

# LE RISQUE SISMIQUE

Le risque peut se définir de la manière suivante :

**RISQUE = ALEA x VULNERABILITE x ENJEUX**

Dans le cadre de la construction parasismique, on peut retenir :

L'**ALEA** peut correspondre à :

- la définition des zones sismiques du territoire, avec comme caractéristique l'accélération maximale au niveau d'un sol rocheux  $a_{gr}$  (défini par les décrets) :
  - Utilisation des cartes
  - Utilisation de sites internet pour chaque commune (exp : prim.net)
- la présence de faille active dans le secteur => POS (plan d'occupation des sols) établi par des études géologiques localisées (travail en cours actuellement non exhaustif => attention)

La **VULNERABILITE** peut correspondre à :

- Le type de sol sur une profondeur de 30 m
- Les phénomènes d'amplification
- L'amortissement envisageable
- La conception de l'ouvrage

Les **ENJEUX** : peuvent correspondre à la destination de l'ouvrage.

## 4 A - La réponse sismique

La détermination des efforts liés au séisme est réalisée à partir de spectres de référence et de l'accélération maximale au niveau du sol  $a_{max}$ .

Les spectres de référence, définissent en fonction de la période propre de l'ouvrage  $T$ , une pseudo-accélération agissant sur la masse de l'ouvrage.

Le spectre de calcul est une courbe, dont l'allure est la suivante (spectre horizontal) :

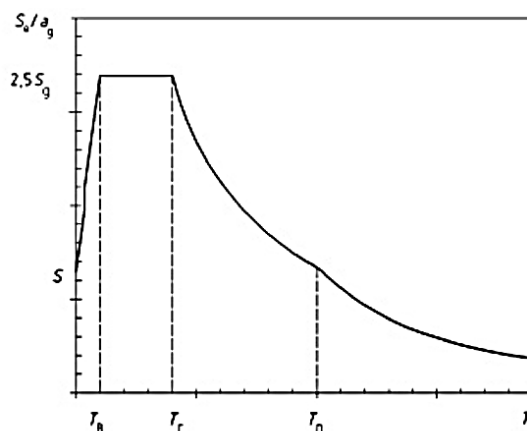


Fig. 29 : Spectre de réponse élastique

Cette courbe est caractérisée par 3 points particuliers, d'abscisses  $T_B$ ,  $T_C$  et  $T_D$ .

Elle comprend un accroissement de la pseudo-accélération en fonction de la période du bâtiment  $T$ , pour  $T \leq T_B$ , puis un palier de  $T_B$  à  $T_C$ , et enfin une décroissance de  $T_C$  à  $T_D$ , puis au-delà de  $T_D$ .

La valeur de la pseudo-accélération est (spectre de réponse horizontal) :

$$0 \leq T \leq T_B : S_e(T) = a_{gr} \cdot \gamma_l \cdot S \cdot [1 + T \cdot (\eta \cdot 2.5 - 1) / T_B]$$

$$T_B \leq T \leq T_C : S_e(T) = a_{gr} \cdot \gamma_l \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5$$

$$T_C \leq T \leq T_D : S_e(T) = a_{gr} \cdot \gamma_l \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5 \cdot (T_C/T)$$

$$T_D \leq T \leq 4s : S_e(T) = a_{gr} \cdot \gamma_l \cdot S \cdot \eta \cdot 2.5 \cdot (T_C \times T_D / T^2)$$

avec :

$T_B$ ,  $T_C$ ,  $T_D$ , paramètres dépendant du profil de sol, et de la zone de sismicité

$T$ , la période propre du bâtiment

$a_{gr}$ , l'accélération de référence au niveau du rocher

$\gamma_l$ , paramètre fonction du type d'ouvrage

$S$ , paramètre fonction du profil de sol

$\eta$ , paramètre fonction de l'amortissement

Pour la zone 5 (Guadeloupe, Martinique), il y a lieu de tenir compte également du spectre de réponse verticale.

## 4 B - Paramètres définissant les actions sismiques

Les différents facteurs du risque sont pris en compte dans ces formules, avec :

### 4 B.1 - L'ALEA

#### → Zones de sismicité

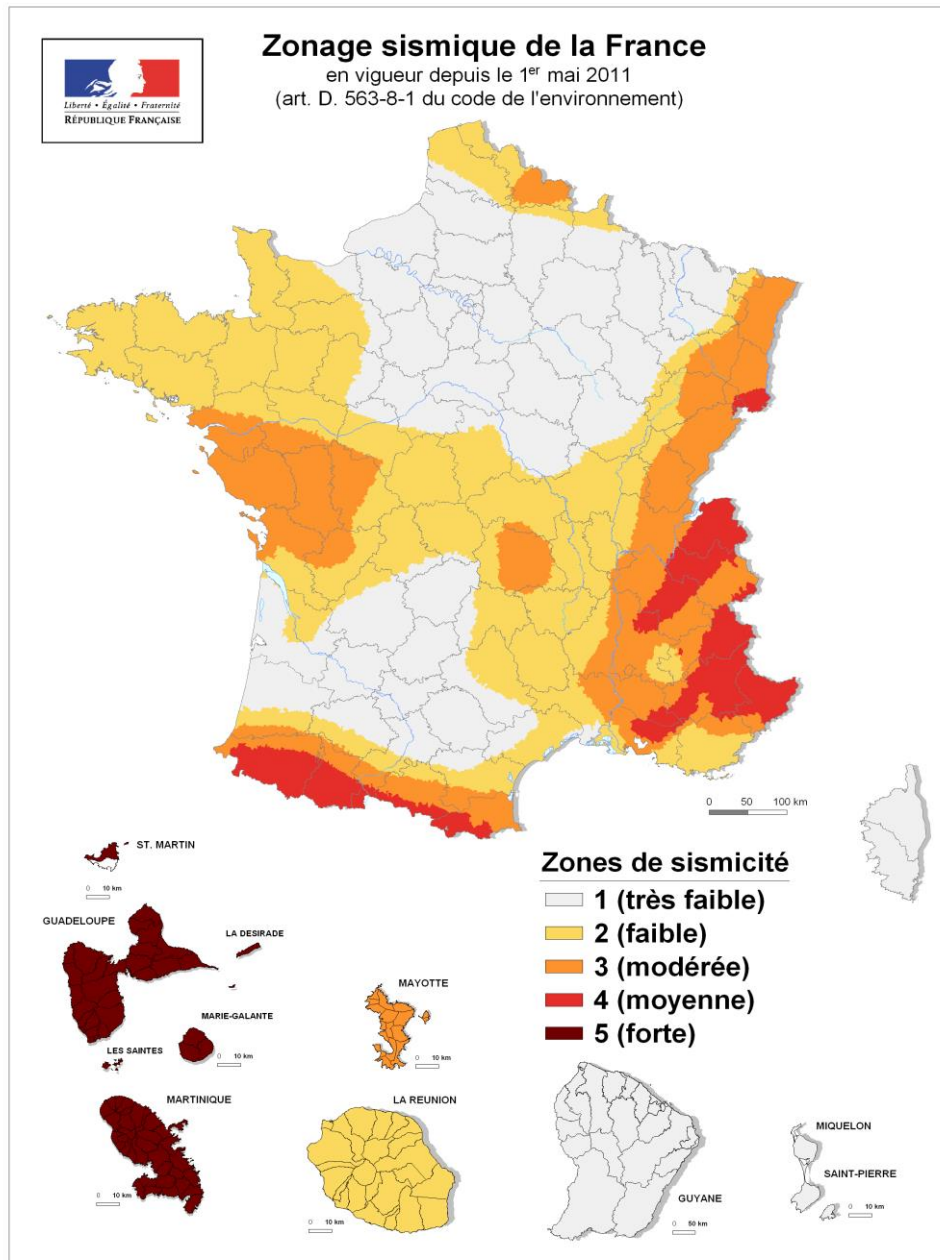
5 zones sismiques sont définies :

- Zone 1 : risque très faible
- Zone 2 : risque faible
- Zone 3 : risque modéré
- Zone 4 : risque moyen
- Zone 5 : risque fort

Elles fournissent les valeurs de  $a_{gr}$  :

Zone	1	2	3	4	5
$a_{gr}$ (m/s <sup>2</sup> )	0.4	0.7	1.0	1.6	3.0

Voir la carte page suivante.



Le site [prim.net](http://prim.net) permet entre autres de déterminer la zone sismique par commune.

## 4 B.2 - La VULNERABILITE

### → La catégorie de sol

Elle permet de déterminer le facteur S et les valeurs de TB, TC et TD (en fonction également de la zone sismique).

Pour définir la catégorie de sol, le critère de référence est la moyenne harmonique des vitesses des ondes de cisaillement des différents type de sols sur 30 m, appelée Vs30.

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_i \frac{h_i}{V_{si}}}$$

avec Vsi, vitesse des ondes de cisaillement dans la couche i, qui a une épaisseur hi.

Cela signifie que le profil de sol doit être connu sur 30 m, soit par l'intermédiaire de sondages d'au moins 30 m, soit par des sondages plus courts mais avec une connaissance par expérience (autres sondages, cartes géologiques,...) jusqu'à 30 m.

Les valeurs de Vs sont obtenues à partir des essais décrits dans le chapitre 4.

On adaptera la nature de l'essai au degré de risque du site. On notera également que pour des ouvrages d'envergure de catégories III à IV, la précision des données recueillies par sondage peut avoir un impact non négligeable sur le dimensionnement et donc le coût de l'ouvrage.

Pour des ouvrages importants, dans les zones sismiques les plus élevées, des sondages de 30 m de profondeur sont fortement recommandés.

Pour un risque modéré, et des ouvrages modestes, on pourra retenir la corrélation sommaire suivante avec le module pressiométrique  $E_M$ , largement utilisé dans les études géotechniques.

$$V_{si} = 1.8 \text{ à } 2.0 \times \sqrt{E_M}$$

avec Vs en m/s et  $E_M$  en kPa (un facteur multiplicateur plus élevé que 1.8 à 2.0 peut être retenu pour les modules faibles.)

Ainsi à partir de  $V_{S,30}$ , on détermine la catégorie du profil de sol :

Classe	Description	Paramètres		
		$V_{S,30}$ (m/s)	N (SPT)	$C_u$ (kPa)
A	Rocher – Au plus 5m d'alluvions	> 800	-	-
B	Sable très dense, gravier, argile raide; $h > 10$ m	360 - 800	> 50	> 250
C	Sable dense, moyennement dense; argile raide; $h = 10 - 100$ m	180 - 360	15 - 50	70 - 250
D	Sable lâche, moyennement dense; argile ferme à molle	< 180	< 15	< 70
E	Alluvions C ou D, $h = 5 - 20$ m Surmontant rocher (A)			
$S_1$	Couches contenant strates $h > 10$ m Argile molle ( $IP > 40$ ), $w$ élevée	< 100 (indicatif)	-	10 - 20
$S_2$	Sites liquéfiables; tout autre type de site non référencé ci dessus			

Fig. 31 : Catégorie de sol

Exemple :

Sur un projet à Nice, des sols très peu compacts ont été mis en évidence, en recouvrement d'une marne.

Les 15 premiers mètres ont été caractérisés par un essai de pénétration statique à la pointe électrique (sols mous pour lesquels les essais pressiométriques ont une représentativité moindre), et ensuite il a été réalisé un forage avec essais pressiométriques jusqu'à 30 m.

Les profils de sols sont joints page suivante.

De 0 à 1.0 m : remblai sableux :  $E_M \approx 5$  MPa  $\Rightarrow V_s \approx 140$  m/s

De 1.0 à 5.2 m : limon :  $E_M \approx 2$  MPa  $\Rightarrow V_s \approx 90$  m/s

De 5.2 à 6.2 m : sable :  $E_M \approx 7$  MPa  $\Rightarrow V_s \approx 170$  m/s

De 6.2 à 8.0 m : argile :  $E_M \approx 1$  MPa  $\Rightarrow V_s \approx 65$  m/s

De 8.0 à 14.0 m : limon :  $E_M \approx 1$  à 1.5 MPa  $\Rightarrow V_s \approx 70$  m/s

De 14.0 à 18.0 m : argile :  $E_M = 20$  MPa  $\Rightarrow V_s \approx 280$  m/s

De 18.0 à 30.0 m : argile :  $E_M = 55 \text{ MPa} \Rightarrow V_s \approx 470 \text{ m/s}$

$$V_{s30} = \frac{30}{\frac{1}{140} + \frac{4.2}{90} + \frac{1}{170} + \frac{1.8}{65} + \frac{6}{70} + \frac{4}{280} + \frac{16}{470}} = 135 \text{ m/s} \Rightarrow \text{sol D}$$

On remarquera l'approximation de cette méthode de calcul, qui sous-estime sans doute les vitesses de cisaillement des sols mous, et il n'est pas exclu qu'un essai cross-hole ait donné un résultat plus favorable.

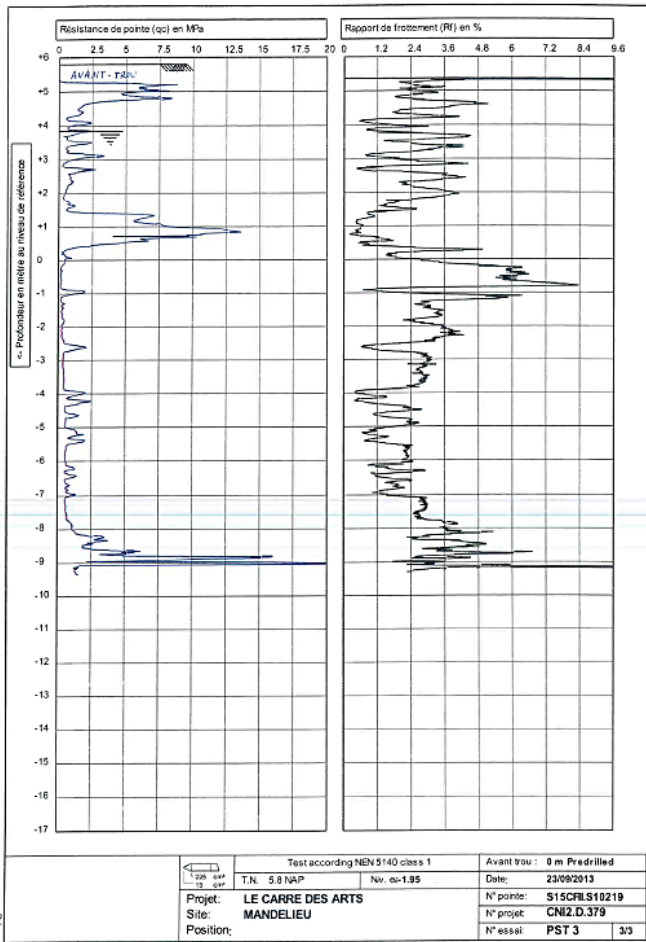
La catégorie de sol, permet de déterminer le facteur S :

Catégorie de sol	Zones 1 à 4	Zone 5
A	1.0	1.0
B	1.35	1.2
C	1.5	1.15
D	1.6	1.35
E	1.8	1.4

Elle permet aussi de déterminer les paramètres TB, TC et TD :

CLASSE DE SOL	POUR LES ZONES DE SISMICITÉ 1 à 3			POUR LES ZONES DE SISMICITÉ 4 à 5		
	$T_B$	$T_C$	$T_D$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A	0,03	0,2	2,5	0,15	0,4	2
B	0,05	0,25	2,5	0,15	0,5	2
C	0,06	0,4	2	0,2	0,6	2
D	0,1	0,6	1,5	0,2	0,8	2
E	0,08	0,45	1,25	0,15	0,5	2

Pour les cas S1 et S2, une étude particulière doit être menée.



GINGER  
CEBTP

**SONDAGE PRESSIOMETRIQUE SP4**  
 Chantier : LE CARRE DES ARTS-MANDELIEU  
 Client : SCCV LE CARRE DES ARTS  
 Dossier : CN12.D.379.0002  
 Coordonnées du sondage:  
 X : Y : Z : 7.8 (NGF)

PAGE 1 / 2

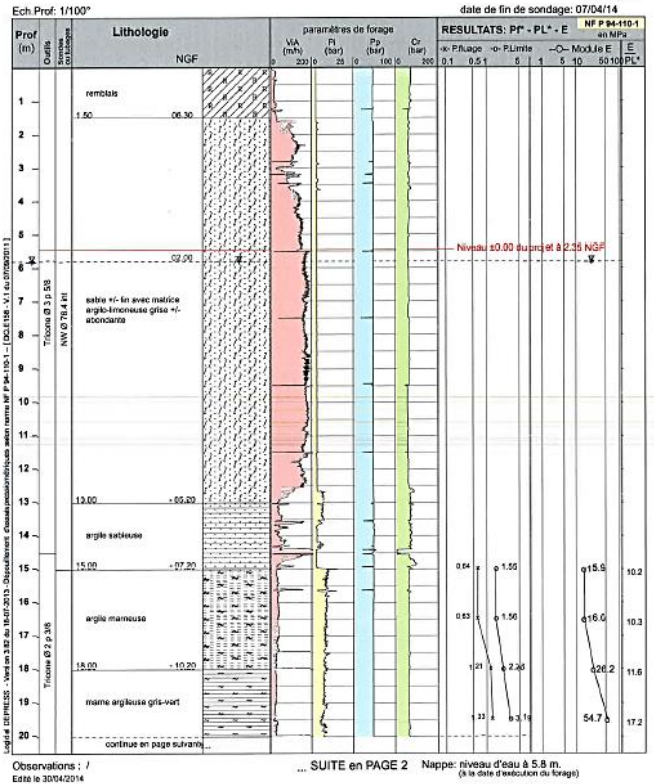


Fig. 32 : Profils de sol