

Le sous-sol et les TP	<i>Le génie parasismique et les TP</i>	Fiches ressources	
		Dossier n°2	Présentation

## Présentation du dossier

Le sous-sol et les TP	<i>Le génie parasismique et les TP</i>	Fiche ressource n°1a	
		Dossier n°2	Introduction

## La sismologie

Science des tremblements de terre qui se propose d'étudier :

- le phénomène séisme lui-même : causes, mécanismes, répartition, prévention et prévision
- les ondes émises : signaux dont la déformation au cours de la propagation nous renseigne sur la **structure interne** du globe

## Le séisme

Un **séisme** est un mouvement naturel du sol qui débute brusquement (rupture brutale) et dure peu (quelques secondes à quelques minutes)

Il existe différents types de séismes :

tectoniques, volcaniques, d'effondrement, artificiels, induits

## Comment se produisent les séismes ?

### Mouvement des plaques tectoniques

- mouvement régulier (mais non continu)
- quelques mm à quelques cm/an

### Mouvement des failles

- bloqué pendant des années
- accumulation de contraintes
- relaxation de ces contraintes
- rupture brutale

## La construction parasismique

Le but de la construction parasismique consiste à trouver des techniques de génie civil permettant aux habitations de résister à toutes les secousses d'intensités inférieures ou égales à l'intensité nominale fixée par la loi.

Le sous-sol et les TP	<i>Le génie parasismique et les TP</i>	Fiche ressource n°1	
		Dossier n°2	Activité 1

On a fait beaucoup de progrès dans ce domaine depuis les années 60 et on a élaboré différentes techniques de conception parasismique d'ensemble:

- implantation judicieuse des constructions, hors des zones instables.
- adaptation des fondations au type de sol.
- utilisation de matériaux de qualité adéquate.
- utilisation de dispositions constructives énoncées dans les guides techniques de construction parasismique (distribution des masses, chainages horizontaux et verticaux, etc...)
- prise en compte de "l'agression sismique" sur le site considéré (ce qui signifie établir des plans de construction en sachant qu'il peut se produire des séismes et donc éviter toutes les architectures permettant des effondrements).

Ainsi la construction parasismique ne consiste pas uniquement en l'élaboration de techniques de construction mais d'un ensemble de méthodes permettant aux bâtiments de résister aux secousses des séismes.

Les trois grandes activités de la construction parasismique sont :

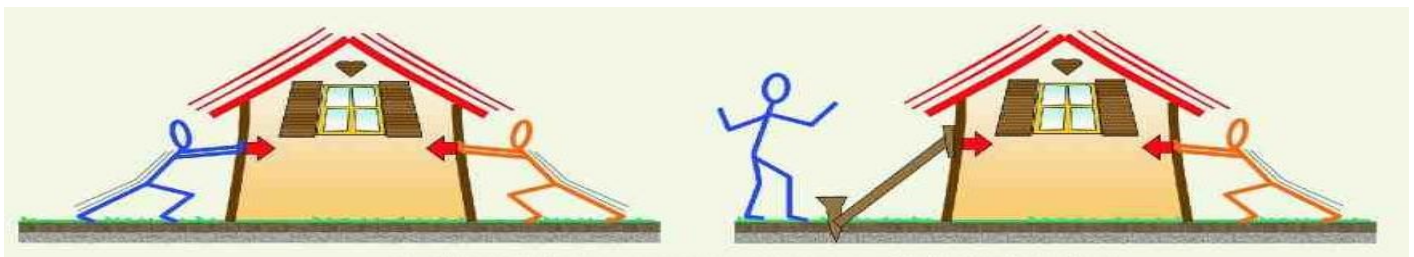
- l'étude des sols
- la construction de bâtiments neufs parasismiques
- le renforcement des bâtiments déjà construits.

Le sous-sol et les TP	<i>Le génie parasismique et les TP</i>	Fiche ressource n°1b	
		Dossier n°2	Activité n°1

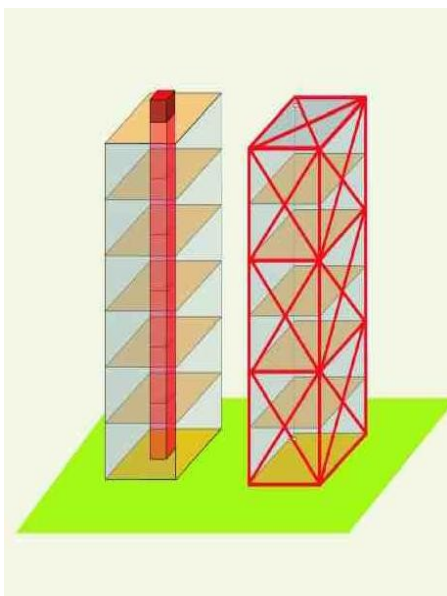
## Qu'est-ce que le génie parasismique ?

C'est une spécialisation de l'ingénieur civil qui s'occupe des tremblements de terre et de leurs effets sur les constructions

Le génie parasismique propose aussi une réponse aux contraintes provenant d'un séisme comme par exemple des solutions pour consolider les structures.



Pour compenser les efforts horizontaux il convient de trouver des solutions simples et efficaces



Dans la pratique on crée des raidisseurs qui sont disposés sur toute la hauteur du bâtiment (tels que cages d'escalier et ascenseurs)  
On parle de contreventements car historiquement leur première fonction consistait à reprendre les efforts du vent.  
Bien dimensionnés, comme c'est très souvent le cas dans les bâtiments élevés (plus de 10 étages), ils sont aussi efficace contre les séismes



Exemple de san fransisco : Dans cette région, où le risque sismique est très grand, les ingénieurs prennent les dispositions qui s'imposent. L'exemple de cette ville est caractéristique car la ville a été construite sur la fameuse faille de san andréas

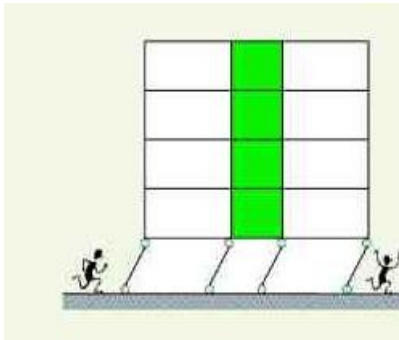


La tour Transamerica a été construite avec les dispositions parasismiques les plus sévères

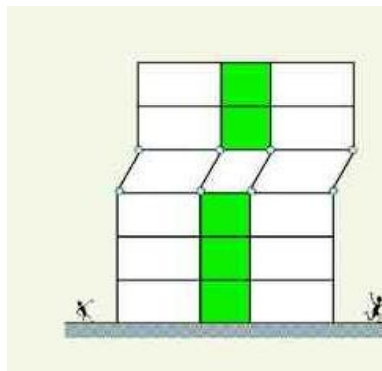
Le sous-sol et les TP	<i>Le génie parasismique et les TP</i>	Fiches ressource n°2	
		Dossier n°2	Activité n°2

## Quelques règles de base du génie parasismique

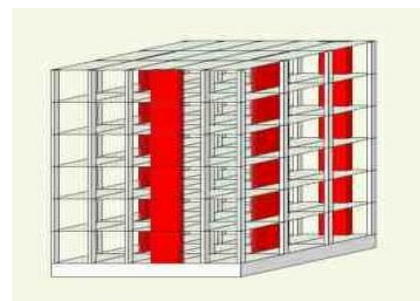
Eviter les rez de chaussée flexibles



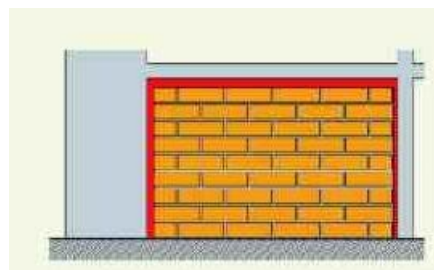
Eviter les étages flexibles



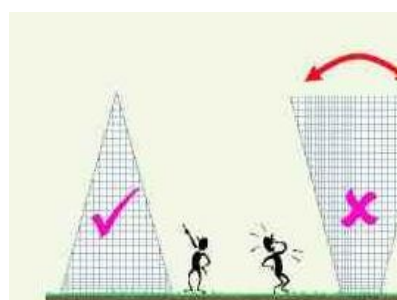
Garantir des contreventements continuent des fondations à la toiture



Eviter le remplissage des cadres en béton par de la maçonnerie ou prévoir des joints en matériaux compressibles



Assurer une stabilité naturelle du bâtiment



Le sous-sol et les TP	<i>Le génie parasismique et les TP</i>	Fiche ressource n°3	
		Dossier n°2	Activité n°3

## Quelles sont les classes d'ouvrage

Les ouvrages sont répartis en trois classes en fonction des risques encourus par les personnes et leur importance

CLASSE 1 : L'ouvrage ne doit pas s'effondrer

Exemples : Les bâtiments d'habitation, les bâtiments administratifs et artisanaux, les parkings, les ponts de faible importance



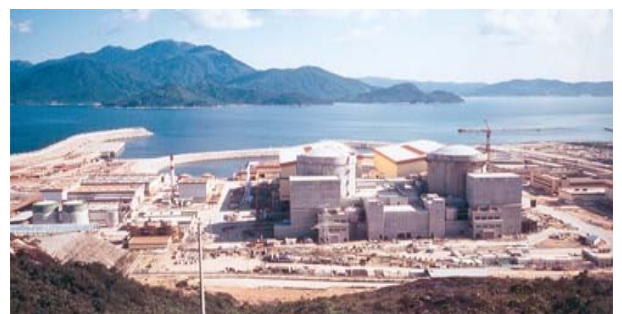
CLASSE 2 : L'ouvrage ne doit pas s'effondrer pour une excitation sismique majorée d'un facteur 1,2

Exemples : Les centres d'achat, stades, cinéma, théâtres, écoles, bâtiments de l'administration publique, ponts de grande importance



CLASSE 3 : L'ouvrage doit toujours être apte au service

Exemples : les hôpitaux, les équipements et les installations servant à la protection en cas de catastrophe (police, pompiers, etc...) les ponts et les voies de communication vers ces ouvrages, les usines et les installations à risque pour la population et l'environnement.



Le sous-sol et les TP	<i>Le génie parasismique et les TP</i>	Fiche ressource n°4a	
		Dossier n°2	Activité n°4

## Quelle est l'influence du sol ?

Le sol de fondation joue un rôle très important dans le comportement des ouvrages.

Ainsi plus le sol est dur mieux il se comportera en cas de séisme.

On évitera donc des constructions sur des sols très mous dans des zones où le risque sismique est important.

Plus le sol est mou plus la taille de ces composants est petite.

Sol très dur

Sol très mou

Très bon

Très mauvais

Comportement

Classe	A	B	C	D	E	F
Nom	Roche dure	Gravier-sable	Dépôts sableux	Limon-argile	Tourbe/craie	
Taille composants	m-km	6cm-2mm	2-0,06mm	0,06-0,00001mm		

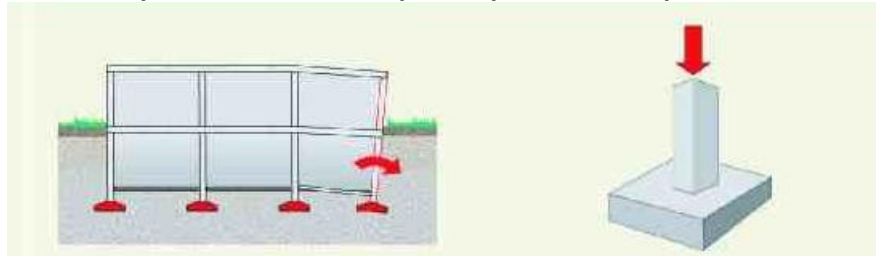


Le sous-sol et les TP	<i>Le génie parasismique et les TP</i>	Fiche ressource n°4b	
		Dossier n°2	Activité n°4

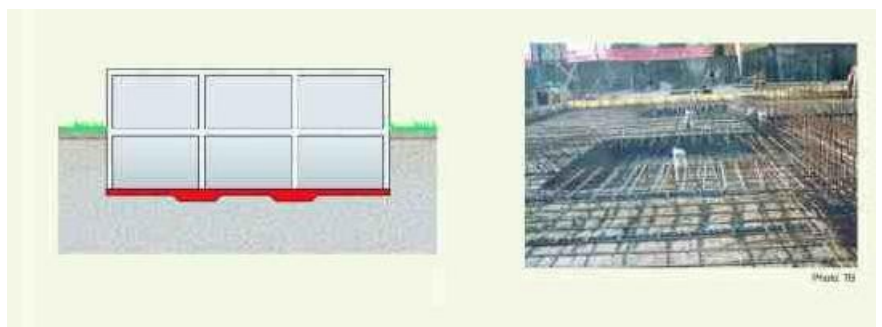
## Quelle est l'influence des fondations ?

Le choix des fondations est fondamental pour une conception parasismique efficace des bâtiments.

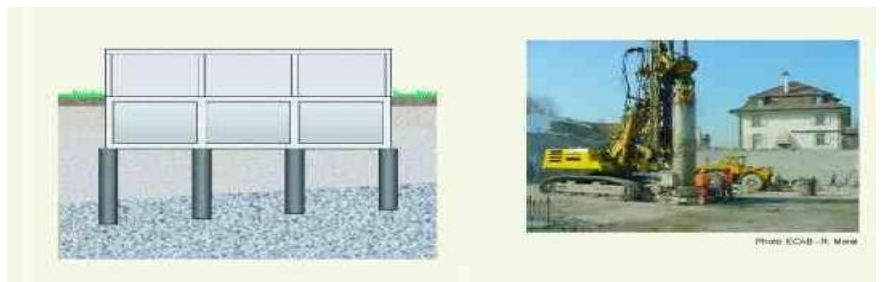
Les fondations isolées peuvent s'avérer critiques dans les terrains meubles inhomogènes



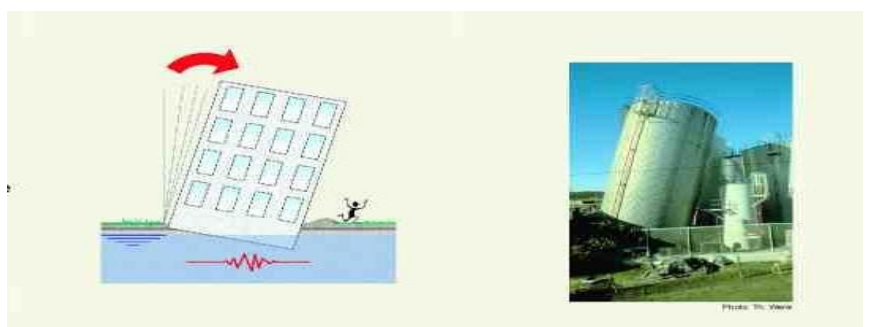
Les fondations massives telles que les radiers garantissent une plus grande cohésion du bâtiment



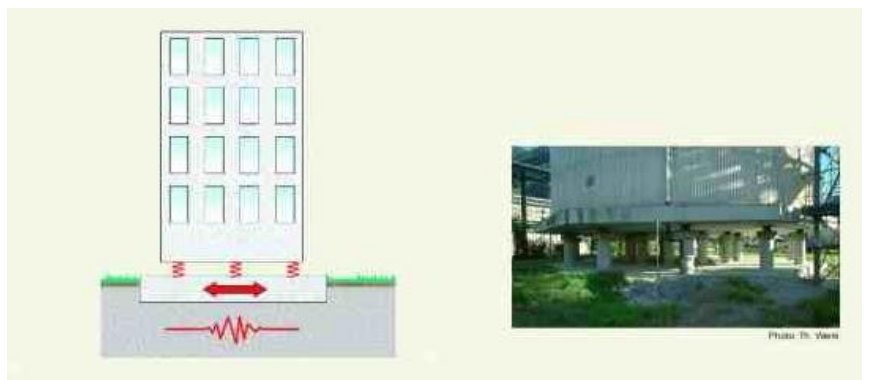
Les fondations profondes telles que les pieux forés permettent de reposer le bâtiment sur des couches plus rigides donc plus favorables



Les sols composés de sable et saturés d'eau sont sensibles aux oscillations et peuvent se liquéfier de façon similaire aux sables mouvants. Dans ce cas des fondation profondes s'imposent !

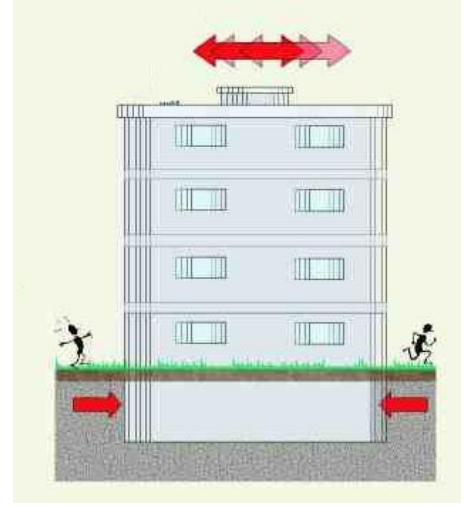
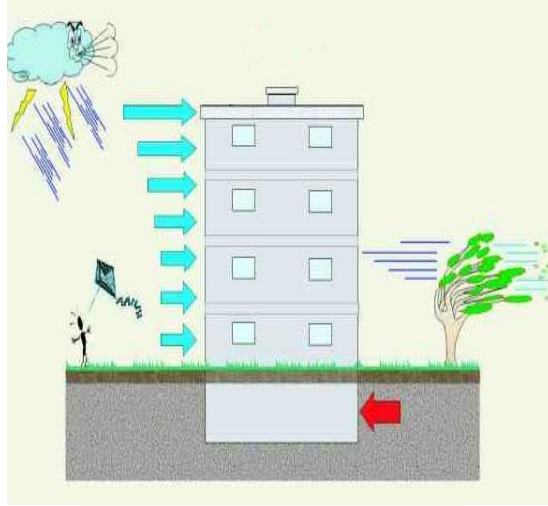
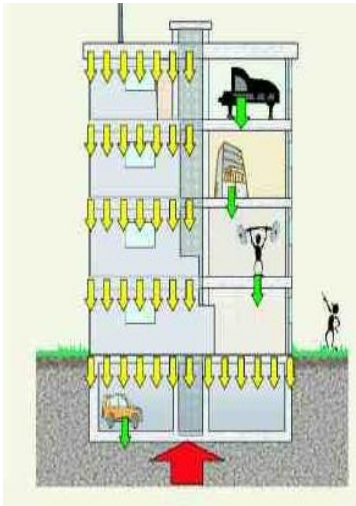


Une méthode radicale pour assurer les bâtiments du danger sismique consiste à les isoler du terrain par des appuis sismiques flottants



Le sous-sol et les TP	<i>Le génie parasismique et les TP</i>	Fiches ressource n°5	
		Dossier n°2	Activité n°5

## Les effets d'un séisme sur les bâtiments



Comment réagit un ouvrage aux effets d'un séisme ?



Un séisme provoque une accélération du sol de fondation. Cette accélération engendre des forces qui agissent sur la hauteur du bâtiment.

Pour ce représenter au mieux ses effets il faut s'imaginer que l'on place l'ouvrage entier sur un camion. Le chauffeur accélère brièvement en marche arrière, freine, accélère à nouveau vers l'avant, freine, et ainsi de suite...

Pour simuler l'effet d'un séisme ces déplacements ne devraient pas dépasser 20-30 cm.

Comme on le voit sur l'image ci-dessus, l'ouvrage massif, tend à conserver son emplacement initial et ploie sous ses mouvements.

Le sous-sol et les TP	Le génie parasismique et les TP	Fiches ressource n°6a	
		Dossier n°2	Activité n°6

## Quel rôle joue la hauteur d'un bâtiment ?

La hauteur d'un ouvrage joue un rôle très important dans son comportement parasismique

Quelques notions simples sur les oscillations :

Nous utiliserons le modèle du pendule simple :

**T Période** : durée de l'oscillation (se calcule en secondes)

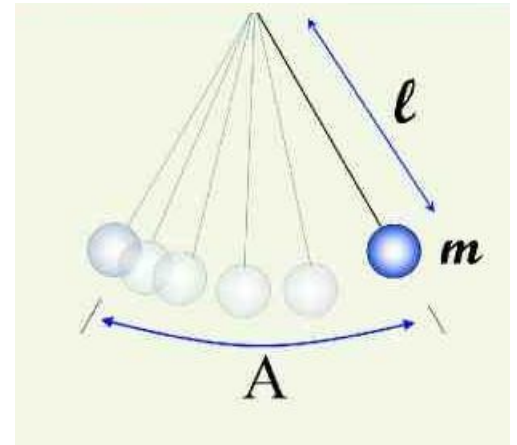
**f Fréquence** : nombre d'oscillations par seconde (se calcule en hertz 1Hz=1/s)

**A Amplitude** : Elongation maximale (se mesure en mètres)

**m Masse** du pendule (se mesure en kilogrammes)

**l Longueur** du pendule (se mesure en mètres)

**g Accélération** de la pesanteur (g=9,81m/s)



La durée d'oscillation du pendule dépend uniquement de la longueur ! Elle est indépendante de la masse et de l'amplitude !

Par exemple, pour une balançoire dont la longueur de corde est de 1,5 m sa période est de 1,5 secondes, et pour un pendule de 5 m sa période est de 4,5 secondes.

On utilisera la formule suivante :

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{l}{g}} \approx 2\sqrt{l}$$

Un séisme perturbe notre bâtiment et lui impose une oscillation

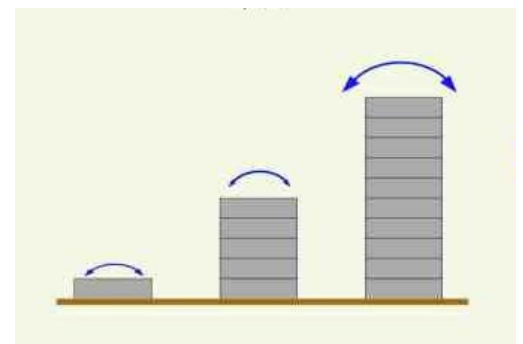
La fréquence propre, respectivement la période d'un bâtiment est dépendante de sa hauteur, à l'image du pendule décrit ci-dessus.

Une formule empirique nous donne une valeur indicative pour les bâtiments en béton armé.

La période est égale au **nombre d'étages (n)** divisé par un nombre valant environ 5.

Ainsi un immeuble de 10 étages à **une période (T)** d'environ 2 secondes.

La **fréquence (f)** en Hertz est l'inverse de la période.



$$T = n/5$$

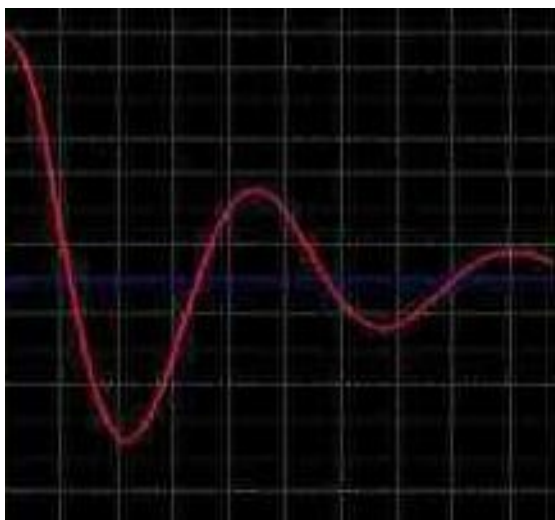
$$f = 1/T = 5/n$$

Le sous-sol et les TP	<i>Le génie parasismique et les TP</i>	Fiches ressource n°6b	
		Dossier n°2	Activité n°6

## Les bâtiments élevés ne sont pas forcément les plus menacés

Il faut savoir qu'un bâtiment très élevé est soumis à des efforts induits plus faibles qu'un bâtiment plus bas.

Il est moins sensible aux effets d'un séisme et, de plus, il est généralement soigneusement dimensionné pour les efforts du vent qui sont, dans la majorité des cas, plus importants que ceux qui seraient induits par un séisme.



Le séisme dure généralement entre 5 et 20 secondes et l'oscillation induite est amortie comme le montre le diagramme à gauche et le bâtiment retrouve rapidement sa position et son calme initiaux.

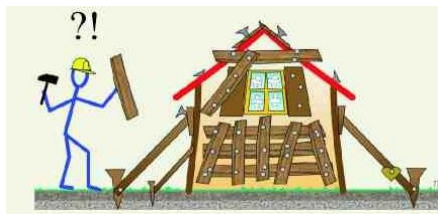
## Domaine des fréquences et périodes les plus courantes du mouvement du sol

Mouvement des sols	Fréquences	Période
Accélération des sols pour l'Europe, la Californie, les Alpes:		
- sols durs	3-10 Hz	0,3-0,1 s
- sols moyennement durs	2-8 Hz	0,5-0,13 s
- sols mous	0,5-2Hz	2-0,5 s

Le sous-sol et les TP	<i>Le génie parasismique et les TP</i>	Fiche ressource n°7a	
		Dossier n°2	Activité n°7

## Comment renforcer des ouvrages existants ?

Si les calculs démontrent des lacunes, il faut renforcer les éléments stabilisateurs existants ou ajouter de nouveaux éléments à la structure.



Les renforcements doivent être adaptés à l'ouvrage. Une exagération des mesures peut avoir des effets négatifs



Renforcement provisoire effectué après un séisme



Renforcement d'un bâtiment au moyen d'appuis externes



Renforcement au moyen de nouveaux éléments en béton armé (murs, piliers, poutres...)



Renforcement au moyen de bandes incorrodables en plastique renforcé de fibres de carbone pour améliorer le comportement sismique des structures en béton armé, brique, acier, aluminium ou bois.

Renforcement à l'aide de fibres de carbone collées sur la structure

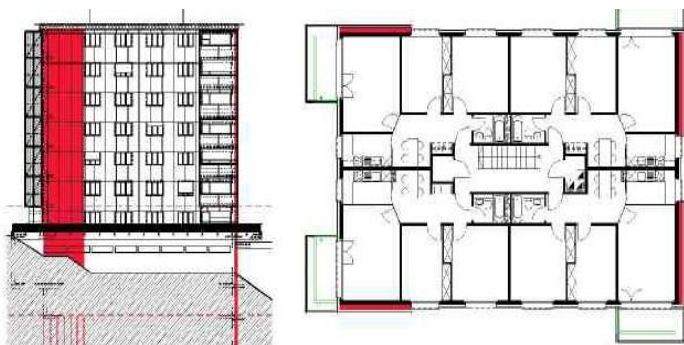


Renforcement à l'aide de tissus de fibres de carbone ici collées sur des piliers



Renforcement au moyen de fibres de carbone précontraintes

Le sous-sol et les TP	<i>Le génie parasismique et les TP</i>	Fiche ressource n°7b	
		Dossier n°2	Activité n°7



Renforcements : les nouveaux contreventements sont indiqués en rouge



Les bâtiments avant leur assainissement



La réalisation des nouveaux contreventements vus de l'extérieur



Vue rapprochée où l'on voit l'ajout d'armature



L'intervention à l'intérieur du bâtiment

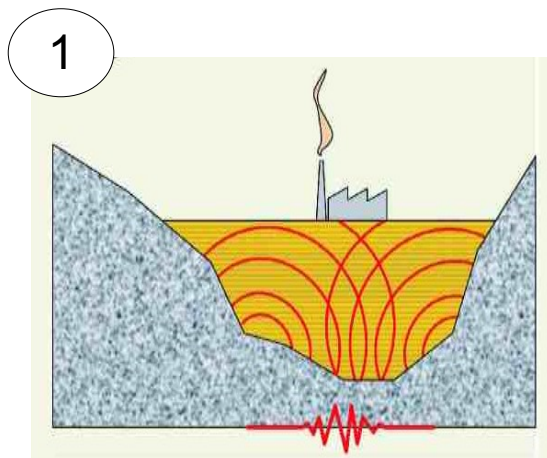


Intégration dans l'architecture des renforcements parasismiques

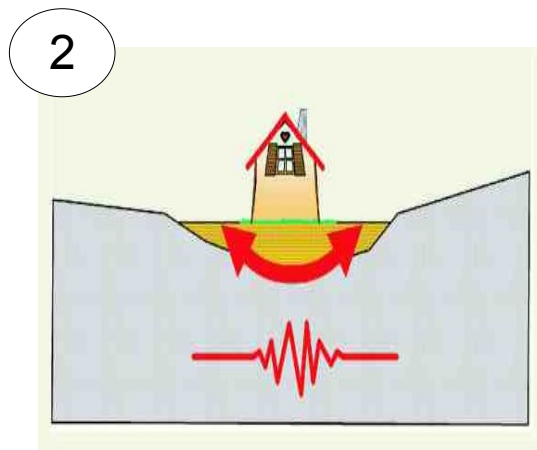
Le sous sol et les TP	<i>Principes de base pour la construction parasismique</i>	Fiche ressource n°8	
		Dossier n°8	Activité n°8

## Qu'est-ce que l'effet de site ?

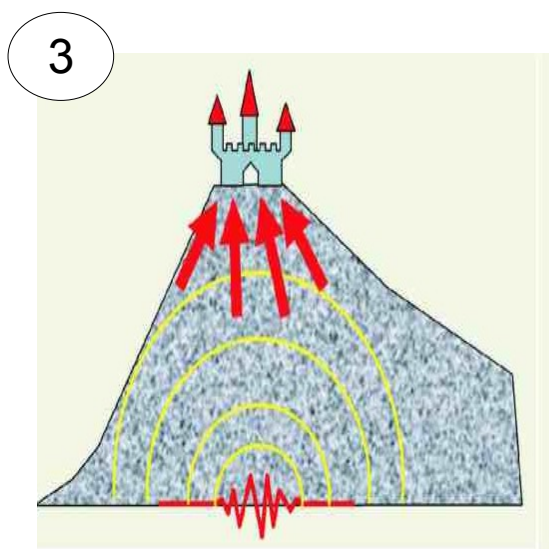
C'est une accentuation des effets d'un séisme due à la géologie et à la topographie



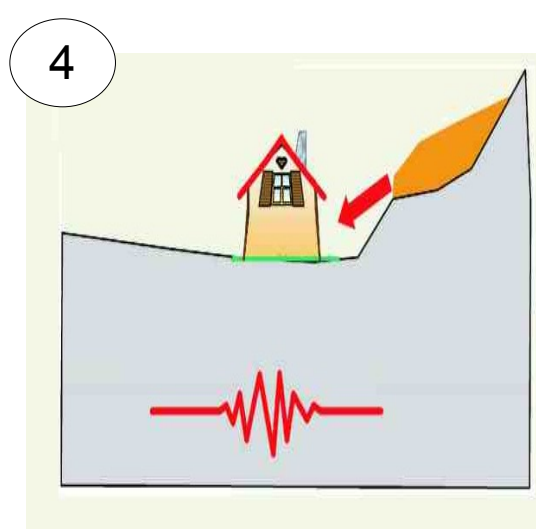
Réflexion et superposition des ondes dans une vallée dans laquelle se trouve une couche importante de sédiments glacio-lacustres (graviers, sables, limons, etc...)



Accentuation de l'oscillation dans des sols plastiques à l'image d'un flan dans une assiette que l'on secoue



Concentration des ondes et des forces au sommet d'une topographie.



Glissement de terrain ou éboulement de rochers consécutif à un séisme.