



Cerema

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

Direction territoriale Méditerranée

Le risque sismique



Département Risques Eau Construction
(DREC)

Service Bâtiment Constructions Durables
(SBCD)

Rafik MERAOUmia

CEREMA Direction Territoriale Méditerranée

Le risque sismique

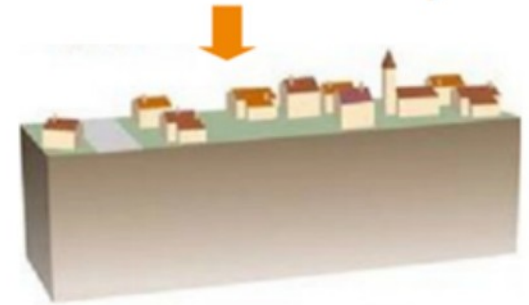
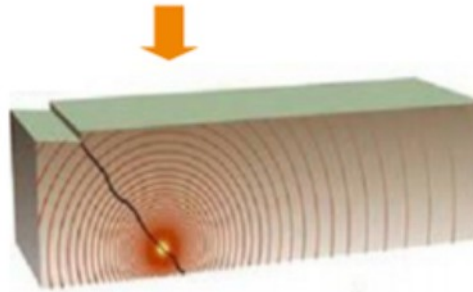
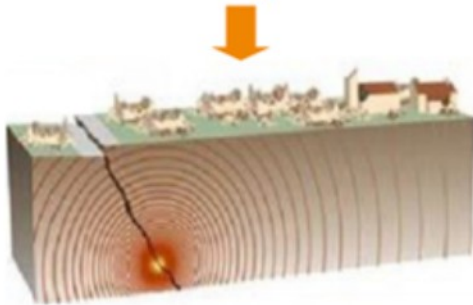
Risque

=

Aléa

⊗

Vulnérabilité des enjeux



Aléa: probabilité (zonage)

Vulnérabilité: sensibilité sismique d'un site/ouvrage

Enjeux: l'importance accordé à un ouvrage.

Comment diminuer le risque

- Impossible d'agir sur l'aléa

• Actions sur les enjeux exposés (réseaux, bâtiments, infrastructures)

• Action sur l'aménagement du territoire

• Action sur la connaissance du risque

• Préparation à la gestion de crise

Cadre réglementaire

- Risque normal / risque spécial

Ouvrages à risques normal-ORN

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

Ouvrages à risques 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 »

Cadre réglementaire

- Objectifs de la réglementation

- proportionnée à la catégorie de l'ouvrage

- préserver des vies humaines par une faible probabilité d'effondrement.

Corpus réglementaire

Codes

L 563-1 Code de l'environnement

L112-1 à 8 Code de la construction et de l'habitat

Décret n°2110-1254 du 22 octobre 2010
(prévention du risque sismique)

Arrêté du 22 octobre
2010
(Classification et règles
de construction
parasismique)

Décret n°2010-1255 du
22 octobre 2010
(Zonage de sismicité)



Règles de construction

Règles eurocode 8

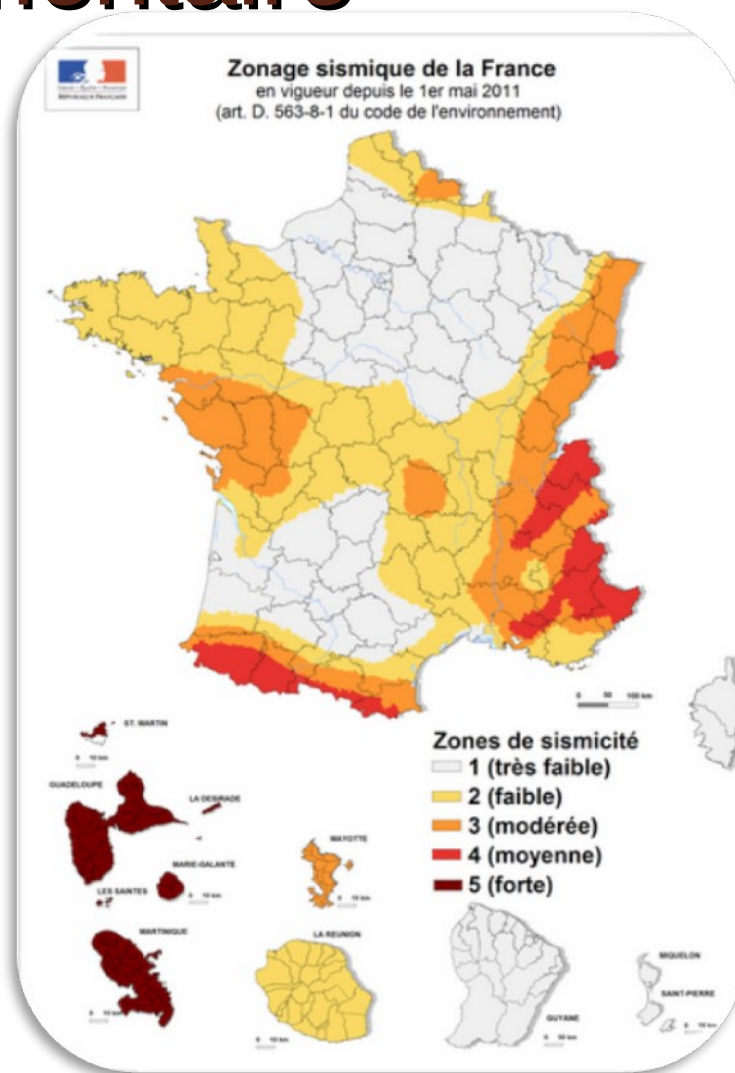
Règles simplifiées (PSMI, CPMI
Antilles)

Zonage réglementaire

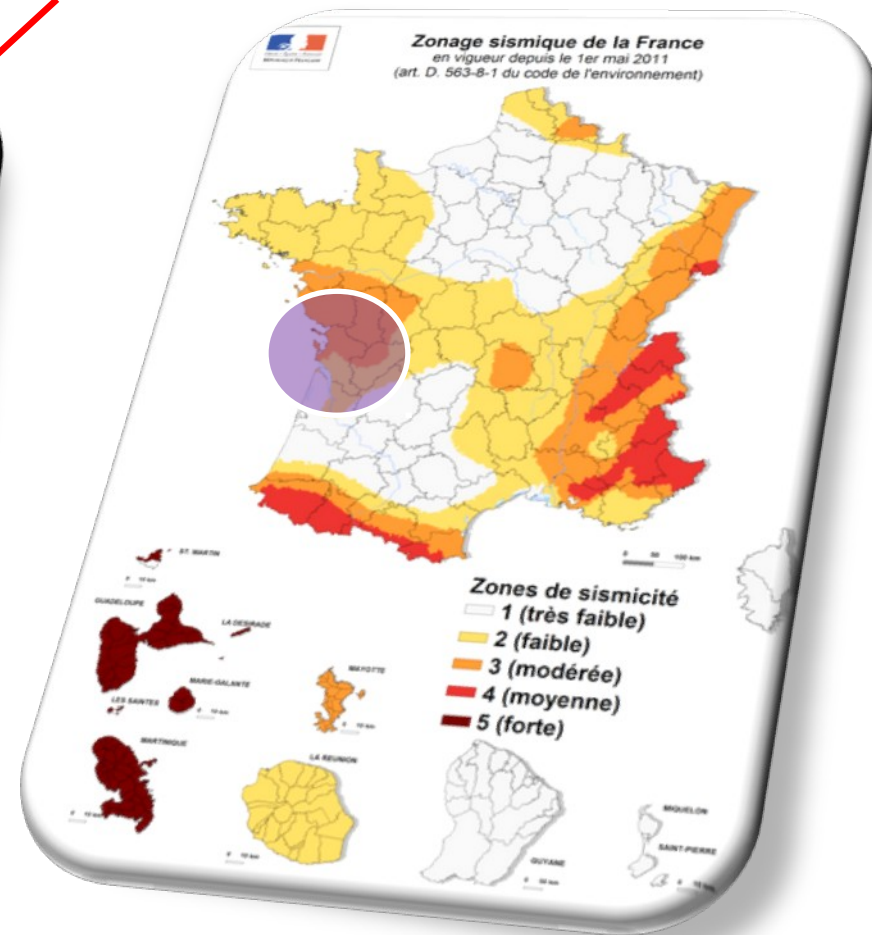
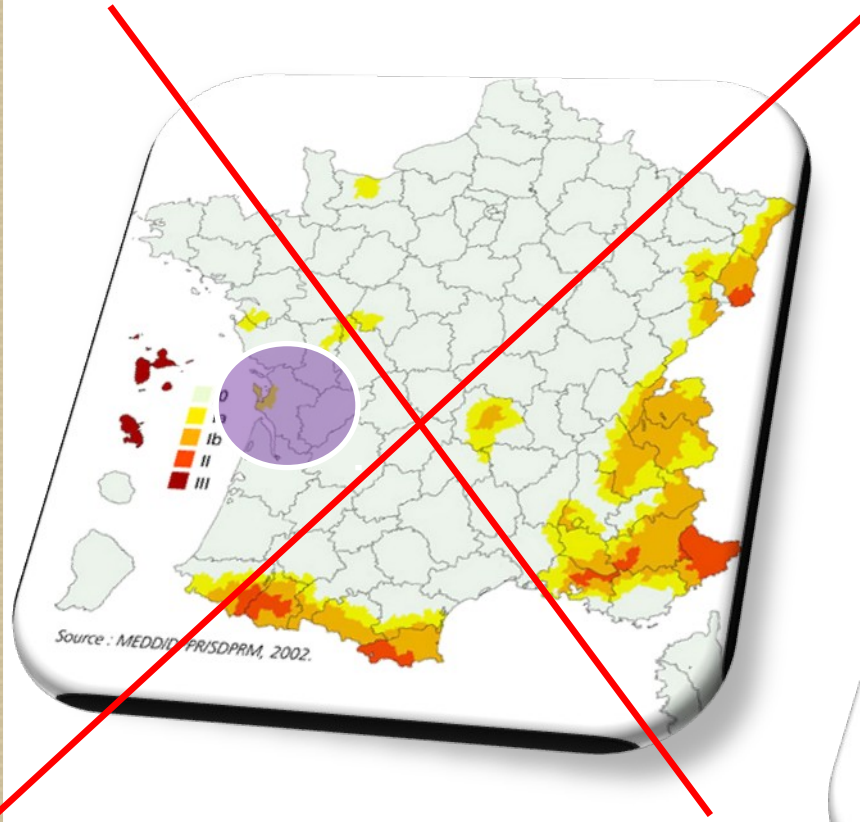
Art R. 563-8-1 du CE

Découpage communal

Zone de sismicité	Niveau d'aléa	$a_{gr}(m/s^2)$
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



Zonage réglementaire



La réglementation

Catégorie d'importance	Description
I 	■ Bâtiments dans lesquels il n'y a aucune activité humaine nécessitant un séjour de longue durée.
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.
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.
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.

La réglementation parasismique

L'arrêté du 22 octobre 2010 relatif à la classification et aux règles de construction parasismiques applicables aux bâtiments de la classe dite « risque normal »

	I	II	III	IV
				
Zone 1	aucune exigence			
Zone 2				
Zone 3	PS-MI ¹		Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,1 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,1 \text{ m/s}^2$
Zone 4	PS-MI ¹		Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,6 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=1,6 \text{ m/s}^2$
Zone 5	CP-MI ²		Eurocode 8 ³ $a_{gr}=3 \text{ m/s}^2$	Eurocode 8 ³ $a_{gr}=3 \text{ m/s}^2$

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

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

La réglementation parasismique

Eurocode 0: Base de calcul des structures

Eurocode 1: Actions sur les structures

Eurocode 2: Calcul des structures en béton

Eurocode 3: Calcul des structures acier

Eurocode 4: Calcul des structures mixtes acier-béton

Eurocode 5: Conception et calcul des structures en bois

Eurocode 6: Calcul des ouvrages en maçonnerie

Eurocode 7: Calcul géotechniques

Eurocode 8: Calcul des structures pour la résistance aux séismes

Eurocode 9: Calcul des structures en aluminium

REX:

- Respect de ce texte par les BET/BC**
- Difficultés (FORMATION)**
- \$9.7 de l'EC8 très peu utilisé**
- Manque de schéma explicatif**
- Dense**
- Manque de méthodes explicatives**
- Des points imprécis (interprétation)**

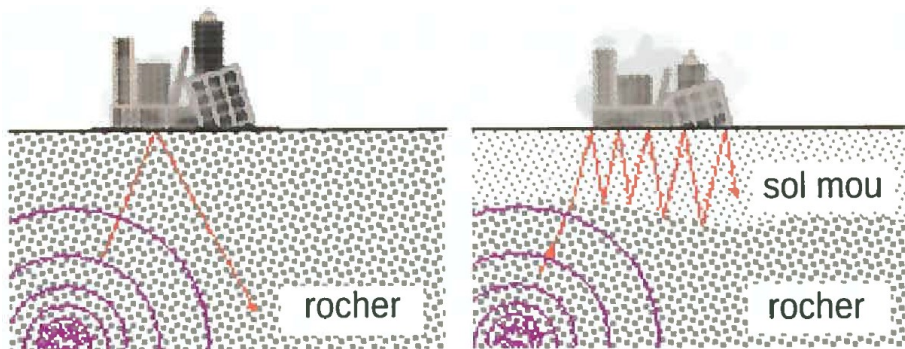
Application obligatoire



La réglementation parasismique

L'influence du sol

-Impact sur le bâtiment



Amplification du signal sismique suivant la nature du sol

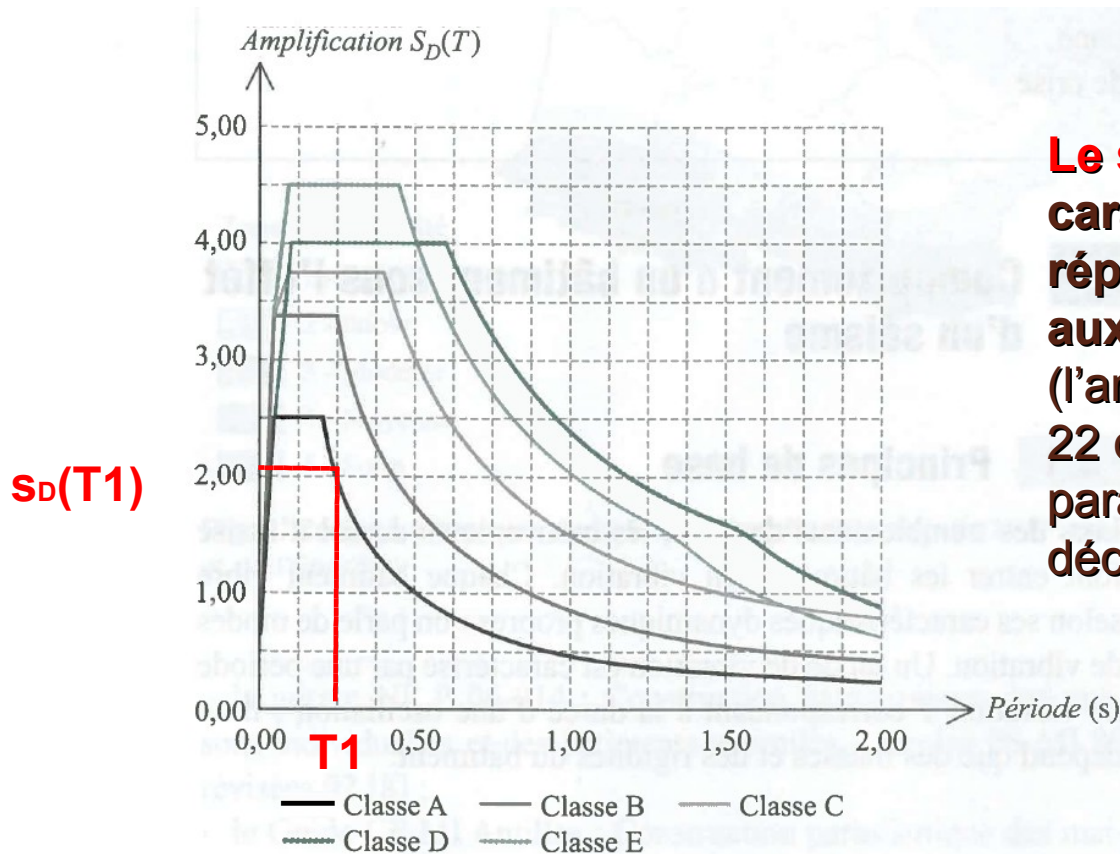
EC8 : Classe de sol

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

La réglementation parasismique

L'influence du sol

-Impact sur le bâtiment



Le spectre
caractérise la
réponse du bâtiment
aux séismes
(l'art 4 de l'arrêté du
22 octobre définit les
paramètres pour
décrire les courbes)

Amplifications spectrales EC8

La réglementation parasismique

Les règles simplifiées

Métropole

PSMI 89/92



Territoires d'Outre Mer

CPMI Antilles 2004



La réglementation parasismique

Contrôle au bon respect des Règles de la Construction
ParaSismiques



CRC PS



**CODE DE LA CONSTRUCTION ET DE L'HABITAT
MINISTERE DE LA TRANSITION ECOLOGIQUE (DDT(M) et
DREAL)**

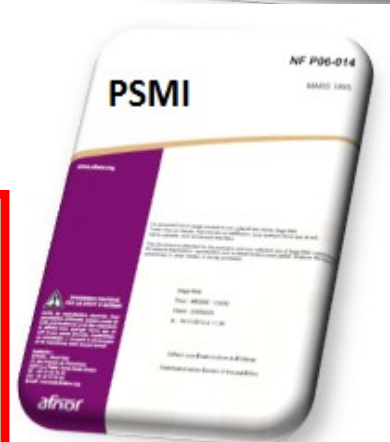
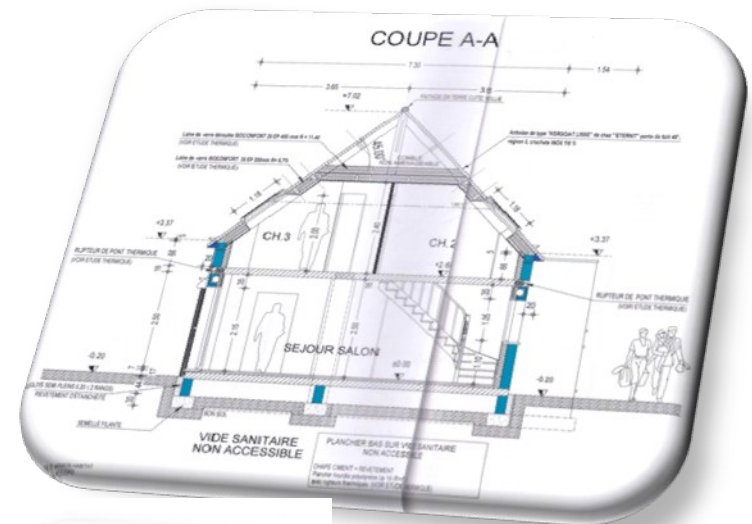
CEREMA (Centre Etudes et d'expertises sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et
l'Aménagement)



La réglementation parasismique

METHODOLOGIE: CRC PS

1. CONTRÔLE EN PHASE ETUDE



??
?



REX:

Les règles simplifiées PSMI : UTILES ????

- Domaine d'application restreint
- Contraignantes ?
- ERREURS

La réglementation parasismique

METHODOLOGIE: CRC PS

II. CONTRÔLE SUR CHANTIER

FONDATIONS

PLANCHERS

ELEVATION

CHARPENTE

REX:

- Longueurs de recouvrement d'acier***
- Poussée au vide (coin d'angle)***
- Chaînages verticaux oubliés***
- Manque béton de propreté***

III. REDACTION DU RAPPORT

Transmission à la DDT(M)

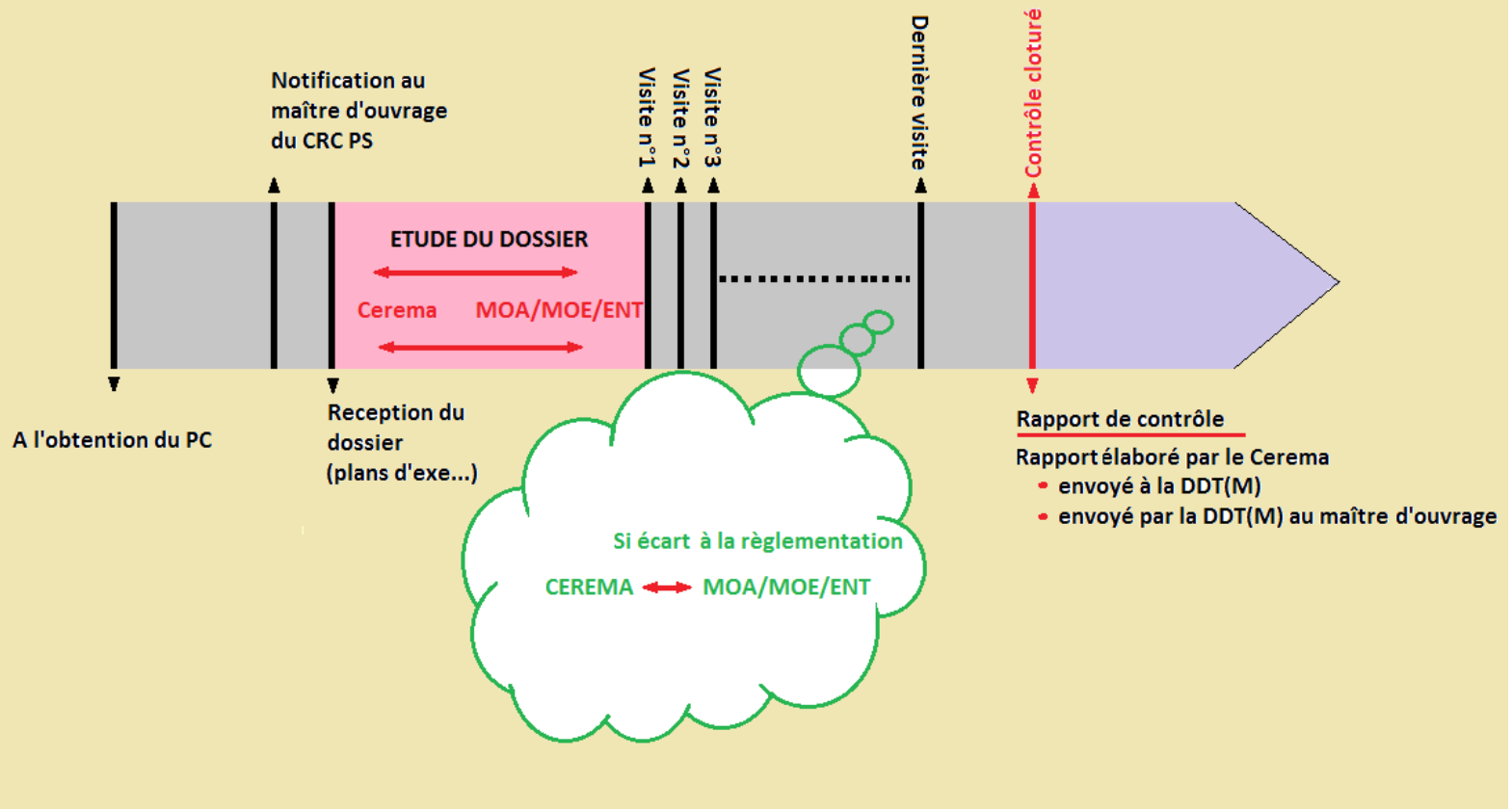


Maître d'ouvrage

La réglementation parasismique

METHODOLOGIE: CRC PS

DEROULEMENT GENERAL DE LA PROCEDURE



La réglementation parasismique

Les règles simplifiées

Métropole

CPMI-EC8 Z3 et Z4



Territoires d'Outre Mer

CPMI-EC8 Antilles(Z5)



BIEN CONSTRUIRE

IMPLANTATION

CONCEPTION

EXECUTION

IMPLANTATION

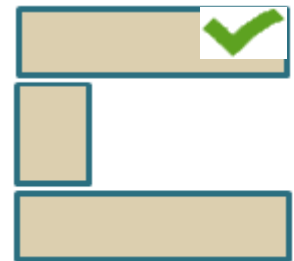
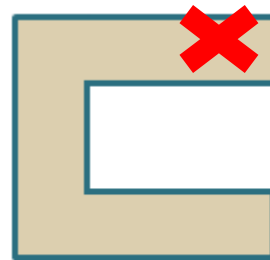
- **Etude géotechnique**
 - Caractéristiques du sol
 - Amplifications du mouvement de sol
- **Eboulement / glissement : s'éloigner**
 - Des bords des falaises
 - Des pieds de crête
 - Des pentes instables
- **Liquéfaction**



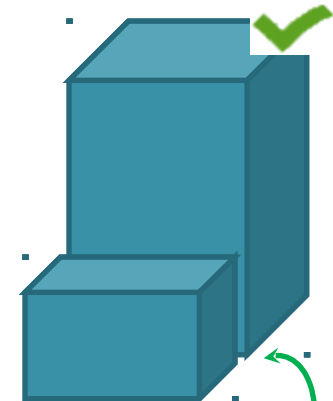
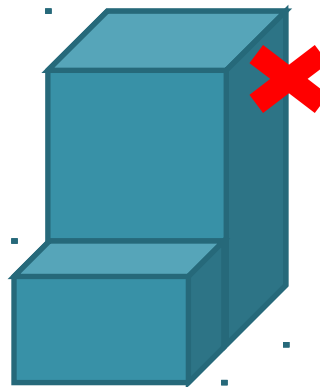
CONCEPTION

- Privilégier les formes simples

Structures compacts



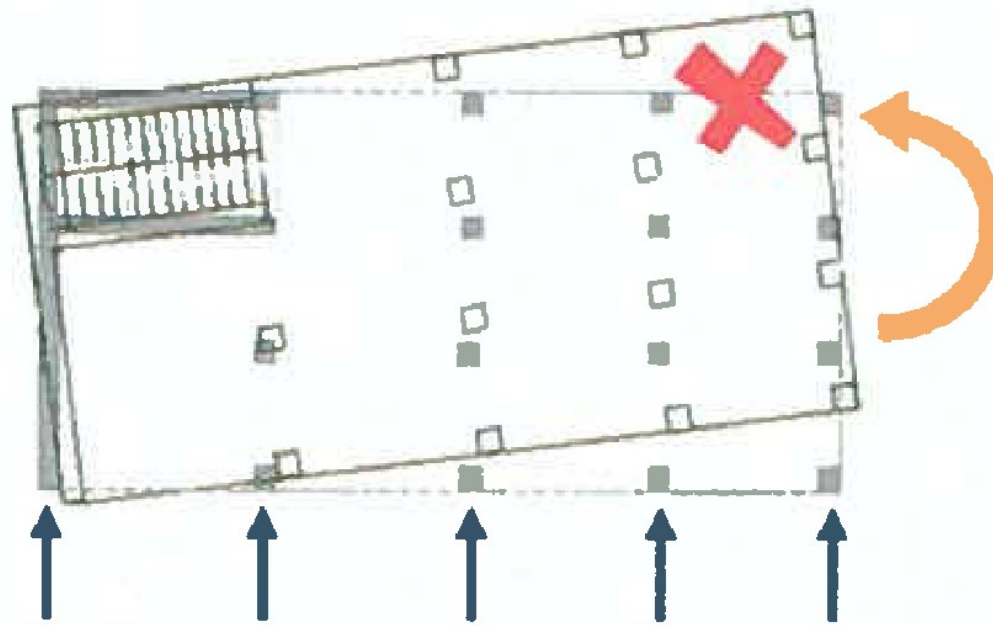
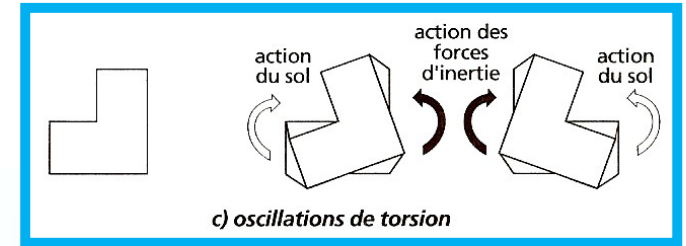
Limiter les décrochements en plan et en élévation



Jointes parasismiques

CONCEPTION

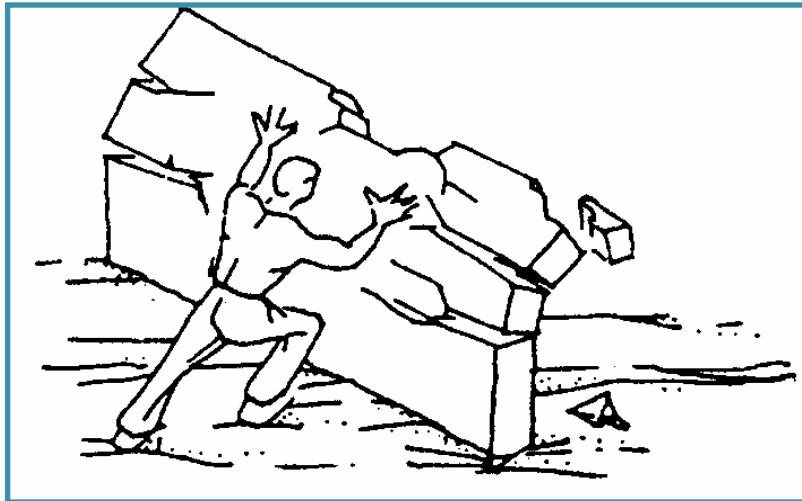
- Limiter les effets de torsion



séisme

CONCEPTION

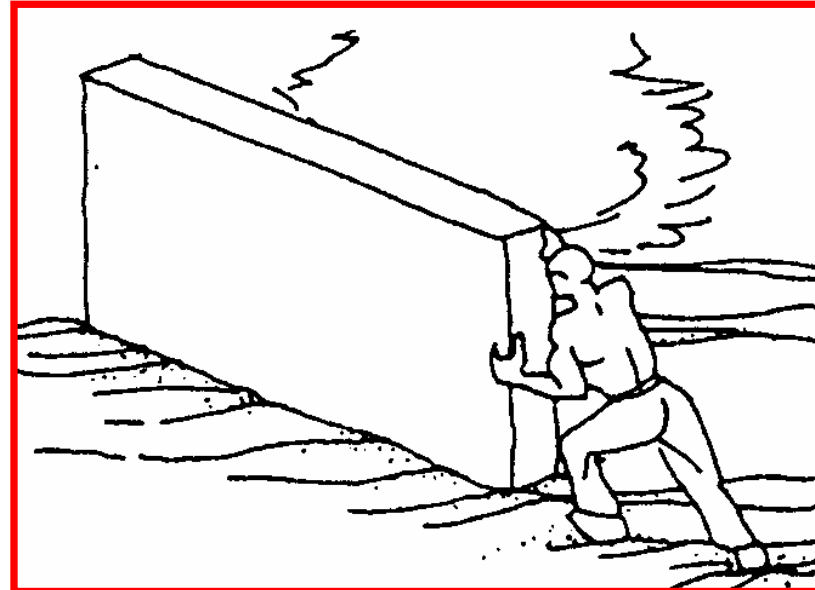
Assurer un système de contreventement vertical efficace



Mécanisme « hors plan » :

Actions sismiques perpendiculaires
au plan du contreventement

RÉSISTANCE FAIBLE



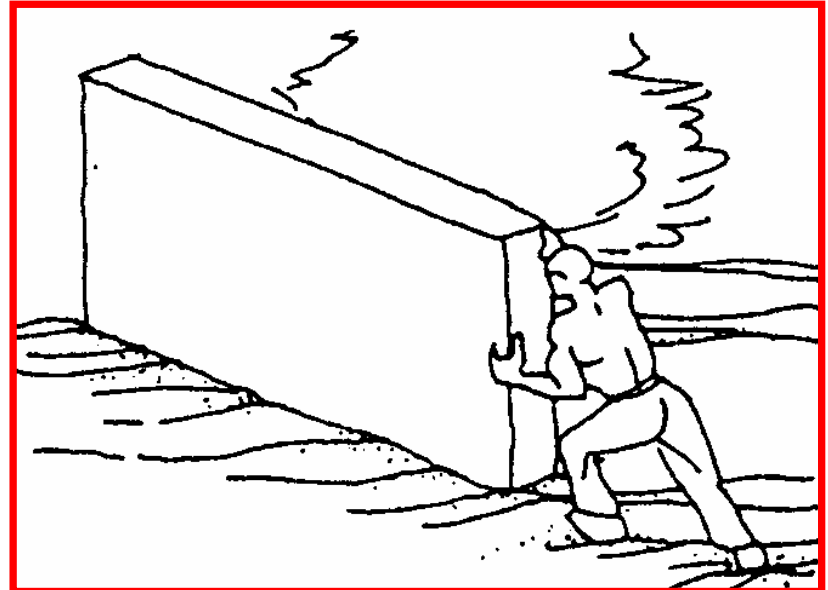
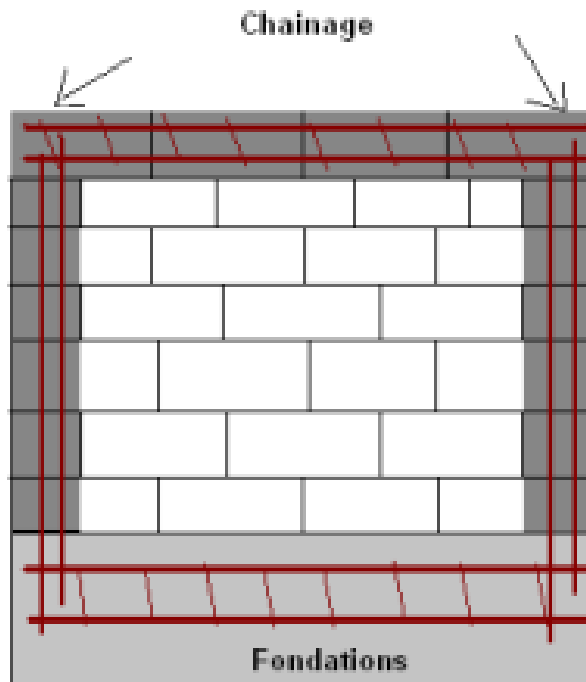
Mécanisme « dans le plan » :

Actions sismiques parallèles au
plan du contreventement

BONNE RÉSISTANCE

CONCEPTION

Assurer un système de contreventement vertical efficace



Mécanisme « dans le plan » :

Actions sismiques parallèles au plan du contreventement

BONNE RÉSISTANCE

CONCEPTION

Assurer un système de contreventement vertical efficace

REX:

- Manque de communication entre BET et l'architecte***
- Entraîne une conception plus couteuse en temps pour le BET (Eurocode)***

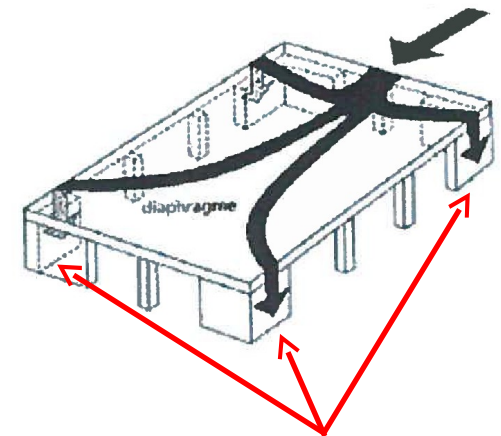
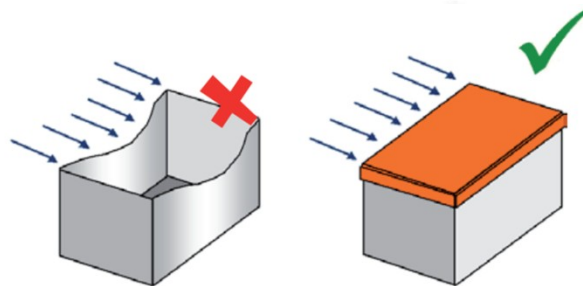
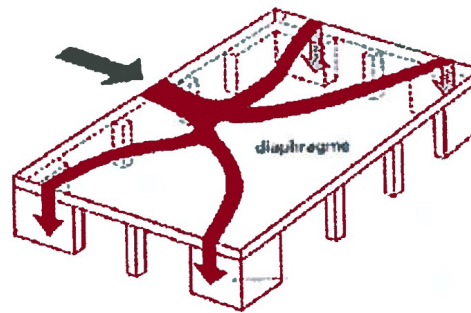
Exemple : panneaux de contreventement

- PSMI : continue en élévation (contradiction avec le besoin d'ouverture)***
- Force l'utilisation d'un texte difficile, couteux en temps***

CONCEPTION

•La reprise des efforts sismiques

Diaphragmes
horizontaux
PLANCHER



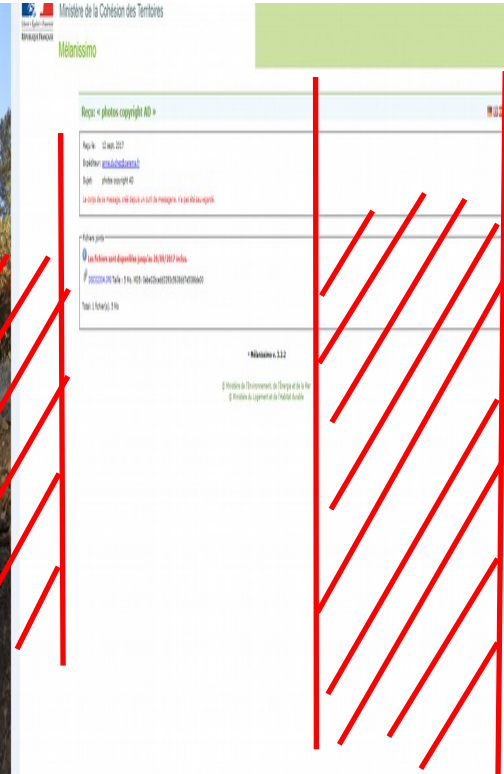
**MURS DE
CONTREVENTEMENT**

Diaphragmes
verticaux

CONCEPTION

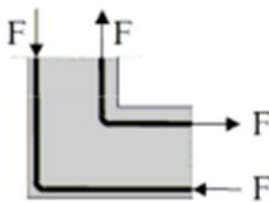
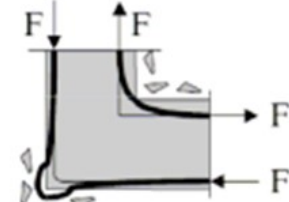
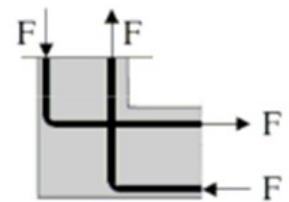
•La reprise des efforts sismiques

Les chaînages

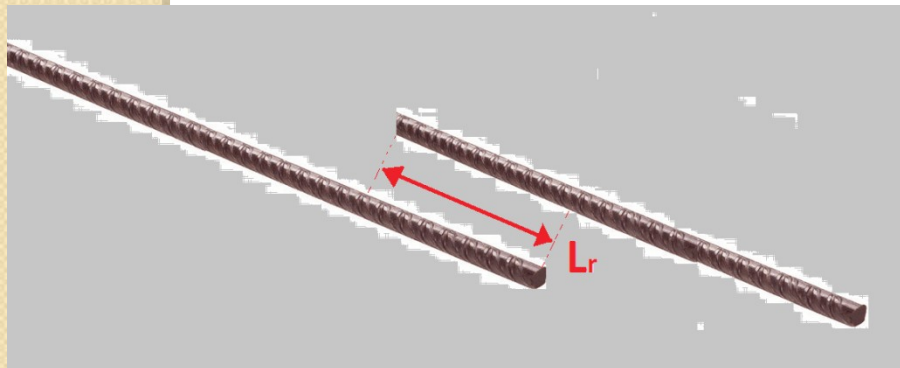


EXECUTION

- Soigner la mise en œuvre
 - bonne exécution
 - suivi de chantier

Exemple	Ferrailage incorrect	Problème	Solution
Angle de mur			

• La poussée au vide



• Longueur de recouvrement

Manque de
Chaînages
verticaux



Déficit de
panneaux de
contreventement



Augmentation de
la vulnérabilité
DANGER

Lambesc : dégâts sur les constructions



Epagny- Annecy : éléments non structuraux

- Dégâts non structuraux : des centaines de cheminées à terre



Amatrice: 24 août 2016

- Séisme de magnitude 6,2
- 300 victimes



Conclusion : conception parasismique des bâtiments

- Conception assurant un bon comportement parasismique.
 - tenir compte du terrain
 - **adopter une architecture favorable**
- Application des règles parasismiques
 - Dispositions constructives
 - Dimensionnement
- Mise en œuvre soignée
 - Matériau de qualité
 - Exécution dans les règles de l'art