

Université Mohammed Boudiaf

Faculté de technologie

Département de Génie Civil

Cours Alea sismique-Partie02

Présenté par Docteur Menasri

Master 1

Année universitaire 2023-2024

## Le spectre de réponse

Le concept de spectre de réponse est introduit en génie sismique par Benioff (1934) et Housner(1941) [14] pour avoir une idée plus claire de l'effet du séisme sur les structures et une certaine visualisation des différentes fréquences et différents pics de l'accélérogramme.

Ce mode de présentation du mouvement sismique étant plus parlant pour l'ingénieur qu'un signal temporel direct. Il a été depuis largement utilisé dans les études sismiques.

Le spectre de réponse associé à un accélérogramme s'obtient en traçant la courbe de réponse maximale de différents, oscillateurs simples soumis aux vibrations de celui-ci. Ces oscillateurs simples auront tous: le même taux d'amortissement mais des périodes naturelles croissantes.

De pareilles courbes peuvent être tracées aussi pour des oscillateurs d'une période naturelle donnée en faisant varier le taux d'amortissement. Mais c'est la première pratique qui est généralement utilisée.

Ainsi, un spectre de réponse représente en quelque sorte l'ensemble des effets des amplitudes et des fréquences du séisme et d'une certaine façon sa durée sur différents types de structures.

La réponse de l'oscillateur simple peut être représentée en terme de l'accélération absolue, la vitesse relative ou de déplacement relatif, ce qui donnera les spectres de réponse maximale correspondants.

Aujourd'hui grâce à la puissance croissante des ordinateurs, le calcul des ordonnées spectrales est devenu une opération de simple routine tout de même il faut mentionner que différents algorithmes de calcul ont été proposés et sont utilisés. Pour les périodes qui sont 10 à 15 fois plus grandes que le pas de temps de calcul  $\Delta t$ , les différentes méthodes de calcul donnent presque les mêmes résultats, mais pour des périodes plus courtes les résultats sont généralement affectés par l'algorithme utilisé, Idriss [4].

### 1.4.3. Oscillateur simple

Un oscillateur simple est constitué d'une masse  $m$  reliée à un point fixe par un ressort, et un amortisseur. La masse  $m$  ne pouvant se déplacer que dans une seule direction est soumise à une force verticale avec le temps qui met en mouvement fig. (1-16).

L'équation du mouvement :

Le ressort et l'amortisseur sont, définis par les paramètres de raideur  $K$  et d'amortissement  $C$ .

On note ;

$U$ : Déplacement de la masse par rapport à la position d'équilibre

$\dot{U}$ : Sa vitesse

$\ddot{U}$ : Son accélération.

Lors du mouvement la masse est soumise aux forces suivantes:

-La force de rappel du ressort, proportionnelle au déplacement

$$F_1 = -K U$$

-La force due à l'amortisseur, proportionnelle à la vitesse :

$$F_2 = -C . \dot{U}$$

-La force imposée  $Q(t)$

La loi fondamentale de la dynamique reliant les forces aux accélérations s écrit :

$$F_1 + F_2 + Q(t) = m . \ddot{U}$$

Soit :

$$m . \ddot{U} + C . \dot{U} + K . U = Q(t)$$

D'où l'équation du mouvement :

$$\ddot{U} + \left(\frac{C}{m}\right) . \dot{U} + \omega_D^2 . U = \frac{1}{m} Q(t)$$

$$\text{Avec } \omega_D^2 = \frac{K}{m}$$

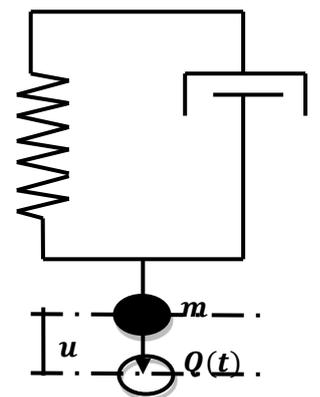


Fig.1-16 oscillateur simple

$$(2-1)$$

$$(2-2)$$

$$(2-3)$$

### 1.4.3a Cas particulier de l'excitation harmonique

Une excitation est harmonique si la force  $Q(t)$  est une fonction sinusoïdale du temps :

$$Q(t) = Q_0 \sin(\alpha \cdot t) \quad (2-4)$$

Une telle force peut être engendrée par un moteur doté d'un balourd tournant avec une vitesse angulaire  $\alpha$ , l'équation du mouvement est alors :

$$\ddot{U} + 2 \cdot D \cdot \omega_n \cdot \dot{U} + \omega_n^2 \cdot U = \frac{Q}{m_0} \sin(\alpha \cdot t) \quad (2-5)$$

avec :  $D = C/C_c$  ;  $C_c = 2 \cdot m \cdot \omega_n$

Où  $C_c$  est le coefficient d'amortissement critique est  $D$  le coefficient d'amortissement relatif.

Pour le calcul dynamique des structures, le seul cas intéressant est le cas des oscillations sous amortis ( $D < 1$ ). Après une phase transitoire, le régime permanent s'établit il est défini par la relation:

$$U = \left(\frac{Q_0}{K}\right) \cdot M \cdot \sin(\alpha \cdot t - \theta) \quad (2-6)$$

$$M = \frac{1}{\left(\sqrt{1-\beta^2}\right)^2 + (2 \cdot D \cdot \beta)^2} \quad (2-7)$$

$$\text{avec } \beta = \frac{\alpha}{\omega_n} \quad \tan \theta = \frac{2 \cdot D}{1-\beta^2} \beta$$

Le coefficient  $Q_0/K$  représente le déplacement statique du ressort sous l'action de la force  $Q_0$  ; le coefficient  $M$  est le coefficient d'amplification dynamique qui dépend de l'amortissement  $D$  et du rapport  $\beta$  des pulsations, L'angle  $\theta$  est le déphasage entre la force d'amplitude constante.

La fréquence de résonance est donnée par l'expression :

$$F_D = F_n \cdot \sqrt{1 - 2 \cdot D^2} \quad (2-8)$$

où:  $F_n$  est la fréquence propre  $F_n = \frac{\omega_n}{2\pi}$

L'amplitude du mouvement permanent est donc :

$$U_0 = \left(\frac{Q_0}{K}\right) \quad (2-9)$$

### 1.4.4. Définition du spectre de réponse (cas d'un séisme)

Le spectre de réponse consiste à représenter les réponses maximales en déplacements, vitesses ou accélérations qu'un séisme donné engendre sur un oscillateur simple.

Considérons un oscillateur à un degré de liberté de, masse  $m$  de rigidité  $K$  et de coefficient d'amortissement  $C$ , sollicité par déplacement  $Vg$  du sol fig. (1-17).

Le déplacement total  $V_t$  de la masse  $m$  a pour valeur :

$$V_t = Vg + V \quad (2-10)$$

Où  $V$  représente le déplacement relatif de la masse  $m$  par rapport au pied de l'oscillateur.

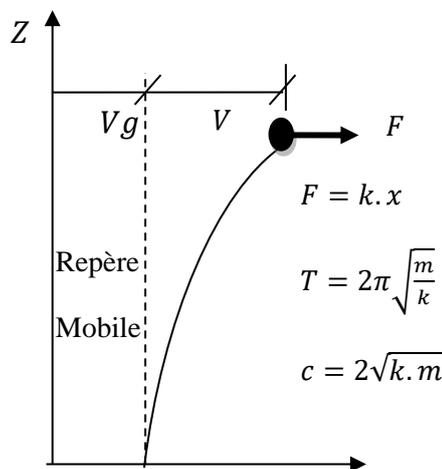


Fig. 1-17 Oscillateur simple (cas d'un séisme)

L'équation de la dynamique s'écrit :

$$m. \ddot{V}_t(t) + C. \dot{V}(t) + K. V(t) = 0 \quad (2-11)$$

Ou encore en faisant intervenir le déplacement  $V_g$  du sol :

$$m. \ddot{V}_t(t) + C. \dot{V}(t) + K. V(t) = -m \ddot{V}_g(t) \quad (2-12)$$

On peut mettre la relation (2-12) sous la forme :

$$\ddot{V}(t) + 2. \xi. \omega. \dot{V}(t) + \omega^2. V(t) = -\ddot{V}_g(t) \quad (2-13)$$

Où  $\omega$  est la pulsation propre du système non amorti et  $\xi$  le pourcentage d'amortissement critique.

$$\omega^2 = \frac{K}{m}, \quad \xi = \frac{c}{2.m.\omega} \quad (2-14)$$

La solution de l'équation (2-13) est donnée par l'expression intégrale de Duhamel.

$$V(t) = -\frac{1}{\omega} \int_0^t \ddot{V}_g(\tau) . e^{-\xi\omega(t-\tau)} . \sin(\omega. t - \tau) d\tau \quad (2-15)$$

Dans laquelle  $\omega_D = \omega \sqrt{1 - \xi^2}$  est la pulsation propre du système amorti.

Vu que le taux d'amortissement  $\xi$ ; est toujours inférieur en pratique dans les constructions à 10%, on est en droit de considérer que la pulsation  $\omega_D$  reste égale à, d'où:

$$V(t, \omega) = -\frac{1}{\omega} \int_0^t \ddot{V}_g(\tau) . e^{-\xi\omega(t-\tau)} \sin(\omega. t - \tau) d\tau. \quad (2-16)$$

Par définition, le spectre de réponse est une interprétation graphique du déplacement maximal d'un oscillateur simple lorsqu'il est soumis à un séisme donné; en fonction de la pulsation  $\omega$ , ou de la période  $T$ , ou encore de la fréquence propre de l'oscillateur :

$$f = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi} \quad (2-17) \text{ La valeur}$$

maximale de déplacement relatif  $V(t)$  .d'après, la relation (2-15) est donnée par :

$$|V_{\max}| = \frac{1}{\omega} S_V(\xi, \omega) \quad (2-18)$$

$$\text{En posant : } S_V(\xi, \omega) = \left| \max \left[ \int_0^t \ddot{V}_g(\tau) . e^{-\xi\omega(t-\tau)} \sin(\omega. t - \tau) d\tau. \right] \right| \quad (2-19)$$

On désigne  $S_V$  par le terme "Vitesse spectrale" ou pseudo vitesse (de dimension  $L. T^{-1}$ ) ; on constate que  $S_V$  est une fonction de  $\omega$  de  $\xi$  et de  $V(t)$ . Pour un accélérogramme donné et pour différentes valeurs de  $\xi$  on peut représenter les courbes de variations de  $S_V$  en fonction de  $\omega$  de  $T$  ou de  $f$  qui sont des spectres de réponses (en pseudo vitesse) pour un séisme donné fig. (1-18)

Pour chaque valeur de  $\omega$ , il est immédiat de calculer la valeur maximale du déplacement  $V$  qu'on notera  $S_d$ , puisque :

$$S_d(\xi, \omega) = (1/\omega) S_V(\xi, \omega) \text{ d'où } S_V = \omega. S_d ; \quad (2-20)$$

$S_d$  est appelé le "déplacement spectral" (de dimension L).

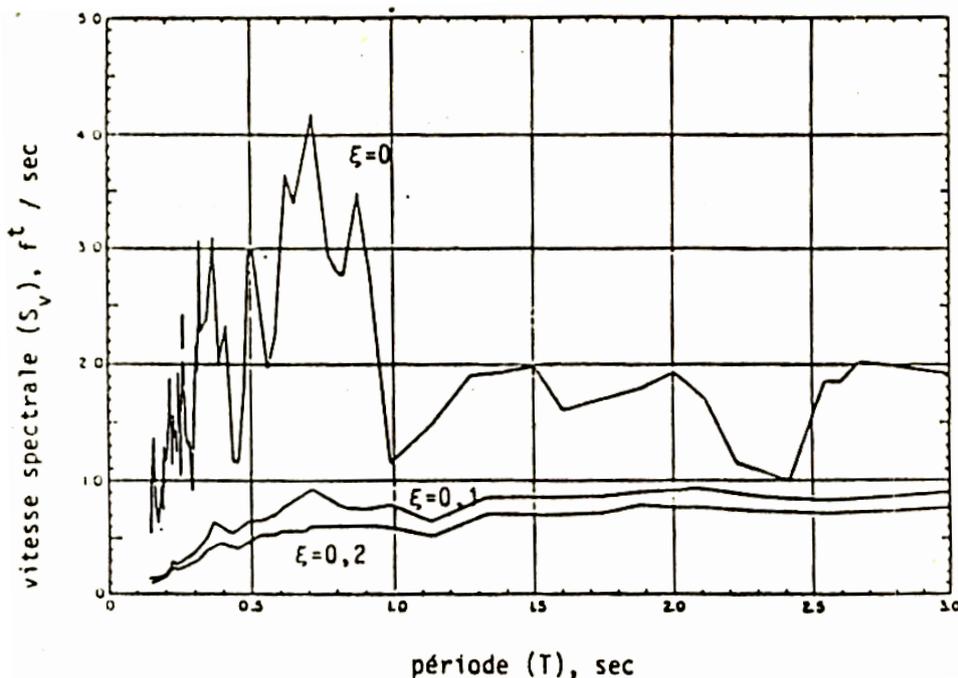


Fig. (1-18) spectre de réponse en pseudo vitesse (Elcentro, californie mai 1944, composante NS)

On peut également définir une accélération spectrale "pseudo accélération" (de dimension  $L T^{-2}$ ) qui sera notée  $S_a(\xi, \omega)$  et qui est liée par définition à  $S_v$  ou à  $S_d$  par les relations:

$$S_a(\xi, \omega) = \omega \cdot S_v(\xi, \omega) = \omega^2 S_d(\xi, \omega) \quad (2-21)$$

#### 1.4.5. Interprétation des valeurs spectrales.

Il faut noter que parmi les trois paramètres  $S_d$ ,  $S_v$  et  $S_a$ , seul  $S_d$  est égal au déplacement maximal réel de l'oscillateur (directement en rapport avec l'effort tranchant maximal appliqué à celui-ci), tandis que  $S_v$  et  $S_a$  ne sont pas rigoureusement égaux respectivement à la vitesse et l'accélération maximales de l'oscillateur. C'est pourquoi on les désigne comme "pseudo vitesse" et "pseudo accélération".

Cherchons d'ailleurs à préciser l'interprétation de la vitesse spectrale  $S_v$  et de l'accélération spectrale  $S_a$ .

#### 1.4.6. Accélération spectrale $S_a$

Dans l'équation:

$$\ddot{V}_t(t) + 2 \cdot \xi \cdot \omega \cdot \dot{V}_t(t) + \omega^2 \cdot V_t(t) = 0 \quad (2-22)$$

$\ddot{V}_t(t)$  représente l'accélération absolue de l'oscillateur, au moment  $t_E$  où le déplacement a sa valeur maximale, nous avons :

$$V(t_E) = |V_{\max}| = S_d \quad ; \quad \dot{V}(t_E) = 0$$

donc:

$$\ddot{V}(t_E) = -\omega^2 \cdot V(t_E) \quad (2-23)$$

$$\ddot{V}(t_E) = \omega^2 \cdot S_d \quad (2-24)$$

La comparaison des relations (2-21) et (2-24) conduit à :

$$S_a = \ddot{V}(t_E) \quad (2-25)$$

Ceci veut dire que l'accélération spectrale  $S_v$  égale à l'accélération absolue liée au déplacement maximal de l'oscillateur et non pas à l'accélération maximale du système. Néanmoins, on peut estimer que souvent il n'y a pas une grande différence entre  $S_a$  et la valeur maximale de l'accélération.

Ainsi, dans un système non amorti, le deuxième terme de l'équation dynamique n'intervient pas, nous avons :

$$\ddot{V}(t) = -\omega^2 \cdot V(t) \quad (2-26)$$

Les deux valeurs absolues maximales du déplacement et de l'accélération se produisent en même temps  $t_E$  ; par conséquent :

$$\xi = 0 \rightarrow |V_{t_{\max}}| = \omega^2 |V_{\max}| = \omega^2 \cdot S_d = S_a \quad (2-27)$$

Autrement dit, dans les systèmes non amortis, l'accélération absolue maximale et l'accélération absolue liée au déplacement sont égales.

Dans les structures amorties, la relation (2-28) n'est plus valable en toute rigueur par suite de la présence du terme d'amortissement ; mais même avec les structures amorties, la différence est relativement négligeable dans la plupart des cas.

$$\xi = 0 \rightarrow S_a = |\ddot{V}_{t_{\max}}| \quad (2-28)$$

$$\xi \neq 0 \rightarrow S_a = |\ddot{V}_{t_{\max}}| \quad (2-29)$$

#### 1.4.7. Vitesse spectrale $S_v$

En ce qui concerne la pseudo vitesse  $S_v$  sa signification physique peut être donnée en revenant à l'énergie totale emmagasinée dans l'oscillateur simple à un instant  $t$  :

$$E : \frac{1}{2} \cdot m \dot{V}(t)^2 + \frac{1}{2} \cdot K \cdot V(t)^2 = E_c + E_d \quad (2-30)$$

Energie Cinétique      Energie de Déformation

Le déplacement maximal de l'oscillateur au temps  $t_E$  correspond à un zéro de l'énergie cinétique (parce que  $V(t_E) = 0$  est une valeur maximale de l'énergie de déformation élastique.

$$E_{dmax} = 1/2 K S_d^2. \quad (2-31)$$

Si cette énergie de déformation était transformée intégralement en énergie cinétique :

$$E_{dmax} = \frac{1}{2} K S_d^2 = 1/2 \cdot m \dot{V}_{max}^2 \quad (2-32)$$

Elle conduirait à une vitesse fictive maximale :

$$V_{max} = \sqrt{K/m} \cdot S_d = \omega \cdot S_d \quad (2-33)$$

Donc égale à  $S_v$ .

En d'autres termes, si  $S_v$  représente la vitesse fictive maximale que donnerait l'énergie cinétique équivalente à l'énergie de déformation maximale.

Il y a encore une deuxième interprétation possible de  $S_v$ , en relation directe avec le maximum d'énergie de déformation :

L'énergie de déformation maximale étant  $1/2 K S_d^2$ , alors l'énergie de déformation maximale par unité de masse est :

$$E_{dmax}/m = 1/2 \cdot (K/m) \cdot S_d^2 = 1/2 \omega^2 S_d^2 = 1/2 S_v^2 \quad (2-34)$$

Donc  $S_v$  mesure directement l'énergie par unité de masse et comme les méthodes d'énergie présentent un intérêt dans les calculs dynamiques des structures,  $S_v$  apparaît comme un paramètre utile.

D'autre part, pour les structures de fréquences moyennes ou de hautes fréquences,  $S_v$  ne diffère pas beaucoup de la valeur maximale de la vitesse relative qui est donnée par la dérivée de l'intégrale de Duhamel :

$$V(t) = - \int_0^t \ddot{V}_g(\tau) \cdot e^{-\xi\omega(t-\tau)} \cos(\omega \cdot t - \tau) d\tau + \xi \int_0^t \ddot{V}_g(\tau) \cdot e^{-\xi\omega(t-\tau)} \sin(\omega \cdot t - \tau) d\tau. \quad (2-35)$$

### 1.5.1. Présentation du spectre de réponse

Il découle immédiatement des relations :

$$S_d = (1/\omega) \cdot S_v \quad (2-36)$$

$$S_a = \omega \cdot S_v \quad (2-37)$$

Que chacun des trois paramètres  $S_d$ ,  $S_v$  et  $S_a$  peut permettre de déterminer le déplacement maximal de la structure.

On constate que la valeur numérique de  $S_v$  est toujours comprise entre les valeurs  $S_d$  et  $S_a$ ; ces dernières étant obtenues par division et multiplication de  $S_v$  par la pulsation propre  $\omega$  de la structure; aussi, sur une échelle de  $\omega$ , les valeurs  $S_d$  et  $S_a$  tendent rapidement, l'une ou l'autre, vers zéro quand la pulsation  $\omega$  devient grande ou petite. Par conséquent, une représentation graphique détaillée de  $S_d$  et  $S_a$  ne serait pas très claire pour ces cas limites. Par contre, la vitesse spectrale  $S_v$  donne approximativement une courbe d'allure horizontale quels que soient les enregistrements sismiques, qui sont donc plus aisée à représenter.

C'est pourquoi, on a toujours tendance à tracer le spectre de réponse en pseudo vitesse, Cependant, les relations simples qui existent entre les trois définitions spectrales, permettent de faire figurer ces trois paramètres sur un seul spectre de réponse, en portant quatre axes avec les échelles logarithmiques l'axe des abscisses représente le logarithme de la pulsation  $\omega$  (ou la période  $T$  ou de la, fréquence  $f$  l'axe des ordonnées représente le logarithme de la pseudo vitesse  $S_v$  tandis que  $\log S_a$  et  $\log S_d$  sont déterminés sur des axes à  $45^\circ$  par rapport aux premiers fig. (1-19).

$$\log S_d = \log s_v - \log \omega \quad (2-38)$$

$$\log S_a = \log s_v + \log \omega \quad (2-39)$$

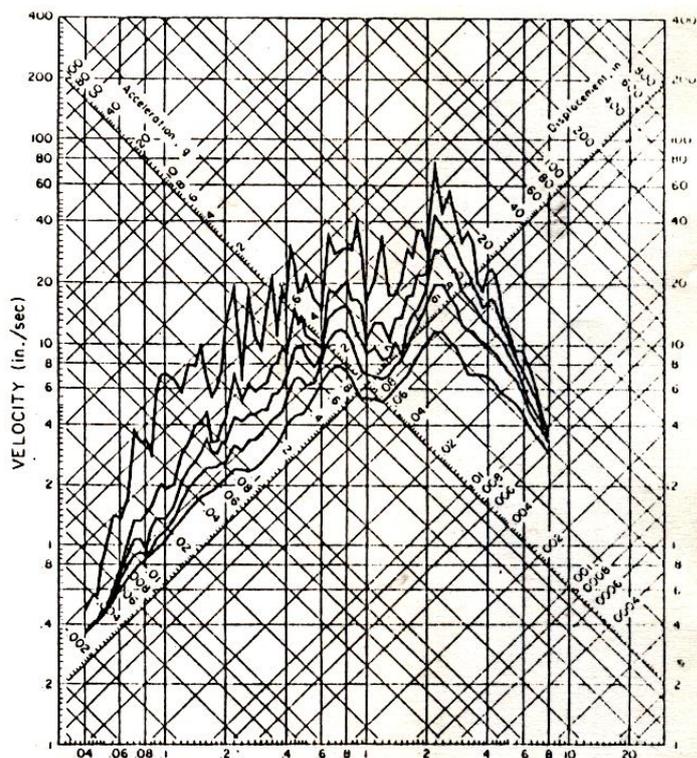


Fig.1-19. Spectre de réponse du séisme de San Fernando de 1971 en coordonnées logarithmiques tripartites.

### 1.5.2. Le graphisme de Hussit.

L'évolution des variations du niveau des secousses avec le temps peut être obtenu aussi par l'intégrale suivante :

$$\int_0^t a^2(t) dt \quad (2-40)$$

Où:  $a(t)$  représente l'accélération de l'accélérographe.

On aurait pu aussi utiliser les variations dans les des autres paramètres du mouvement sismique à la place des accélérations,

Pour étudier l'évolution du niveau des secousses d'un accélérographe avec le temps Hussit (1969) a proposé de tracer la variation de cette intégrale en fonction du temps  $t$ . A cette fin, il est d'usage de tracer les variations du rapport de la valeur de l'intégrale au temps  $t$  à sa valeur finale.

$$h(t) = \frac{\int_0^t a^2(t) dt}{\int_0^{t_f} a^2(t) dt} \quad (2-41)$$

Où  $t_f$  représente la durée totale de l'accélérographe.

Ainsi, au début de l'enregistrement  $h(0) = 0$  et à la fin de l'enregistrement

$h(t_f) = 1$  (ou 100%). La courbe des variations de  $h(t)$  en fonction du temps est appelée graphique Hussit fig. (1-15).

### 1.5.3. Accélérographe artificiel

Si nous avons pu disposer de nombreux accélérographe enregistrés sur un grand nombre de différents sites pour des séismes de magnitude variable, le choix de l'accélérographe de calcul ne représenterait pas un grand problème.

Mais le petit nombre d'accélérogrammes disponibles a encouragé le développement d'accélérogrammes artificiels ou synthétiques [15,16,17,12].

Ces accélérogrammes sont générés par des processus stochastique ou partant de l'hypothèse que les mouvements du sol peuvent être représentés par une fonction aléatoire non stationnaire.

Bien que les histoires des mouvements du sol générés par de tels processus peuvent s'approcher des caractéristiques des séismes réels, lorsqu'on introduit au moins une partie des facteurs affectant le mouvement sismique (tels que la distance focale et la dépendance au type de site) le fait qu'elles auront un contenu fréquentiel et une distribution aléatoire pour engendrer des réponses très différentes pour des cas similaires. En effet, la fréquence de la pseudo-résonance du système à étudier est généralement sensible à la distribution fréquentielle du signal d'entrée.

Un travail considérable a été effectué pour pouvoir générer des accélérogrammes artificiels compatibles avec les spectres de réponse normalisés Tsai 1973, Rizzo et Al 1973, Scolan et Sachs 1974, King et Chen 1977, Romstand et Al 1978, Marayana et Narasimha 1979 ...etc.

Il faut noter tout de même qu'à part, les griefs qu'on peut porter à la procédure d'établissement des spectres de réponses normalisés, les accélérogrammes artificiels ainsi obtenus

contiennent généralement des bandes de fréquences uniformes mais des concentrations de bandes près des fréquences spécifiques qui dépendent des mécanismes de la faille, du chemin de parcours et des conditions locales du site.

Pour un site donné, il est donc souhaitable de prévoir la localisation et la concentration probable de ces bandes de fréquences, en vue de la génération d'un accélérogramme artificiel. Ce qui exige des efforts de recherche supplémentaires dans le domaine de la sismologie (Voir chapitre simulation des séismes).

#### **1.5.4. Spectre de réponse spécifié.**

Une pratique souvent adoptée dans les calculs sismiques consiste à utiliser un spectre de forme standardisée, appelé spectre de réponse spécifié (ou spectre de réponse normalisé) comme excitation de référence.

Pour mieux permettre la comparaison des différents spectres, on peut normaliser leurs ordonnées spectrales par rapport à un paramètre du mouvement sismique (comme l'accélération, la vitesse, le déplacement ou l'intensité spectrale).

Les spectres spécifiés constituent une sorte d'enveloppe de toutes les formes de spectres associés aux accélérogrammes enregistrés dans une région ou un pays donné. Ces accélérogrammes enregistrés généralement normalisés par rapport à l'accélération maximale des accélérogrammes à seule fin de comparaison.

Jusqu'à ces derniers temps, même dans les pays Européens les spectres spécifiés recommandés par l'AEC (Atomic Energy Commission, USA) étaient les plus utilisés. Un exemple de ces spectres est représenté sur la figure 1-20 pour un taux d'amortissement de 5%. Ces spectres ont été établis grâce aux recherches de Newmark et Blume (1973) sur les enregistrements Californiens.

L'utilisation des spectres de réponse appelle les commentaires suivants:

1-L'utilisation des spectres de réponses spécifiés établis pour d'autres régions néglige l'influence des mécanismes de génération du séisme et la géologie globale propre à chaque région sismique.

2-Dans la plupart des cas, pour l'établissement de ces spectres, aucune différenciation des enregistrements n'a été faite en fonction des conditions de sous sols au niveau des stations de mesure.

3-Elles ont été généralement constituées d'après les enregistrements de la surface du sol et ne représentent pas toutes les caractéristiques des mouvements du substratum.

4-L'influence de la distance et la magnitude sur le contenu fréquentiel est négligé.

5-Le choix du spectre de bandes de fréquence distribuées linéairement peut être parfois contesté.

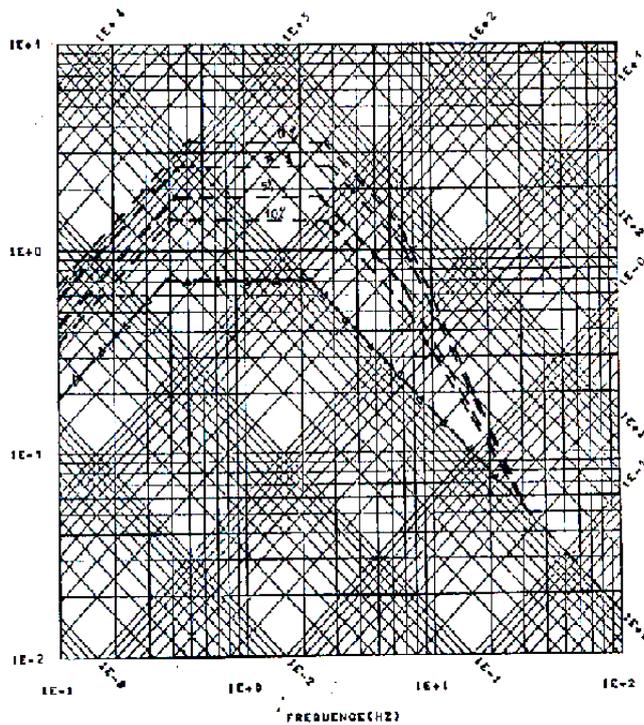


Fig. 1-20. Spectre de réponse standard (spécifié) recommandé par l'AEC pour une accélération maximale de 1 g.

### 1.6.1. Les facteurs affectant les caractéristiques du mouvement sismique

Le mouvement sismique est un phénomène très complexe et il est affecté par un nombre élevé de facteurs qui peuvent intervenir sur les paramètres du mouvement sismique en un point donné. Mais d'après l'ensemble des études déjà effectuées on peut admettre que les différents facteurs peuvent être classés en trois séries principales:

Facteurs liés à la source (mécanismes de génération du séisme), le trajet parcouru entre le foyer et le site et les facteurs liés à des conditions locales propres au site [4, 7].

Pour être en mesure d'évaluer la nature du mouvement sismique sur un site, il est nécessaire de connaître l'influence de ces facteurs et de les quantifier.

Ceci est réalisé à l'aide des relations dites lois d'atténuation, exprimant un des paramètres caractéristiques du mouvement sismique (Accélération maximale, accélération spectrale ...) en fonction de l'ensemble des paramètres caractéristiques.

a)- Les facteurs de la source englobent le genre de la faille génératrice, les dimensions de la zone de rupture, la profondeur de la source, les valeurs des contraintes le long de la surface de rupture, les mécanismes de rupture et les caractéristiques de propagation le long de la faille. D'un point de vue fondamental de la dimension de la zone de rupture et l'ampleur de la chute des contraintes sont représentées partiellement par la magnitude (ou par le moment sismique), La magnitude et la profondeur du foyer constituent presque les seuls paramètres reliés aux facteurs de la source qui, sont couramment considérés dans les risques sismiques.

b)- Une partie de l'énergie libérée à la source se propage par radiation d'ondes sismiques lors de leur trajet entre le foyer et le site à la surface de la terre. Ces ondes rencontrent des hétérogénéités, des surfaces de discontinuité, des barrières naturelles. Ces obstacles ont pour effet de réfléchir et de réfracter les ondes, conversion d'ondes de volume en ondes de surface.

Par ailleurs, une partie de l'énergie transportée par ces ondes est absorbée dans les milieux qu'elles traversent du fait de l'amortissement propre, ou amortissement matériel, lié à l'hystérésis des matériaux.

L'éloignement de la source affecte le mouvement en diminuant son amplitude et en modifiant son contenu spectral: les hautes fréquences sont filtrées et la fréquence fondamentale du mouvement abaissée

Il est à noter que les magnitudes attribuées par divers organismes à un même séisme varient suivant la distribution géographique des stations à la surface de la terre. Cela reflète l'influence et la nature des terrains traversés.

La prise en compte de ces phénomènes est très complexe et impose de connaître la structure interne de la terre entre la foyer et le site .celle-ci n'est qu'approximativement connue.

Et on rend compte de l'influence du trajet parcouru à l'aide d'un seul paramètre la distance de la source au site.

Il faut ajouter que le terme de distance n'est pas conçu d'une façon unique par divers chercheurs. Parfois, elle désigne la distance du point d'enregistrement à un point relié à la source ; distance de l'épicentre, de l'hypocentre, du centre d'énergie du, séisme. ..Etc.

Dans d'autres cas, elle est mesurée depuis une ligne ou une surface: distance de la faille génératrice de la surface de rupture, de la faille génératrice à la hauteur du centre d'énergie ...Ceci complique la comparaison des différents résultats.

En conclusion, l'utilisation de la plus courte distance de la faille au site part de la considération simpliste que, le séisme résultant de la propagation d'une rupture le long d'un plan donné (le plan de la faille), le mouvement sismique en un point sera plus fortement influencé par la plus courte distance à la zone de libération de l'énergie que par la distance au point où s'est initiée la rupture. Les conditions locales comprennent les conditions géologiques locales, les conditions topographiques, l'interaction sol structures que nous évoquerons plus en détails dans les chapitres qui suivent.