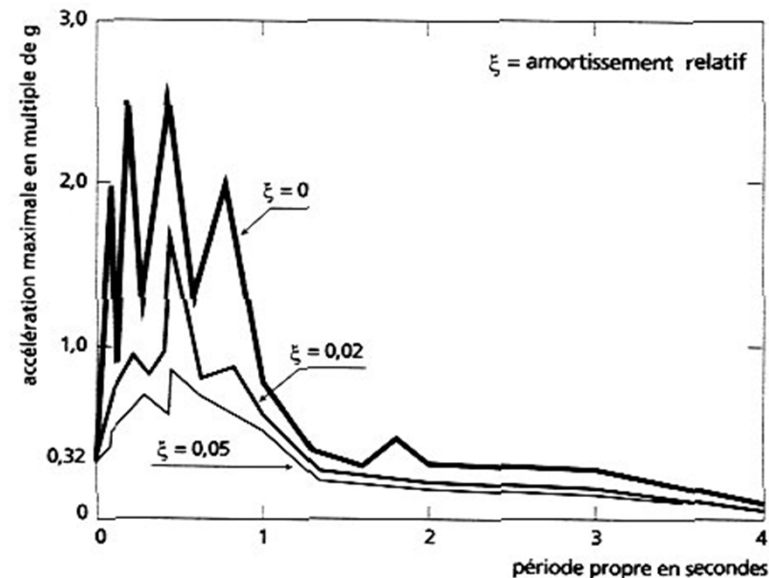
Spectre d'accélération horizontale sur sol rigide



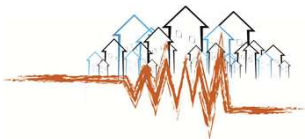
TYPES DE SPECTRE DE REPONSE

a) Spectre spécifique à un séisme particulier

- Il permet d'étudier les effets d'un séisme enregistré
- Il ne doit pas être utilisé pour le dimensionnement des ouvrages aux séismes

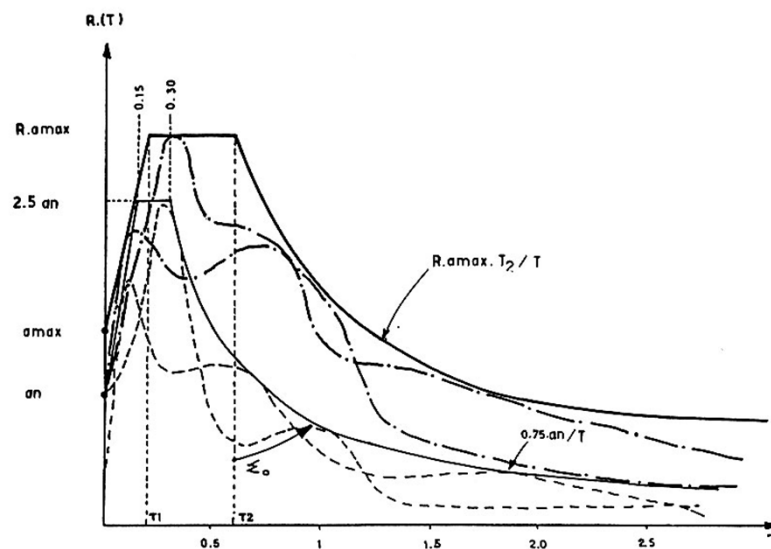


Spectre non lissé

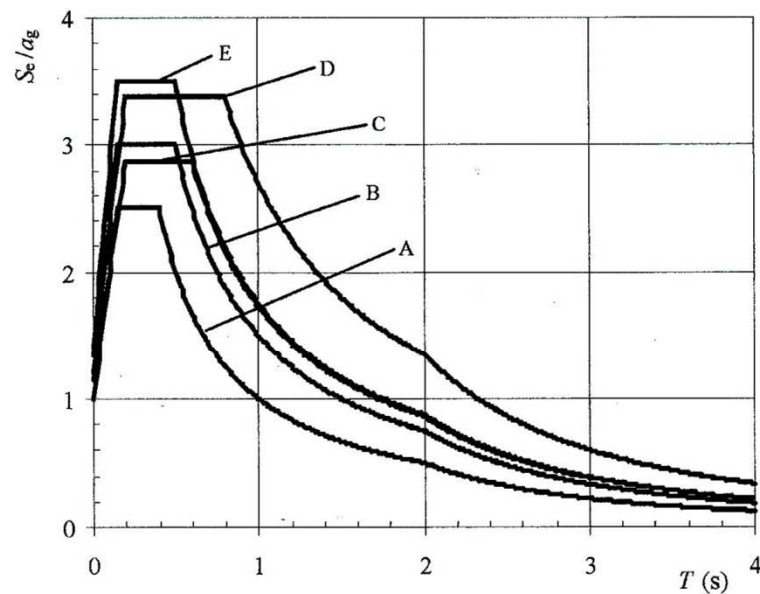


b) Spectres normalisés

- ils représentent une courbe « enveloppe » de spectres de séismes particuliers, établis pour des sites de nature géologique comparable et calés sur l'accélération maximale du sol égale à l'unité
- Il permettent un calcul à toute les périodes selon une formule simple :

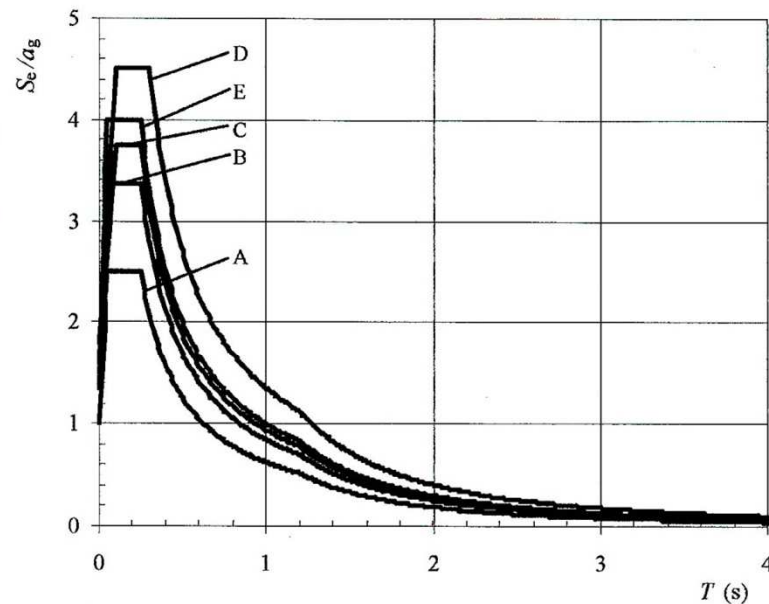


Spectres normalisés, Eurocode 8



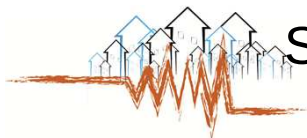
Spectres de réponse élastique de type 1 recommandés pour les sols de classes A à E (à 5 % d'amortissement)

Antilles



Spectres de réponse élastique de type 2 recommandés pour les sols de classes A à E (à 5 % d'amortissement)

Métropole



Spectres de réponse élastiques à 5% d'amortissement

Calcul de la charge sismique

$$\text{EUROCODE 8 : } F_b = \Upsilon_I a_{gr} S a_s \frac{1}{q} m \lambda S_T = S_d(T_1) m \lambda S_T$$

où :

F_b = effort tranchant à la base de la structure

a_g = accélération de calcul au rocher ($a_g = \Upsilon_I a_{gr}$)

Υ_I = coefficient d'importance du bâtiment

a_{gr} = accélération de référence au rocher

S = paramètre du sol

a_s = valeur lue sur le spectre de calcul

q = coefficient de comportement

m = masse sismique du bâtiment au-dessus des fondations ou du sommet d'un soubassement rigide

λ = coefficient de correction (en raison des modes négligés)

$\lambda = 0,85$ pour les bâtiments R+2 et plus si $T \leq 2T_c$

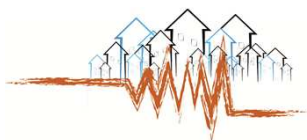
$\lambda = 1$ dans les autres cas

S_T = coefficient d'amplification topographique, applicable si $\Upsilon_I > 1$
(catégories d'importance des bâtiments III et IV)

Méthode applicable si $T \leq 4T_c$ et ≤ 2 s et si le bâtiment est régulier

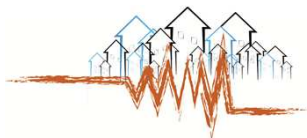


Cas des bâtiments existants



■ Gradation des exigences

TRAVAUX	Principe de base	Je souhaite améliorer le comportement de mon bâtiment	Je réalise des travaux lourds sur mon bâtiment	Je crée une extension avec joint de fractionnement
	L'objectif minimal de la réglementation sur le bâti existant est la non-aggravation de la vulnérabilité du bâtiment.	L'Eurocode 8-3 permet au maître d'ouvrage de moduler l'objectif de confortement qu'il souhaite atteindre sur son 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.	L'extension désolidarisée par un joint de fractionnement doit être dimensionnée comme un bâtiment neuf.



■ Travaux sur la structure du bâtiment

Les règles parasismiques applicables à l'ensemble du bâtiment modifié dépendent de la zone sismique, de la catégorie du bâtiment, ainsi que du niveau de modification envisagé sur la structure.

	Cat.	Travaux	Règles de construction
Zone 2	IV	> 30% de SHON créée > 30% de plancher supprimé à un niveau	Eurocode 8-1³ $a_{gr}=0,42 \text{ m/s}^2$
Zone 3	II	> 30% de SHON créée > 30% de plancher supprimé à un niveau Conditions PS-MI respectées	PS-MI¹ Zone 2
		> 30% de SHON créée > 30% de plancher supprimé à un niveau	Eurocode 8-1³ $a_{gr}=0,66 \text{ m/s}^2$
	III	> 30% de SHON créée	Eurocode 8-1³ $a_{gr}=0,66 \text{ m/s}^2$
	IV	> 30% de plancher supprimé à un niveau	



Rappel SHON : **surface hors œuvre nette**

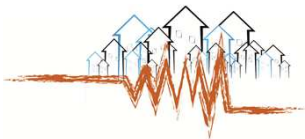
(soit 60% de l' a_{gr} du neuf)

■ Travaux sur la structure du bâtiment

Zone 4	II	> 30% de SHON créée Conditions PS-MI respectées	PS-MI¹ Zone 3
		> 30% de SHON créée > 30% de plancher supprimé à un niveau	Eurocode 8-1³ $a_{gr}=0,96 \text{ m/s}^2$
	III	> 20% de SHON créée	Eurocode 8-1³ $a_{gr}=0,96 \text{ m/s}^2$
	IV	> 30% de plancher supprimé à un niveau > 20% des contreventements supprimés Ajout équipement lourd en toiture	
Zone 5	II	> 30% de SHON créée Conditions CP-MI respectées	CP-MI²
		> 20% de SHON créée > 30% de plancher supprimé à un niveau > 20% des contreventements supprimés	Eurocode 8-1³ $a_{gr}=1,8 \text{ m/s}^2$
	III	> 20% de SHON créée	Eurocode 8-1³ $a_{gr}=1,8 \text{ m/s}^2$
	IV	> 30% de plancher supprimé à un niveau > 20% des contreventements supprimés Ajout équipement lourd en toiture	

Application des règles de construction PS lors de travaux sur l'existant

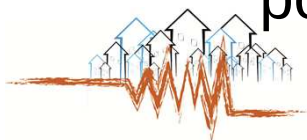
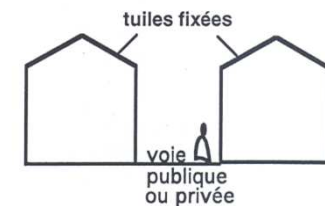
- Travaux hors ou dans le cadre réglementaire
- La démarche parasismique pose **des questions**:
 - Comment interpréter la réglementation ?**
 - Quel niveau de protection doit-on donner à l'ouvrage ?**
 - Quelles dispositions constructives doit-on adopter ?**
 - Quelles techniques de renforcement ?**
 - Quels moyens financiers ?**
 - Quels contrôles de la mise en oeuvre ?**



Travaux sur l'existant Quelle posture *a minima* ?

➔ Ne pas augmenter la vulnérabilité du bâtiment par les modifications ou travaux réalisés

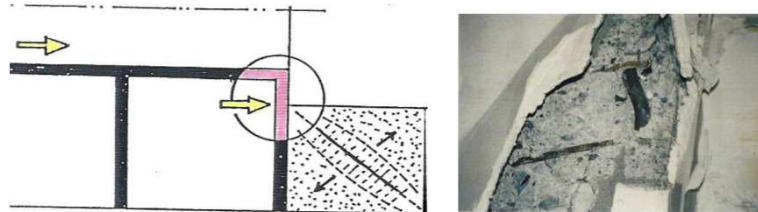
- Connaître le bâti existant et son histoire
- Comprendre les fondamentaux du comportement sous séisme d'une construction
- Identifier les points de fragilité et de vigilance
- Prendre des précautions sur les travaux n'entrant pas dans le champ de l'application des règles PS
- Saisir l'opportunité de travaux divers pour réduire la vulnérabilité de l'édifice



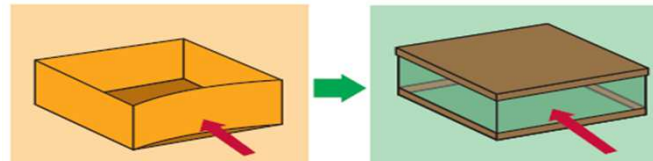
4 typologies de travaux qui aggravent significativement la vulnérabilité :

- création de surface :

- Extension – Adjonction :
- Surélévation



- suppression de plancher :



- suppression d'éléments de contreventement :

- Création d'ouvertures, de transparences au rez-de-chaussée (commerces, parkings)
- *Création d'un « étage souple » :*



- ajout d'équipements lourds en toiture



Merci de votre attention

Contact : Etienne BERTRAND
etienne.bertrand@cerema.fr

