

Règlement parasismique : cas des bâtiments existants

erwan queffelec



Sommaire

1. Principes techniques fondamentaux de la réglementation PS
 - 1.1. Caractéristique de l'effort dû au séisme
 - 1.2. Stratégie
 - 1.3. Rigidité
 - 1.4. Excentrement
 - 1.5. Notion de régularité
2. Dispositions réglementaires applicables
 - 2.1. Zonage du territoire
 - 2.2. Classes d'ouvrages
 - 2.3. Tableau d'application
3. Techniques de renforcement ou de mise à niveau
 - 3.1. Renforcement de fondations
 - 3.2. Renforcement du réseau de raidisseurs

1. Principes techniques fondements de la réglementation PS
2. Dispositions réglementaires applicables
3. Techniques de renforcement ou de mise à niveau

Principes techniques

1. Principes techniques fondements de la réglementation PS
2. Dispositions réglementaires applicables
3. Techniques de renforcement ou de mise à niveau

L'effort sismique

Séisme :

- Libération brutale d'une énergie emmagasinée
 - > Magnitude : Quantité d'énergie libérée.
se mesure en degré sur l'échelle ouverte de Richter
- Accélération d'une partie de la croûte terrestre

Conséquences :

- Les « objets » subissent l'accélération (A)
- Des efforts se développent en fonction de la masse
 - > $F = M \times A$

Résumé :

- Le simple fait de posséder une masse soumet les bâtiments aux séismes.

1. Principes techniques fondements de la réglementation PS
2. Dispositions réglementaires applicables
3. Techniques de renforcement ou de mise à niveau

Stratégie

Le principe de protection est fondé sur une approche pragmatique.
Le niveau de protection à assurer dépend de l'importance de l'ouvrage :

- > Les ouvrages n'engageant pas de risque pour la vie humaine
Pas de protection
- > Les ouvrages de faible à moyenne importance (occupation humaine pérenne) dits ORN
Approche probabiliste
- > Les ouvrages de grande taille et stratégiques dits ORS
Approche déterministe

1. Principes techniques fondements de la réglementation PS
2. Dispositions réglementaires applicables
3. Techniques de renforcement ou de mise à niveau

Rigidité

Notion de rigidité d'une structure :

Rapport entre l'effort appliqué et les déformations constatées

À valeurs d'efforts égales :

- > Structure rigide : —————> faibles déformations
- > Structure non rigide (souple) : —————> fortes déformations

Règle FONDAMENTALE :

Les efforts se répartissent proportionnellement à la rigidité des éléments qui composent la structure (voiles, trumeaux, poteaux)

Exemple : Une foule de poteaux sera toujours moins rigide qu'un voile disposé parallèlement à l'action.

1. Principes techniques fondements de la réglementation PS
2. Dispositions réglementaires applicables
3. Techniques de renforcement ou de mise à niveau

Ductilité

Notion de ductilité d'une structure :

Capacité à se déformer sans subir de dommages.

Notion connexe : Dissipativité :

Capacité à dissiper l'énergie apportée dans la structure par le séisme.

Généralement, une structure ductile est plus apte à dissiper l'énergie qu'une structure non ductile.

Classes de ductilité :

Les règles distinguent trois classes de ductilité : DCL, DCM, DCH.

La classe DCH (ductilité haute) n'est pas applicable en France

1. Principes techniques fondements de la réglementation PS
2. Dispositions réglementaires applicables
3. Techniques de renforcement ou de mise à niveau

Résonance

Fréquence propre d'une structure :

Rythme d'oscillation « naturelle » d'une structure

Fréquence propre du sol :

Rythme d'oscillation attendu du sol durant le séisme

> Sol mou : basses fréquences

> Sol dur : hautes fréquences

Résonance :

Amplification des oscillations d'une structure par correspondance entre excitation et fréquence propre

Conséquences :

Risques d'effondrement par amplification des mouvements jusqu'à rupture des structures

1. Principes techniques fondements de la réglementation PS
2. Dispositions réglementaires applicables
3. Techniques de renforcement ou de mise à niveau

Excentrement

Centre de gravité :

Point « d'équilibre » des masses

Les forces sismiques s'appliquent au CdG

Centre de rigidité :

Point « d'équilibre » des rigidités

Excentrement :

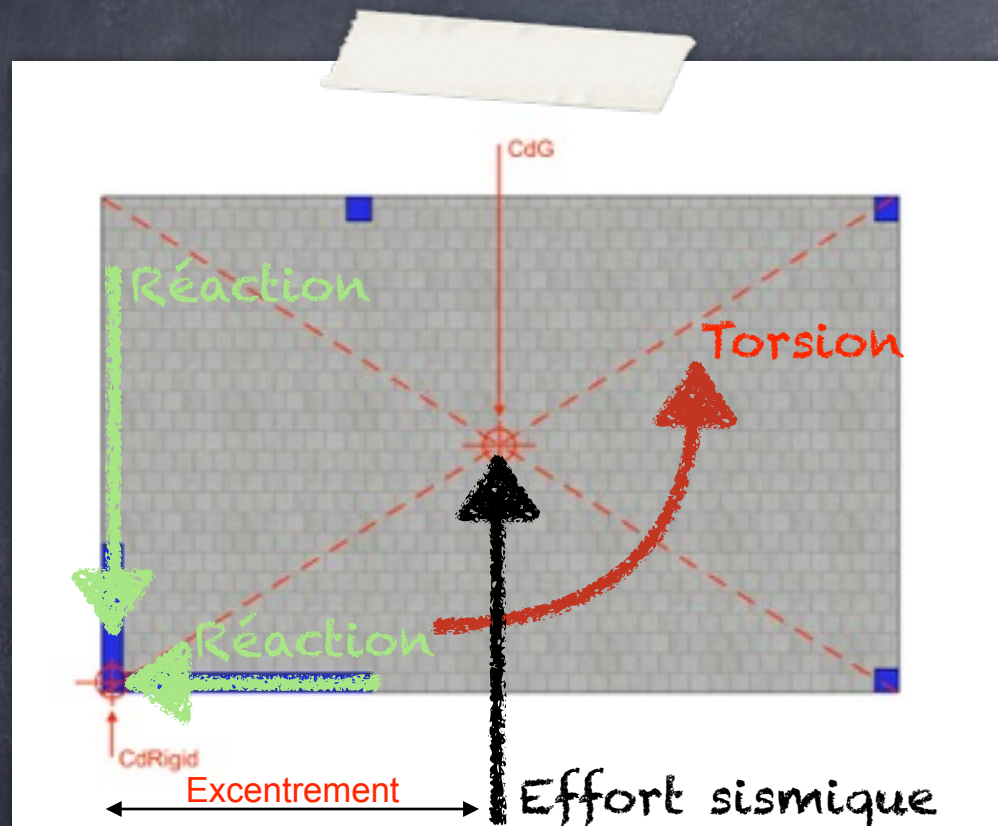
Distance géométrique entre centre de gravité et centre de rigidité

Conséquences :

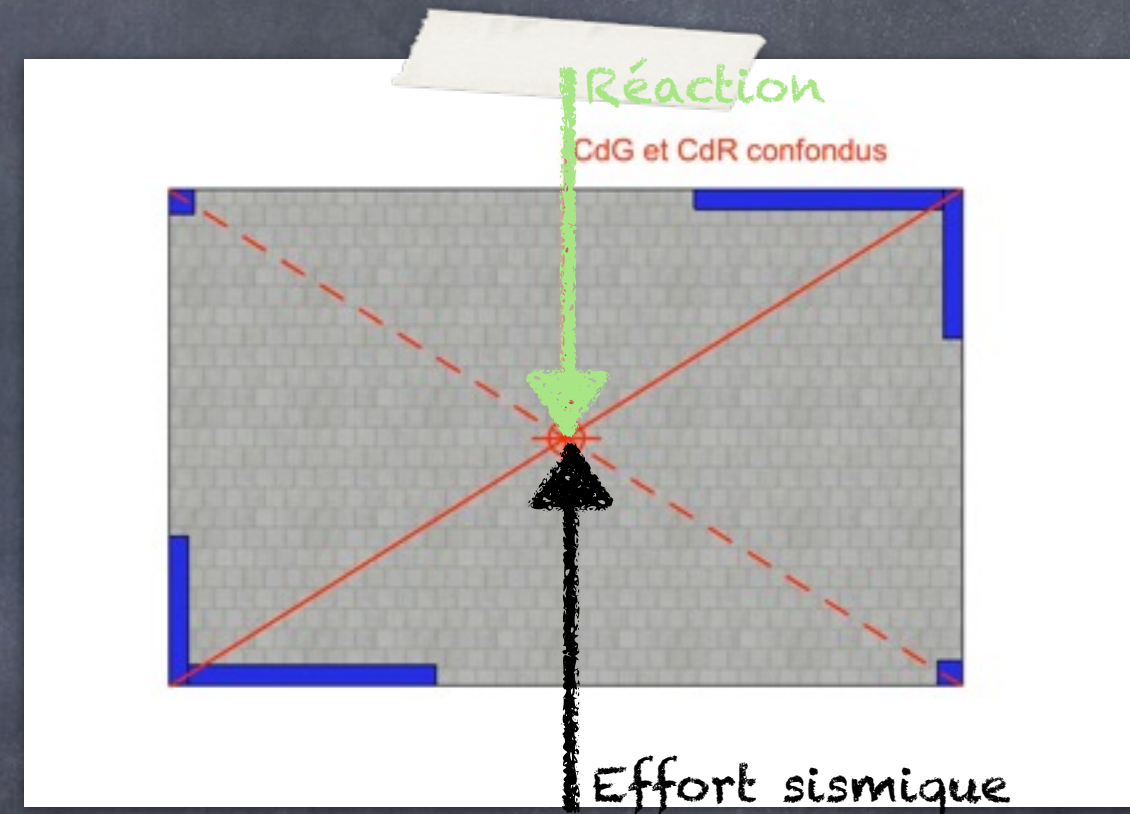
Torsion d'ensemble proportionnelle à l'excentrement

1. Principes techniques fondamentaux de la réglementation PS
2. Dispositions réglementaires applicables
3. Techniques de renforcement ou de mise à niveau

Excentrement



Risque de rupture des porteurs $\Rightarrow$ effondrement



Minimisation des efforts $\Rightarrow$ bon comportement

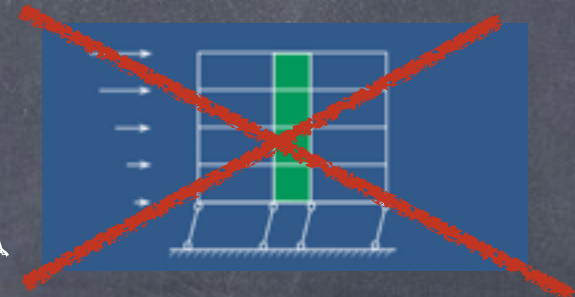
1. Principes techniques fondements de la réglementation PS
2. Dispositions réglementaires applicables
3. Techniques de renforcement ou de mise à niveau

Régularité

Un bâtiment est plus ou moins régulier selon :

- > La répartition des rigidités en plan
- > La répartition des rigidités en élévation
- > La valeur de l'excentrement entre CdG et CdR à chaque niveau

non !



Conséquences :

- > Bâtiment régulier : Bonne répartition des efforts
- > Bâtiment irrégulier : Torsion + concentration des efforts $\Rightarrow$ risques d'effondrement

1. Principes techniques fondements de la réglementation PS
2. Dispositions réglementaires applicables
3. Techniques de renforcement ou de mise à niveau

Dispositions réglementaires applicables

1. Principes techniques fondements de la réglementation PS
2. Dispositions réglementaires applicables
3. Techniques de renforcement ou de mise à niveau

Cadre Législatif...

Articles R563-1 à R563-8 du code de l'environnement :
Articles du Code de l'Environnement relatifs à la prévention du risque sismique

Décret n°2010-1254 du 22 octobre 2010
relatif à la prévention du risque sismique

Arrêté du 22 octobre 2010
relatif à la classification et aux règles de construction parasismique applicables aux bâtiments de la classe dite « à risque normal »

...et ressources techniques

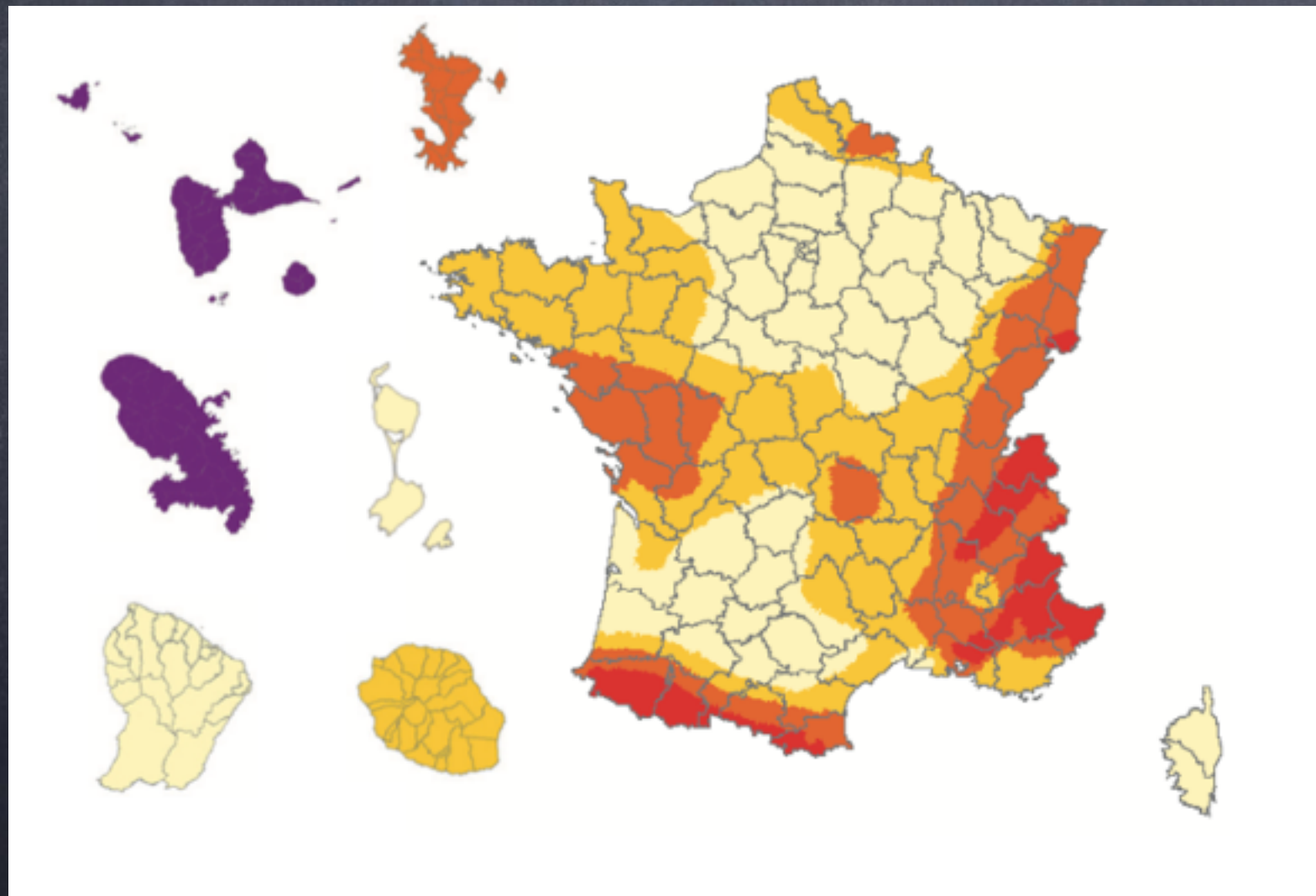
Documentation en Ligne : Site planséisme.fr

Documentation AFPS : Cahiers techniques et guides

1. Principes techniques fondements de la réglementation PS
2. Dispositions réglementaires applicables
3. Techniques de renforcement ou de mise à niveau

Zonage du territoire

Le territoire national est découpé en 5 zones d'aléa sismique



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

accélération $\Rightarrow$ efforts $\uparrow$

1. Principes techniques fondements de la réglementation PS
2. Dispositions réglementaires applicables
3. Techniques de renforcement ou de mise à niveau

Classes d'ouvrages

Deux grandes familles :

> Ouvrages à risque normal - ORN

- Globalement, tous les bâtiments courants
 - Habitations, Tertiaires, Scolaires....
- Classés par catégories d'importance de 1 à 4
 - 1 : Pas d'occupation humaine pérenne : hangars, auvents,...
 - 2 : Habitations jusqu'à 28m, ERP 5eme et 4eme catégorie, ERT < 300 pers
 - 3 : Habitations au-dessus de 28m, ERP catégorie 1,2,3, ERT > 300 pers
établissements scolaires, sanitaires et sociaux, production d'énergie collective,...
 - 4 : Tous les bâtiments stratégiques en cas de crise

> Ouvrages à risque spécial - ORS

- Globalement, tous les bâtiments présentant un risque particulier
 - Centrales nucléaires, ICPE, grands barrages
- **Pas abordés dans le cadre de l'intervention****

1. Principes techniques fondements de la réglementation PS
2. Dispositions réglementaires applicables
3. Techniques de renforcement ou de mise à niveau

Aspects réglementaires

> Ouvrages à risque normal - ORN

- Application de l'EC8 à partir du 1er janvier 2014 (fin de la période transitoire). C'est la date du permis qui fait foi.
- Antérieurement : PS92 avec accélérations majorées durant la période transitoire (entre mai 2011 et décembre 2014).
- PSMI valide pour les deux périodes (attention : conditions strictes)
- Avant 2011 : PS92 (suivant les éditions antérieures depuis PS69 puis PS82).
- DTU depuis PS69

> Ouvrages à risque spécial - ORS

- Pas d'application directe des règlements courants
 - Conditions d'études particulières - études microsismiques
- ** non traités dans le cadre de l'intervention **

1. Principes techniques fondements de la réglementation PS
2. Dispositions réglementaires applicables
3. Techniques de renforcement ou de mise à niveau

Règles applicables

> Principe de subsidiarité entre règlements

- Tous les bâtiments sont soumis au règlement en vigueur à la date de dépôt du PC.
- Cas particulier des Maisons Individuelles :
 - * Application des règles simplifiées PSMI
 - * Règles constantes depuis 89
 - * Conditions d'application => Voir page suivante
- Interprétation :
 - * IL n'est pas interdit de construire une MI ne respectant pas les PSMI
 - * Dans ce cas on applique le règlement général (EC8)
- Autre cas :
 - * Exemple des bâtiments en béton armé zone 2 et 3 => Calcul efforts à l'EC8 et calcul structure à l'EC2 (conséquence de la prise en compte de la classe de ductilité limitée)
 - * Si non respect d'une condition => Application totale de l'EC8

Bâtiment en béton armé

Zone de sismicité	Catégorie d'importance			
	I	II	III	IV
1	Pas d'exigence réglementaire			
2				
3	DCL applicable sous réserve de compléments NF EN 1998-1/NA, clause 5.3.1 (1)		DCL applicable (NF EN 1998-1, clause 3.2.1 (5))	
4				
5	DCL interdite *		DCL interdite	

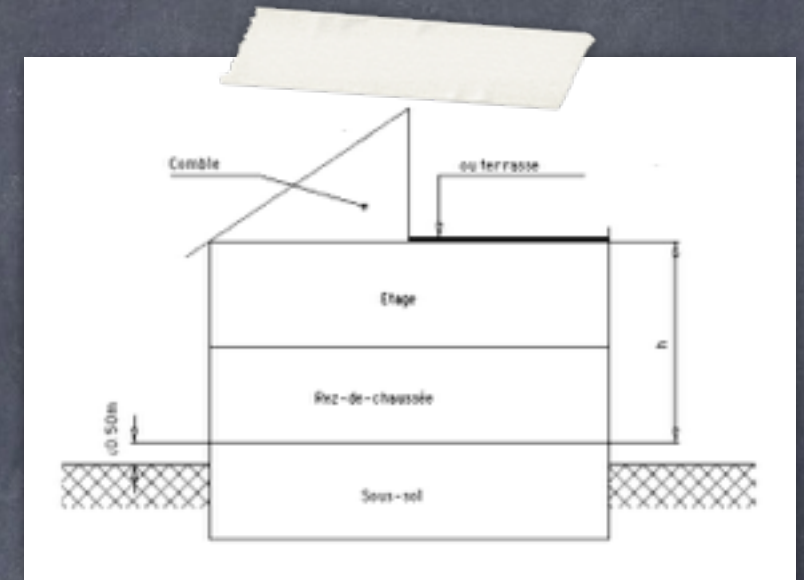
* Pour les maisons individuelles, il est toujours possible d'appliquer la norme PS-MI ou le Guide CP-MI Antilles, sous réserve du respect des conditions de ces documents.

1. Principes techniques fondements de la réglementation PS
2. Dispositions réglementaires applicables
3. Techniques de renforcement ou de mise à niveau

Conditions « PSMI »

> Application des PSMI si :

- ✓ Bâtiment de classe 2 et ORN
- ✓ Zone 2, 3, 4
- ✓ R+1 sur cave maximum (combles ou PL Ht)
- ✓ Hauteur d'étage max 3,3m
- ✓ Charges sur plancher $\leq 2,5 \text{ KN/m}^2$
- ✓ Portance sol $\geq 0,25 \text{ MPa}$



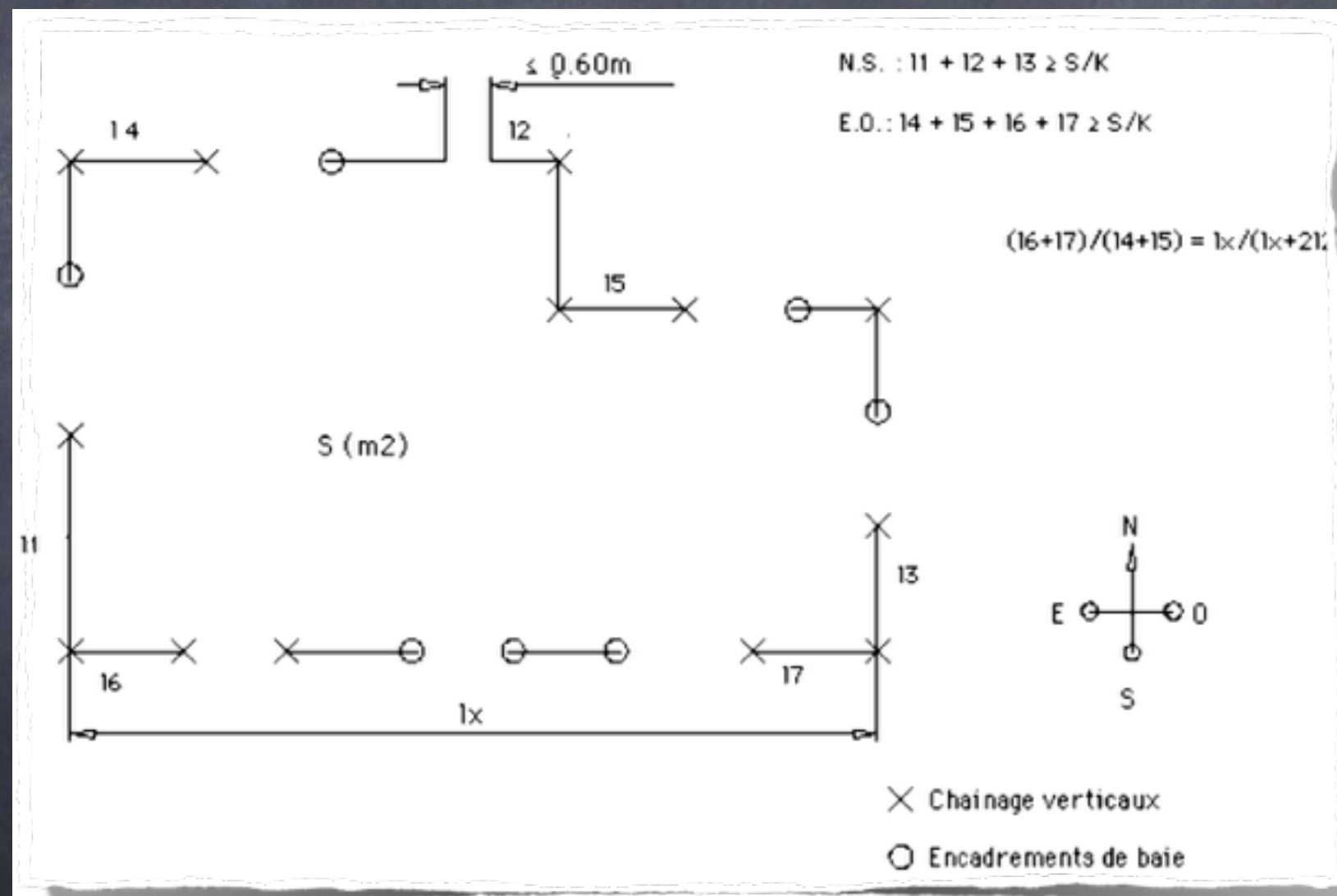
> Exigences principales des PSMI :

- ✓ En plan : Se rapprocher d'un bâtiment rectangulaire régulier
 - * Retraits façade $< 25\%$
- ✓ En élévation :
 - * Rapport 0,7 entre les deux points extrêmes en élévation
- ✓ Contreventement :
 - * Linéaire de mur mini imposé en fonction de la zone
- ✓ Type de maçonnerie :
 - * Maçonnerie chaînée avec règles de répartition des chainages
 - * Épaisseur maçonnerie imposée (20 creux 10 plein)

1. Principes techniques fondements de la réglementation PS
2. Dispositions réglementaires applicables
3. Techniques de renforcement ou de mise à niveau

Conditions « PSMI »

> Exemple de répartition en plan des chainages



Extrait PSMI

1. Principes techniques fondements de la réglementation PS
2. Dispositions réglementaires applicables
3. Techniques de renforcement ou de mise à niveau

Cas des bâtiments existants

> Principe pour les ORN :

- * Pas de travaux importants $\Leftrightarrow$ Pas de renforcement
- * Principe de non aggravation

> Conditions déclenchement du renforcement :

- * Varient suivant la zone et la classe de bâtiment

	Cat.	Travaux	Règles de construction
Zone 2	IV	> 30% de SHON créée > 30% de plancher supprimé à un niveau	Eurocode 8 ³ $a_g=0,42 \text{ m/s}^2$
Zone 3	II	> 30% de SHON créée > 30% de plancher supprimé à un niveau Conditions PS-MI respectées	PS-MI ¹ Zone 2
		> 30% de SHON créée > 30% de plancher supprimé à un niveau	Eurocode 8 ³ $a_g=0,66 \text{ m/s}^2$
	III	> 30% de SHON créée	Eurocode 8 ³ $a_g=0,66 \text{ m/s}^2$
	IV	> 30% de plancher supprimé à un niveau	Eurocode 8 ³ $a_g=0,66 \text{ m/s}^2$
Zone 4	II	> 30% de SHON créée Conditions PS-MI respectées	PS-MI ¹ Zone 3
		> 30% de SHON créée > 30% de plancher supprimé à un niveau	Eurocode 8 ³ $a_g=0,96 \text{ m/s}^2$
	III	> 20% de SHON créée	Eurocode 8 ³ $a_g=0,96 \text{ m/s}^2$
	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 ² respectées	CP-MI ²
		> 20% de SHON créée > 30% de plancher supprimé à un niveau > 20% des contreventements supprimés	Eurocode 8 ³ $a_g=1,8 \text{ m/s}^2$
	III	> 20% de SHON créée	Eurocode 8 ³ $a_g=1,8 \text{ m/s}^2$
	IV	> 30% de plancher supprimé à un niveau > 20% des contreventements supprimés Ajout équipement lourd en toiture	

¹ Application possible (en dispense de l'Eurocode 8) des PS-MI. La zone sismique à prendre en compte est celle immédiatement inférieure au zonage réglementaire (modulation de l'aléa).

² Application possible du guide CP-MI

³ Application obligatoire des règles Eurocode 8

1. Principes techniques fondements de la réglementation PS
2. Dispositions réglementaires applicables
3. Techniques de renforcement ou de mise à niveau

Techniques de renforcement ou de mise à niveau

quelques exemples

1. Principes techniques fondements de la réglementation PS
2. Dispositions réglementaires applicables
3. Techniques de renforcement ou de mise à niveau

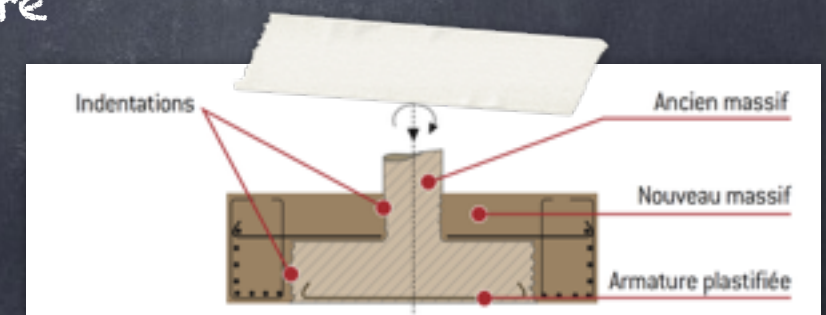
SOL et fondations

> Sol :

- ✓ Défaut de portance $\Rightarrow$ Reprise en sous oeuvre
 - * Micropieux
 - * Puits
 - * Jet grouting
- ✓ Liquéfaction $\Rightarrow$ Traitement de sol
 - * Drainage
 - * Compaction solide
 - * Jet Grouting

> Fondations :

- ✓ Défaut d'assise $\Rightarrow$ Reprise en sous oeuvre
 - * Elargissement par « sur-semelle »
 - * Micropieux, Puits
 - * Jet grouting...
- ✓ Faiblesse structurelle $\Rightarrow$ Renforcement
 - * Renforcement ferrailage par brochage
 - * Butonage



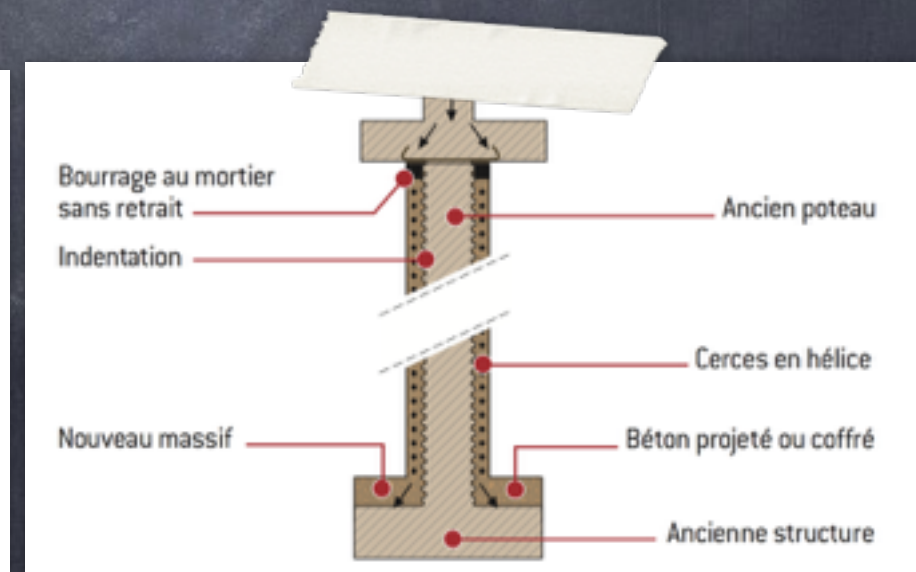
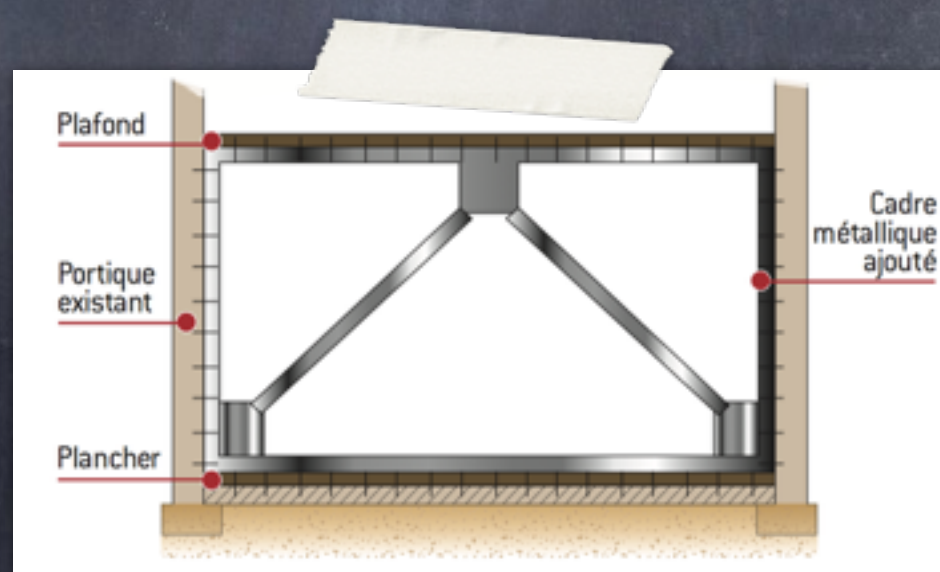
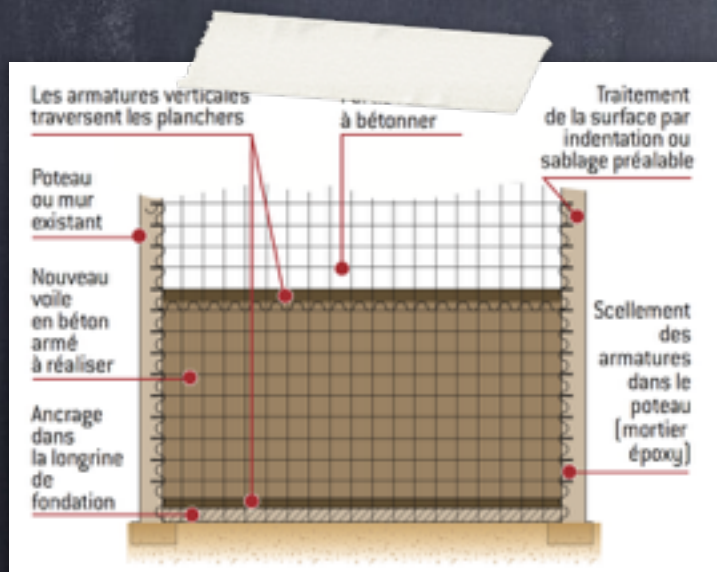
1. Principes techniques fondements de la réglementation PS
2. Dispositions réglementaires applicables
3. Techniques de renforcement ou de mise à niveau

Élévations

> Renforcement du CTV :

Rappel :
Problème récurrent → Contreventement faible

- ✓ Ajout de voiles liés aux structures existantes
 - * Voiles BA
 - * Travées rigides métalliques
- ✓ Création de portiques
 - * Portiques métalliques
 - * Renforcement des structures BA existantes
- ✓ Dans tous les cas : Respect du principe poteau fort - poutre faible



1. Principes techniques fondements de la réglementation PS
2. Dispositions réglementaires applicables
3. Techniques de renforcement ou de mise à niveau

Élévations

> Renforcement du CTV :



1. Principes techniques fondements de la réglementation PS
2. Dispositions réglementaires applicables
3. Techniques de renforcement ou de mise à niveau

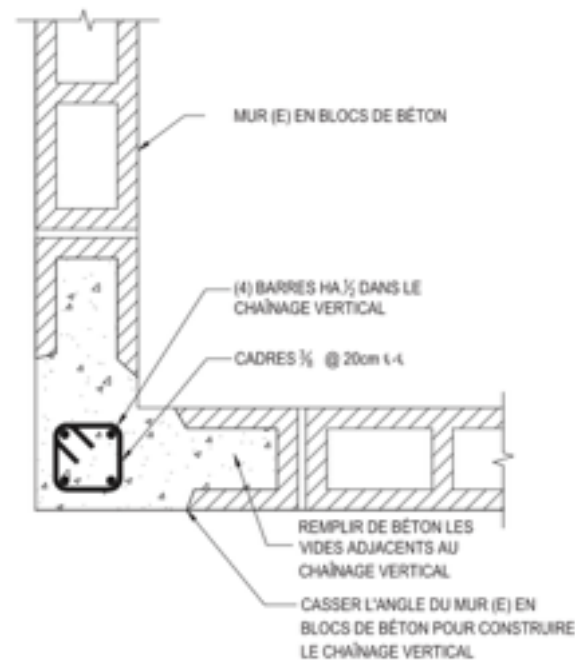
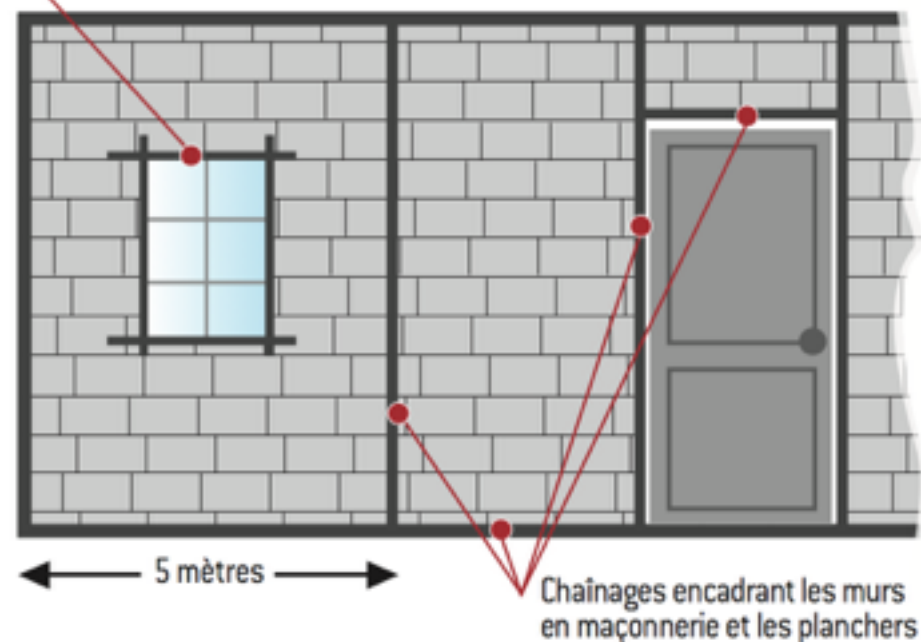
Élévations

> Renforcement des maçonneries de blocs (DTU 20.1) :

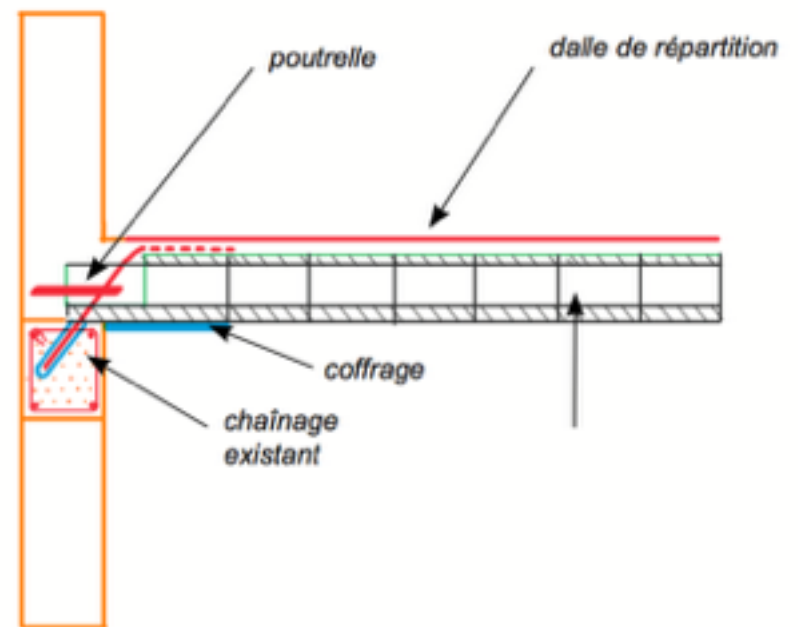
Problème récurrent → Défaut de chaînage

- ✓ Ajout ou renforcement de chainages verticaux et horizontaux par saignées
 - * Reconstitution de panneaux chaînés conformes
 - * Raccordement aux chaînages horizontaux
 - * Renforcement liaison planchers-chaînage horizontal

Encadrement des ouvertures par des chainages



coupe longitudinale (A-A)



1. Principes techniques fondements de la réglementation PS
2. Dispositions réglementaires applicables
3. Techniques de renforcement ou de mise à niveau

Annexe

Quelques Documents de référence

- ✓ Plaquettes Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des Transports et du Logement :
« La nouvelle RÉGLEMENTATION PARASISMIQUE applicable aux bâtiments »
- ✓ Plaquettes Agence Qualité Construction :
« Renforcer le bâti existant en zone sismique »
- ✓ Cahier Technique de l'AFPS
« Évaluation de l'incidence de travaux sur la vulnérabilité au séisme d'un bâtiment existant »

1. Principes techniques fondements de la réglementation PS
2. Dispositions réglementaires applicables
3. Techniques de renforcement ou de mise à niveau

Merci de votre attention