

SEMINAIRE DE FORMATION

RISQUE BATIMENTAIRE

**CADRE: FORMATION DES OFFICIERS
SPECIALISTES RISQUE BATIMENTAIRE
DE DETACHEMENT FRANCAIS INSARAG**

SITE: ENTENTE ECASC VALABRE

JOUR 2

SITES, SOLS & ENVIRONNEMENT

INTERVENANT: JEAN-LUC REY

REVISION RB 2016 V01



SOMMAIRE

- 1. Fondations**
- 2. Les sols**
- 3. Les sites:**
 - 1. Effets de Sites**
 - 2. Effets Induits**
- 4. Environnement: éléments avoisinants**
- 5. Crédits images**

FONDATIONS

Définition et Rôles des fondations

Définition: Partie basse d'une construction qui est en contact avec le sol et à qui elle

transmet les charges (permanentes et variables) de l'ouvrage qu'elle porte.

- Elle stabilise un mur contre la pression exercée par la terre en abaissant le centre de gravité au tiers central.
- La nature des fondations et en particulier leur profondeur varient avec la nature du terrain et l'ouvrage à supporter.

Elles doivent reposer sur un sol adéquat (voir classification EC8 /PS 92)

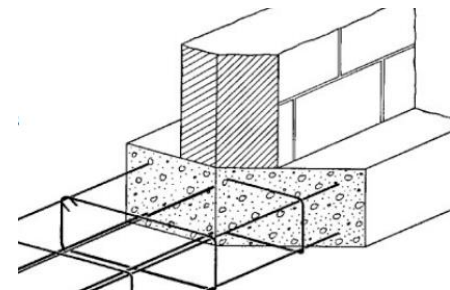
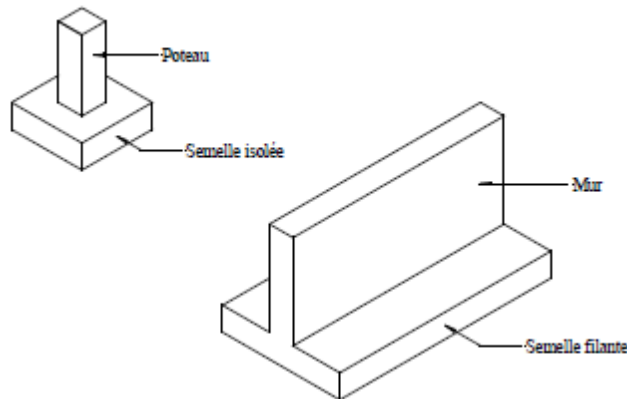
- Elles empêchent que l'ouvrage poinçonne le sol.

FONDATIONS

Types de fondations

1- FONDATIONS EN RIGOLES: fondations superficielles sur sol résistant réalisées en béton ordinaire pour les constructions légères, peu profondes.

2-FONDATIONS SUR SEMELLES: fondations superficielles sur un sol supportant de faibles charges ou sur un bon sol mais avec des charges importantes. Fondations inférieures à 3 mètres de profondeur pour une largeur de 0,50 m.

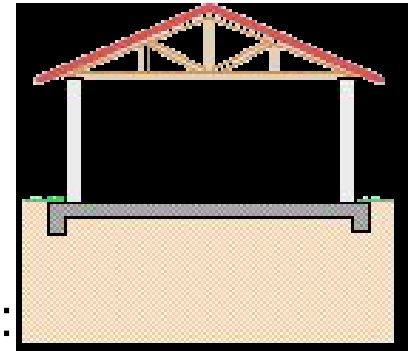


Disposition PS des semelles

FONDATIONS

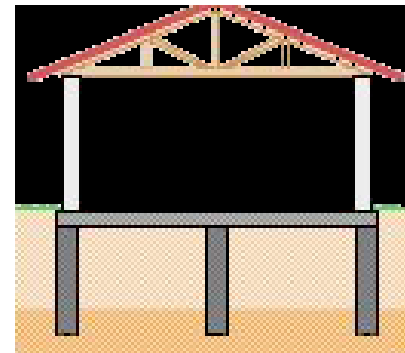
Types de fondations

3-FONDATIONS SUR RADIERS: constructions qui nécessitent des semelles presque jointives ou lorsque le terrain est peu résistant mais homogène (surface des semelles > surf bâtiment/2)



4-FONDATIONS SUR PIEUX, MICRO-PIEUX ET PUITES:

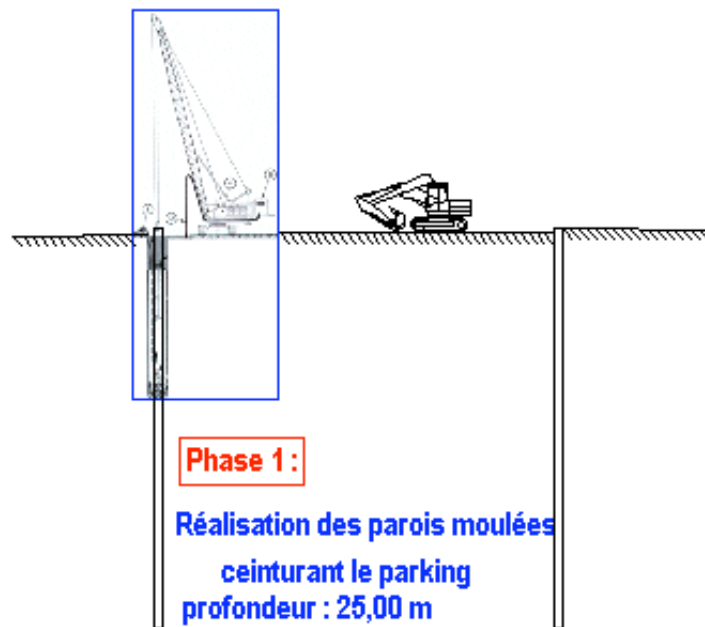
fondations profondes (plus de 3 mètres de profondeur) utilisées sur des sols de mauvaise qualité. Si le bon sol est accessible, on creuse des puits que l'on remplit ensuite de béton. Si le bon sol est à une grande profondeur, on fonde sur des pieux battus ou coulés sur place.



FONDATIONS

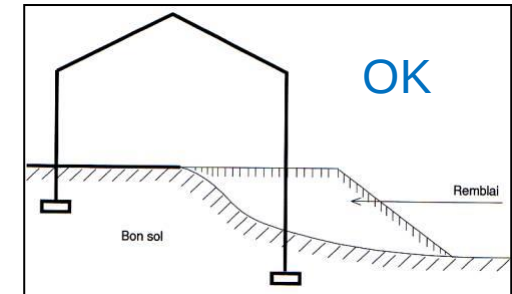
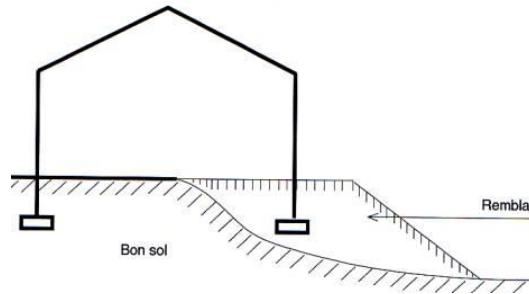
Types de fondations

5-FONDATIONS SUR PAROIS MOULEES: La paroi moulée se rencontre sur des terrains peu stables. Cette technique consiste à creuser des tranchées de 0,6 à 1 m de large sur des profondeurs allant jusqu'à 10 m et à les remplir avec une boue colloïdale (type bentonite).

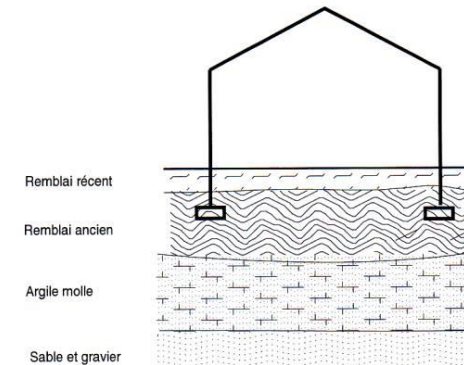


DÉSORDRES FRÉQUENTS SUR LES FONDATIONS HORS SEISMES

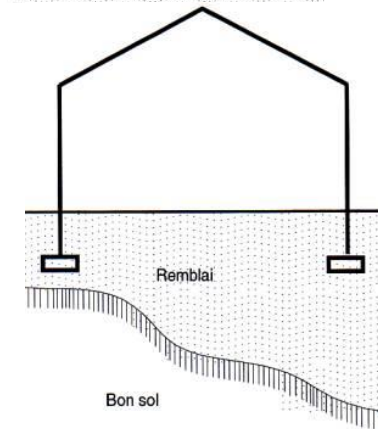
L'ouvrage repose sur des sols de natures différentes



Tassement différentiel possible : Car fondations sur remblai ancien, mais celui-ci est sur une couche compressible et peu résistante ; Les fondations doivent s'appuyer sur la couche de graviers.



Risque de tassements différentiels car l'épaisseur de remblai est en effet très variable sous les deux fondations

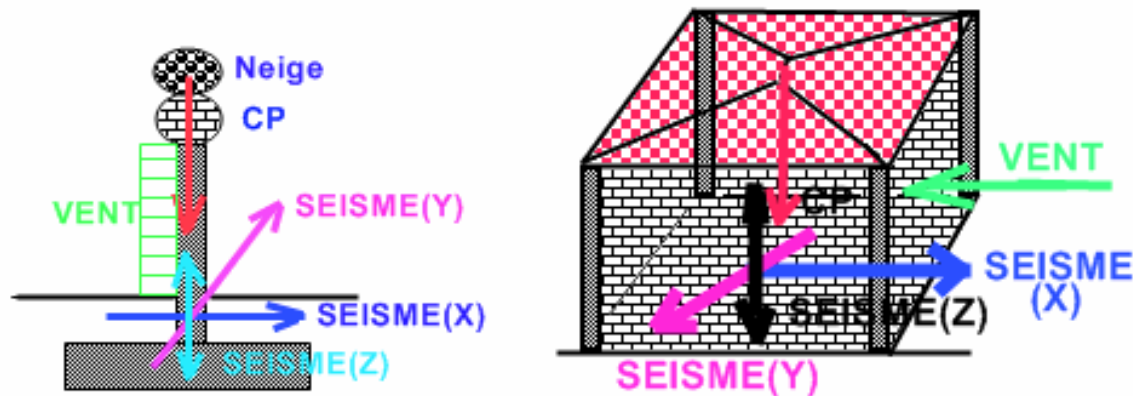


DÉSORDRES SUPPLEMENTAIRES DUS AUX SEISMES SUR LES FONDATIONS

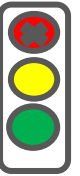
En plus des charges verticales de pesanteur, des actions du vent, des poussées des terres, et des poussées hydrostatiques, l'action sismique engendre sur les fondations des efforts :

- horizontaux directs (efforts tranchants, composantes horizontales en x et z du signal)
- verticaux directs (composantes verticales en y)
- verticaux induits (moments de renversement)
- des déplacements imposés (tassements différentiels, mouvements de sol)

Schéma montrant l'accumulation des charges sur une semelle de fondation



DÉSORDRES SUPPLEMENTAIRES DUS AUX SEISMES SUR LES FONDATIONS



Pieu dénudé sous l'effet d'un phénomène de liquéfaction. Les armatures longitudinales ont flambées sous la compression (Séisme de Kobé, 1995)

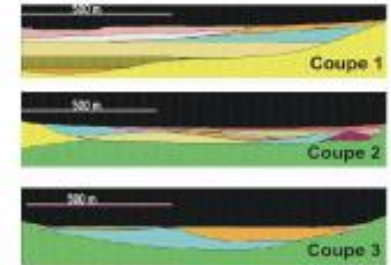
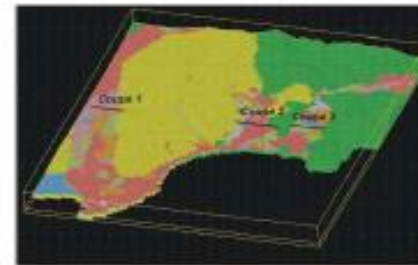
Cisaillement de pieux découverts suite à un phénomène de liquéfaction. (Séisme de Kobé, 1995) (Document EQIIS – USA)



LES SOLS

A chaque catégorie de sol (allant du rocher aux sédimentaires) correspond une réponse dynamique (accélération) lors d'un séisme

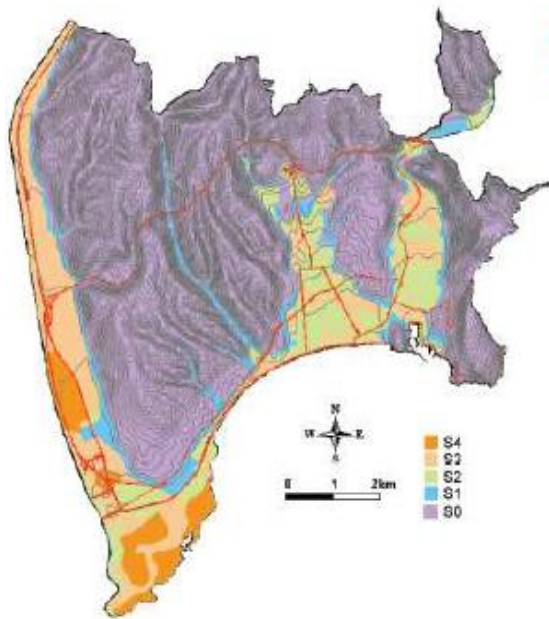
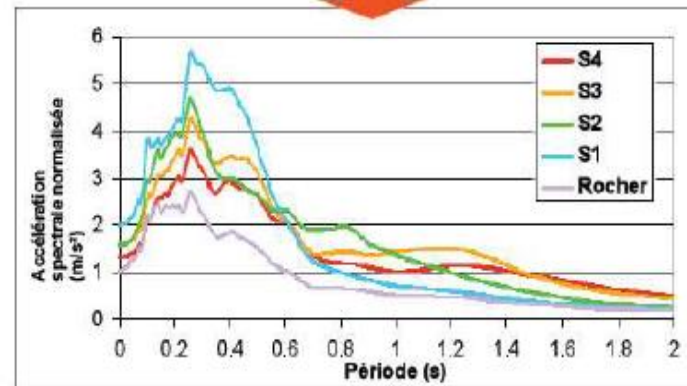
Modèle géotechnique 3D



- Sables et graviers grossiers
 - Argiles marneuses superficielles
 - Sables et graviers
 - Sables fins
 - Sables et graviers
 - Argiles marneuses
 - Sables et graviers
 - Sables et graviers profonds (Var)
 - Sables et graviers profonds (Var)
 - Grèves
 - Pliocène
 - Mésozoïque
- } Substratum rocheux

A partir des séismes de référence et du modèle géotechnique, une modélisation numérique de la réponse des sols a permis de distinguer 4 zones sédimentaires et une zone au rocher.

A chaque zone on attribue un spectre de réponse élastique.



Nota: anciennes appellations (PS92)

LES SOLS

**EN France DEPUIS 2014 SONT DISPONIBLES DES
CARTOGRAPHIES DES RISQUES LIES AUX DIVERS ALEAS
!!!!!! A L'ECHELLE PARCELLAIRE !!!!!**

GEORISQUES

<http://www.georisques.gouv.fr/>

**CONSEIL !!!!!
A CONSULTER EN PREALABLE A TOUTE INSPECTION**

LES SOLS

CLASSES DE SOLS suivant les EC8

Classe A : Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 m de matériau moins résistant

Classe B : Dépôts raides de sable, de gravier ou d'argile sur-consolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur ;

Classe C : Dépôts profonds de sable de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raide, ayant des épaisseurs de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres ;

Classe D : Dépôts de sol sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant) p une majorité de sols cohérents mous à fermes ;

Classe E : Profil de sol comprenant une couche superficielle d'alluvions avec des valeurs de v_s (vitesse de propagation des ondes de cisaillement 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.

LES SOLS

Vitesse de Cisaillement et facteur de portance des sols

Classe de sol	Description du profil stratigraphique	Paramètres		
		$v_{s,30}$ (m/s)	N_{SPT} (coups/30 cm)	c_u (kPa)
A	Rocher ou autre formation géologique de ce type comportant une couche superficielle d'au plus 5 m de matériau moins résistant	> 800	—	—
B	Dépôts raides de sable, de gravier ou d'argile sur-consolidée, d'au moins plusieurs dizaines de mètres d'épaisseur, caractérisés par une augmentation progressive des propriétés mécaniques avec la profondeur	360 – 800	> 50	> 250
C	Dépôts profonds de sable de densité moyenne, de gravier ou d'argile moyennement raide, ayant des épaisseurs de quelques dizaines à plusieurs centaines de mètres	180 – 360	15 – 50	70 – 250
D	Dépôts de sol sans cohésion de densité faible à moyenne (avec ou sans couches cohérentes molles) ou comprenant une majorité de sols cohérents mous à fermes	< 180	< 15	< 70

LES SITES : EFFET DE SITE

Définition de l'EFFET DE SITE

Ce sont les effets directs dus aux sols et à la topographie du relief.

Un phénomène d'AMPLIFICATION *des ondes sismiques s'y produit alors, avec des conséquences souvent très dommageables pour le bâti.

Cas les plus fréquents rencontrés dans divers pays

-Formations peu rigides surmontant un substratum rocheux

-Bassin Sédimentaire

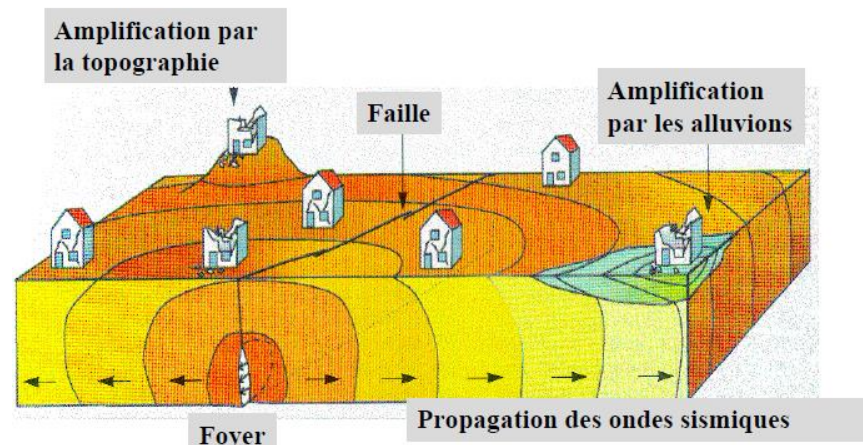
-Vallée alluviale

-Discontinuité latérale

-Reliefs topographiques

(Butte, crête, bord de falaise)

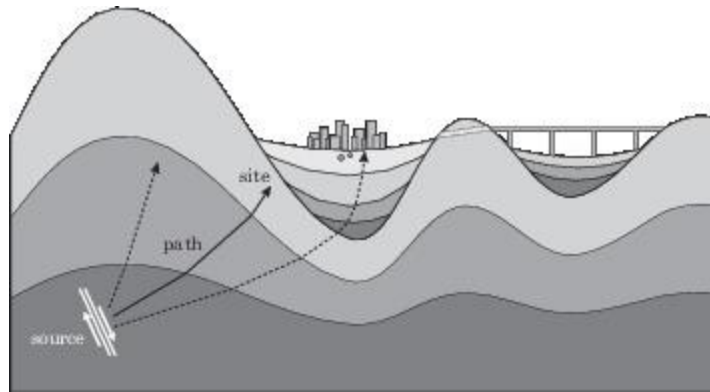
*cette amplification peut aller Jusqu'à 80%!



LES SITES: EFFET DE SITE

Cas des bassins sédimentaires et vallées alluviales

Principe



Cas type de dépôts
sédimentaires

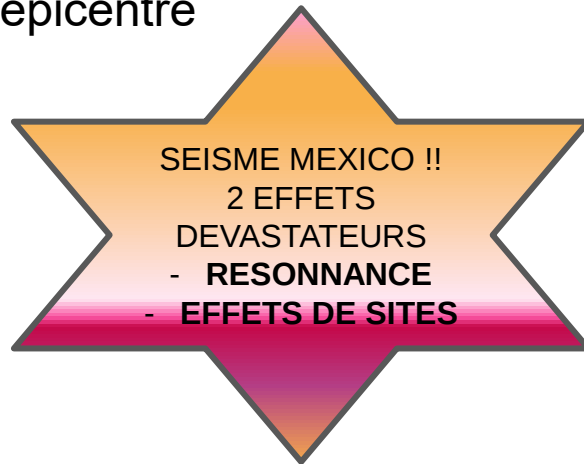


Topologie type d'une
vallée alluviale

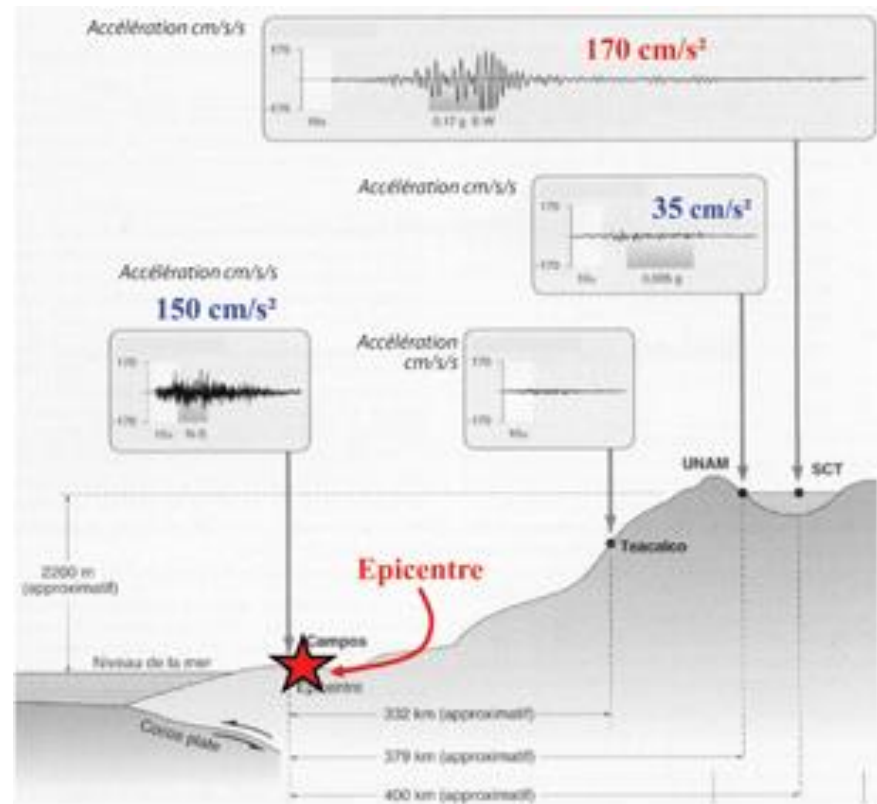
LES SITES: EFFET DE SITE AMPLIFICATION DU SIGNAL : CAS DE MEXICO, 1985

Principe de l'augmentation de l'accélération du signal en fonction de la distance épacentrale.

L'amplification due à la cuvette sédimentaire de Mexico est maximum à 400 KM de l'épicentre



!!!!!!
CHOC PRINCIPAL M= 8.2
REPLIQUE le lendemain M= 7.5



AUTRE CAS Vidéo effet de site Grenoble (remplissage sédimentaire profond) PY Bard (début lecture à 6 mn)

http://www.irma-grenoble.com/05documentation/04dossiers_videos_afficher.php?id_DT=5&id_DTvideo=48&PHPSESSID=843f817ea7b87a80681e7032252d1b45

LES SITES: EFFET DE SITE

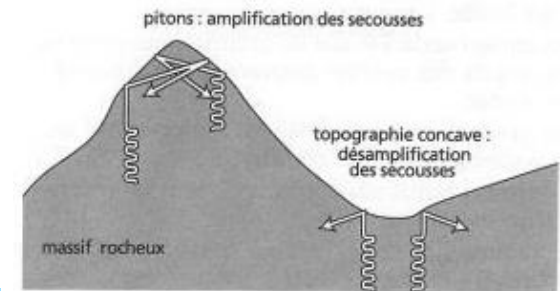
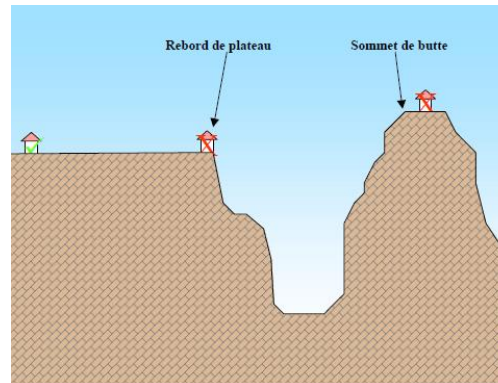
Cas des Reliefs topographiques (Butte, crête, bord de falaise)

Principe

L'amplification des ondes est due à la concentration de ces dernières au sommet des pitons, crêtes et bord de falaise



Piton rocheux de Lambesc-séisme 1909; M=6.2



LES SITES: EFFET DE SITE

Cas du séisme de **Nocia** (Italie) Aout 2016



Progression ascendante des effets sur le bâti
L'EXPRESS **Aquata del Tronto** Aout 2016 Initial
Mw 6.2



Effet de site en crête et flanc de montagne /
France 3

Pescara del Tronto Aout 2016 Initial Mw 6.2

SITES : EFFETS INDUITS



Définition: Les effets induits sur le sol et les sites sont la conséquence directe des ondes sismiques, avec bien souvent des effets d'aggravation des dommages sur les constructions. Les principaux effets induits sont:

-Jeu d'une faille en surface (rejet)

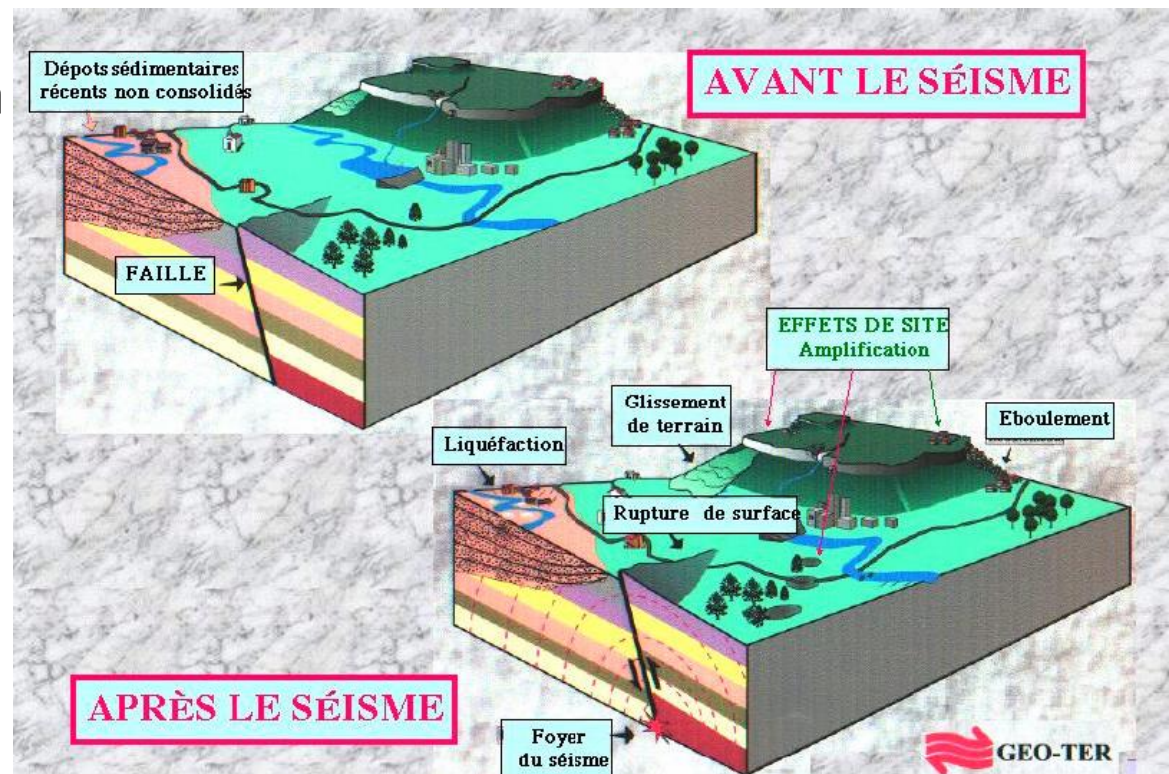
-Liquéfaction des sols

-Mouvements de terrain

-Eboulement

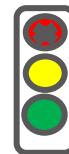
-Glissement

-Affaissement



EFFET INDUIT

JEU DE FAILLE EN SURFACE



-Définition: C'est un déplacement visible du sol, de part et d'autre de la faille (chevauchement des compartiments dans le cas de subduction). Les fondations des bâtiments sont alors soumises à des contraintes de cisaillement maximales pouvant entraîner la ruine immédiate de l'ensemble.



Rejet de 3 Mètres, TAIWAN, 1999
Doc.USGS



Décrochement de près de 4 Mètres
d'un collecteur, IZMIT, 1999,
doc.AFPS

EFFET INDUIT JEU DE FAILLE EN SURFACE



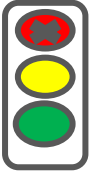
Ce phénomène a lieu en général si:

- La Magnitude du séisme est élevée : supérieure à 5.5
- La profondeur de l'hypocentre est inférieure à 5 KM

Tableau de corrélation entre la magnitude et le rejet possible :

MAGNITUDE	LONGUEUR DE RUPTURE	REJET EN SURFACE	
5.0	3 - 4 km	--	
6.0	10 - 15 km	~ 20 cm	(Failles des terres émergées aux Antilles)
7.0	40 - 50 km	1 - 2 m	
8.0	200 - 300 km	4 - 6 m	
9.0	800 - 1000 km	15 - 20 m	

EFFET INDUIT LIQUÉFACTION DES SOLS



Principe

Ce phénomène se produit en présence d'eau souterraine ($< \sim 20$ m) remontant en surface au point de faire perdre la cohésion des particules du sol qui se comporte alors comme une roche meuble.

Ainsi la déstructuration du sol peuvent entrainer la perte totale des appuis des fondations du bâtiment.

Les formations susceptibles de liquéfaction sont les sables, limons, vases et argiles.

L'aspect visuel se manifeste alors par l'apparition de jets de boue et de formations de « volcans » de sable.



Nouvelle-Zélande –
Christchurch, 2010
Formation des volcans de
sable
photo Jon Mollivan Lincoln

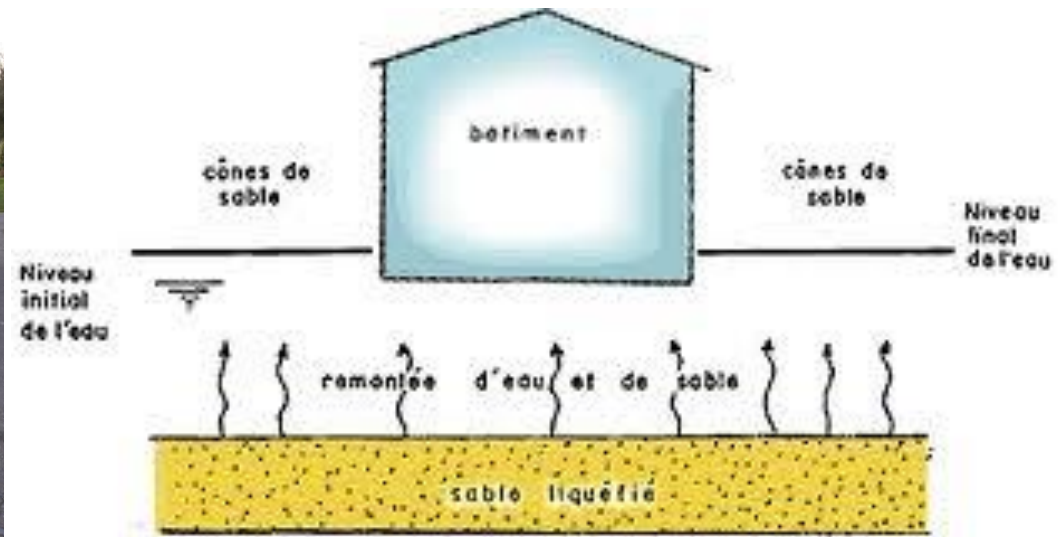


Schéma de principe de la
Liquéfaction d'un sol

EFFET INDUIT

EFFETS DE LA LIQUÉFACTION DES SOLS

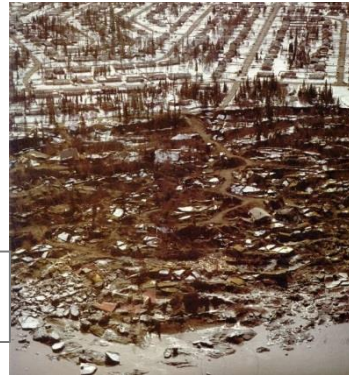


EFFETS SUR LES BATIMENTS = Perte totale de la capacité portante du sol de fondation provoquant l'instabilité du bâtiment



HAITI 2010

Glissement des terrains en pente



Bande de 2,5 KM x 350 m de terrain glissant dans la rivière; Alaska 1964

Soulèvement des ouvrages enterrés et rupture des canalisations



ANCHORAGE-ALASKA 1964

Affaissement, tassement ou effondrement en surface du sol



Tassement du sol provoqué par la liquéfaction du sol , Kobé 1995 (mais fondations conçues PS !)

EFFET INDUIT

MOUVEMENTS DE TERRAIN



Principe: Un mouvement de terrain est un déplacement, plus ou moins brutal, du sol ou du sous-sol sous l'effet d'influences naturelles. Ce phénomène comprend diverses manifestations, lentes ou rapides, en fonction des mécanismes initiateurs, des matériaux considérés et de leur structure.

Mouvements lents= Affaissement, glissement, tassement

Mouvements rapides= Effondrement, chute de pierres et de blocs, éboulement et coulée boueuse



Chute de blocs rocheux



TAIWAN, 1999, Mouvement massif de terrain , doc. REUTER

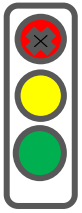
EFFET INDUIT MOUVEMENTS DE TERRAIN



**Japon, 2016-Glisement de terrain massif –
Séisme puis pluies diluviennes**

ENVIRONNEMENT

ELEMENTS AVOISINANTS



Risque d'effondrement induit par autres bâtiments proches-IZMIT (1999)



Risque d'explosion dans périmètre proche-IZMIT (1999)

CREDITS

Crédits images, photos et illustrations

- Patricia BALANDIER- DDE Martinique et Guadeloupe
- Editions Tec&Doc
- P. Bernard –IPGP
- GEOTER Internationnal
- USGS
- AFPS
- EQIIS-USA
- Ounis SADEK
- Ali Bouafia / Université de Blida.
- Pierre Yves BARD- Institut des Risques Majeurs- LGIT Grenoble
- BRGM
- Cedric DZIUBANOWSKI-PNF Enseignement spécifique des sciences de l'ingénieur
- France 3 Télévision
- L'Express