

**REGLES GENERALES DE CONCEPTION  
SELON LE RPOA**

- La prise en compte des effets sismiques dès le stade de la conception du projet du pont est importante, même pour les régions à faible sismicité.
- Lors de l'étude du site de l'ouvrage, une attention particulière doit être portée aux conditions défavorables ou pénalisantes telles que la présence de failles tectoniques potentiellement actives et/ou de **zones liquéfiables**.
- Le potentiel de liquéfaction du sol de fondation doit faire l'objet d'investigations conformément aux dispositions de l'article 7.6.3
- Il convient d'éviter la proximité immédiate **d'une faille active** (à moins de 500m) où les mouvements sismiques sont particulièrement violents et mal représentés par les spectres réglementaires.

- Dans le cas de ponts passant au-dessus de **failles tectoniques** potentiellement actives, la discontinuité probable des déplacements du sol doit généralement être évaluée et prise en compte, soit par une flexibilité appropriée de la structure, soit par une disposition convenable des joints de dilatation.
- La conception parasismique de l'ouvrage porte essentiellement sur les appuis (**pires et culées**) et notamment, l'interface entre les appuis et le tablier. Elle doit faire l'objet d'une étude spécifique pour éviter toute rupture fragile des fûts des piles. Les ouvrages monolithiques (ponts cadres ou portiques) ont généralement un bon comportement sous séisme ;

- Les efforts horizontaux mis en jeu dépendent principalement de la souplesse des piles et du type de liaison retenue entre le tablier et les piles et les culées. Le choix du  **système de liaison tablier/appuis**  a pour objectifs de limiter les déplacements du tablier ainsi que les efforts dans les appuis.
- Deux approches pour la conception des appuis :
  - Concevoir  **des appuis élastiques**  (piles et culées) sous réserve d'un choix judicieux d'appareils d'appui au niveau de l'interface tablier/appuis.
  - Concevoir  **des appuis ductiles**  (piles) sous réserve d'une conception détaillée des rotules plastiques dont la formation doit être confirmée par calcul.

- Les efforts horizontaux mis en jeu dépendent principalement de la souplesse des piles et du type de liaison retenue entre le tablier et les piles et les culées. Le choix du  **système de liaison tablier/appuis**  a pour objectifs de limiter les déplacements du tablier ainsi que les efforts dans les appuis.
- Deux approches pour la conception des appuis :
  - Concevoir  **des appuis élastiques**  (piles et culées) sous réserve d'un choix judicieux d'appareils d'appui au niveau de l'interface tablier/appuis.
  - Concevoir  **des appuis ductiles**  (piles) sous réserve d'une conception détaillée des rotules plastiques dont la formation doit être confirmée par calcul.

- Dans les zones à sismicité modérée ou forte, le choix du comportement ductile est en général approprié.
- Dans le cas d'appuis ductiles, l'emplacement des points de dissipation de l'énergie (rotules plastiques) doit être choisi de manière à assurer leur accessibilité pour le contrôle et les réparations.
- Le comportement sous séisme des tabliers de ponts courants demeure généralement, dans le domaine élastique.
- En général, **les structures continues** se comportent mieux dans les conditions sismiques que les ponts ayant de nombreux joints

- Les critères de choix du type d'ouvrage porte essentiellement sur les points suivants :
  - Un tablier léger pour minimiser les actions sismiques sur les appuis,
  - Eviter autant que possible et notamment en **zone de forte sismicité, les travées isostatiques**.
  - Etudier le mode de liaison tablier/appuis et comparer entre encastrement et appuis simples.
- Un équilibre doit en général être maintenu entre les prescriptions de résistance et de déformabilité pour les supports horizontaux. Une grande déformabilité réduit le niveau de l'action sismique de calcul, mais augmente le mouvement aux joints et aux appuis mobiles

- Pour la maîtrise des déplacements, deux systèmes de butées existent
  - **Les butées de sécurité**, destinées à empêcher le tablier de quitter ses appuis sous séisme ultime,
  - **Les butées de blocage**, destinées à limiter fortement le déplacement relatif du tablier par rapport à ses appuis sous séisme sont utilisées en complément à des appareils d'appui en élastomère fretté ou à des appareils d'appui spéciaux glissants.

- Les fondations sont à dimensionner conformément à l'article 7.6, en particulier :
  - Les culées fondées superficiellement **en tête de remblai** sont à priori interdites, sauf justifications particulières sur la stabilité au glissement du remblai en tenant compte des actions sismiques.
  - Les fondations superficielles sur **des sols granulaires lâches** ou des sols cohérents mous (catégorie S4) sont interdites, des fondations profondes sont alors recommandées.
  - En présence de **couches superficielles liquéfiables**, des fondations profondes ancrées dans les couches du sol
- Les dispositions constructives  doivent être cohérentes avec le fonctionnement de la structure sous séisme.
- Dans le cas de ponts de **longueur exceptionnelle**, ou de ponts traversant des formations de sol non homogènes, on doit décider du nombre et de l'emplacement des joints de dilatation intermédiaires.

# **ACTIONS SISMIQUES**

**1 CRITÈRES DE CLASSIFICATION**

**2. DÉTERMINATION DES ACTIONS**

**SISMIQUES ÉLASTIQUE**

**3 DISCONTINUITÉ MÉCANIQUE**

**4 DÉPLACEMENTS**

## Détermination des actions sismiques

- L'action sismique résulte des mouvements du sol qui sont pris en compte sous deux aspects :
  - ***une translation d'ensemble*** (tous les points du sol se déplacent en phase) dans chacune des trois directions de l'espace ;
  - ***un déplacement différentiel*** entre points du sol dans chacune des trois directions de l'espace.
- Ce déplacement différentiel dépend de la distance entre les points et des caractéristiques géotechniques et topographiques du site.

## Détermination des actions sismiques

- Pour le mouvement sismique de calcul, la translation d'ensemble est définie par
  - le coefficient d'accélération de zone A,
  - **un spectre de réponse horizontal** valable pour les deux composantes horizontales du mouvement
  - **un spectre de réponse verticale** valable pour la composante verticale du mouvement.
- Le déplacement différentiel entre points du sol est défini par le même coefficient d'accélération de zone A et les spécifications de l'article 3.4.2.
- Les spectres de réponses, élastiques ou de dimensionnement, qui dépendent de
- la catégorie du site de l'ouvrage,
- du coefficient d'accélération de zone (A)
- et du taux d'amortissement critique ( $\xi$ ) par le biais du facteur de correction d'amortissement  
$$(\eta = \sqrt{7 / (2 + \xi)})$$
- quand ce taux est différent de 5% sont définis en paragraphes suivants

## Spectre de réponse élastique

- Le spectre de réponse élastique constitue généralement la donnée de base pour le calcul sismique.
- 3.2.1.1 Composante horizontale
- Le spectre de réponse élastique ( $S_{ae}$ ) pour les deux composantes horizontales est donné en fonction de la période élastique ( $T$ ) et du taux d'amortissement ( $\varepsilon$ ) de

l'ouvrage par :

$g$ : accélération de la pesanteur  
( $=9,81\text{m/s}^2$ )

$A$ : Le coefficient d'accélération de zone

$T_1, T_2$ : périodes caractéristiques associées à la catégorie de site données dans le tableau ci après

$S$  : Le coefficient de site,

$\eta$ : facteur de correction de l'amortissement  $\eta = \sqrt{7/(2+\varepsilon)}$

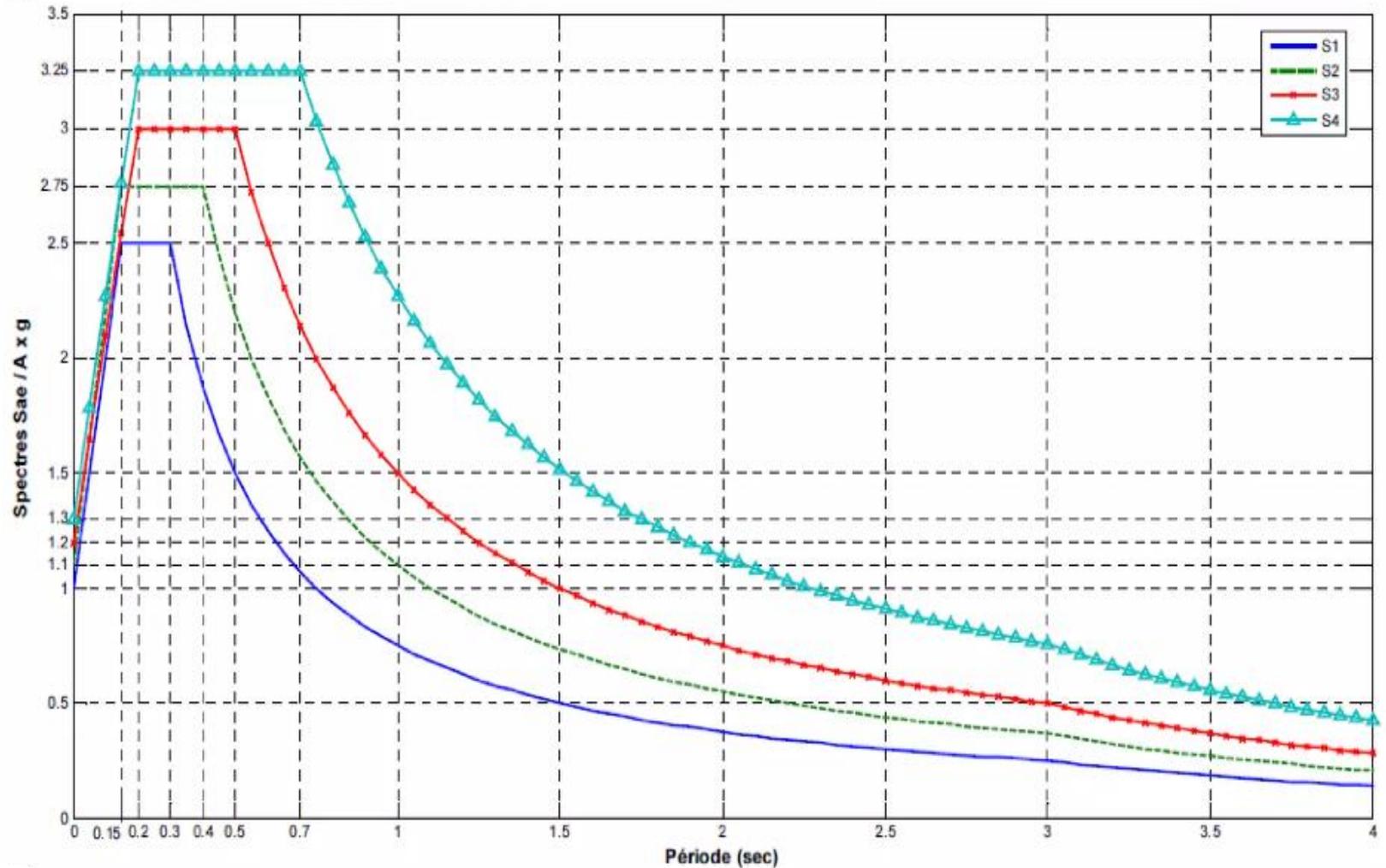
$\varepsilon$  : taux d'amortissement défini en [4.2.4](#)

$$S_{ae}(T, \xi)_{(m/s^2)} = \begin{cases} AgS(1 + \frac{T}{T_1}(2.5\eta - 1)) & 0 \leq T \leq T_1 \\ 2.5\eta AgS & T_1 \leq T \leq T_2 \\ 2.5\eta AgS \left(\frac{T_2}{T}\right) & T_2 \leq T \leq 3.0s \\ 2.5\eta AgS \left(\frac{3T_2}{T^2}\right) & T \geq 3.0s \end{cases}$$

Site	S1	S2	S3	S4
$T_1$	0,15	0,15	0,20	0,20
$T_2$	0,30	0,40	0,50	0,70
$S$	1	1,1	1,2	1,3

valeurs de  $T_1, T_2$  et  $S$  pour la composante horizontale

# spectre de réponse élastique- composante horizontale- 5% d'amortissement



- 3.2.1.1 Composante Verticale

- Le spectre de réponse élastique pour la composante verticale est donné en fonction de la période élastique (T) et du taux d'amortissement ( $\varepsilon$ ) de l'ouvrage par :

Pourcentage par :

$$S_{ae}^v(T) \text{ (m/s}^2\text{)} = \begin{cases} \alpha Ag \left( 1 + \frac{T}{T_1} (2.5\eta - 1) \right) & 0 \leq T \leq T_1 \\ 2.5\alpha Ag \eta & T_1 \leq T \leq T_2 \\ 2.5\alpha Ag \eta \left( \frac{T_2}{T} \right) & T_2 \leq T \leq 3.0s \\ 2.5\alpha Ag \eta \left( \frac{3T_2}{T^2} \right) & T \geq 3.0s \end{cases}$$

g: accélération de la pesanteur (=9,81m/s<sup>2</sup>)

A: Le coefficient d'accélération de zone

$\alpha$ : coefficient qui tient compte de l'importance de la composante verticale en zone de forte sismicité :

$\alpha = 0,7$  pour les zones sismiques I, IIa et IIb

$\alpha = 1,0$  pour la zone sismique III.

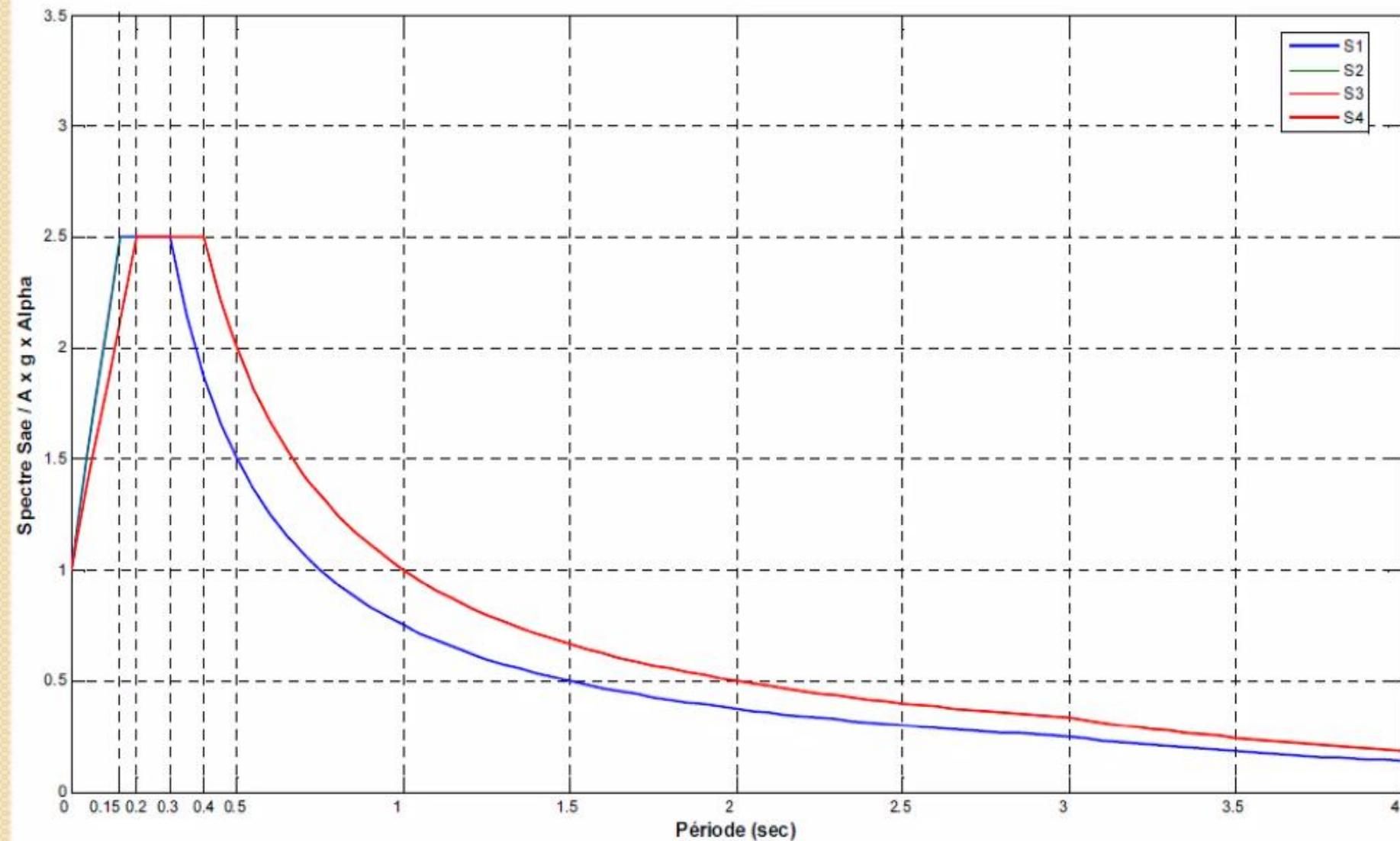
$T_1, T_2$ : périodes caractéristiques associées à la catégorie de site données dans le tableau ci après

- Le coefficient de site, dans le cas de la composante verticale, est pris égal à 1

Site	S1	S2	S3	S4
$T_1$	0,15	0,15	0,20	0,20
$T_2$	0,30	0,40	0,40	0,40

valeurs de  $T_1, T_2$  et S pour la composante verticale

# spectre de réponse élastique- composante verticale 5%



## Spectre de dimensionnement

- Le spectre de dimensionnement pour les deux composantes horizontales à utiliser, pour le calcul de résistance (approche du comportement inélastique par un calcul élastique équivalent), avec un coefficient de comportement ( $q$ ) est donné par :

$g$ : accélération de la pesanteur ( $=9,81\text{m/s}^2$ )

$A$ : Le coefficient d'accélération de zone

$T_2$ : périodes caractéristiques associées à la catégorie de site données dans le tableau ci après

$S$  : Le coefficient de site,

$\eta$ : facteur de correction de l'amortissement

$$\eta = \sqrt{7/(2+\varepsilon)}$$

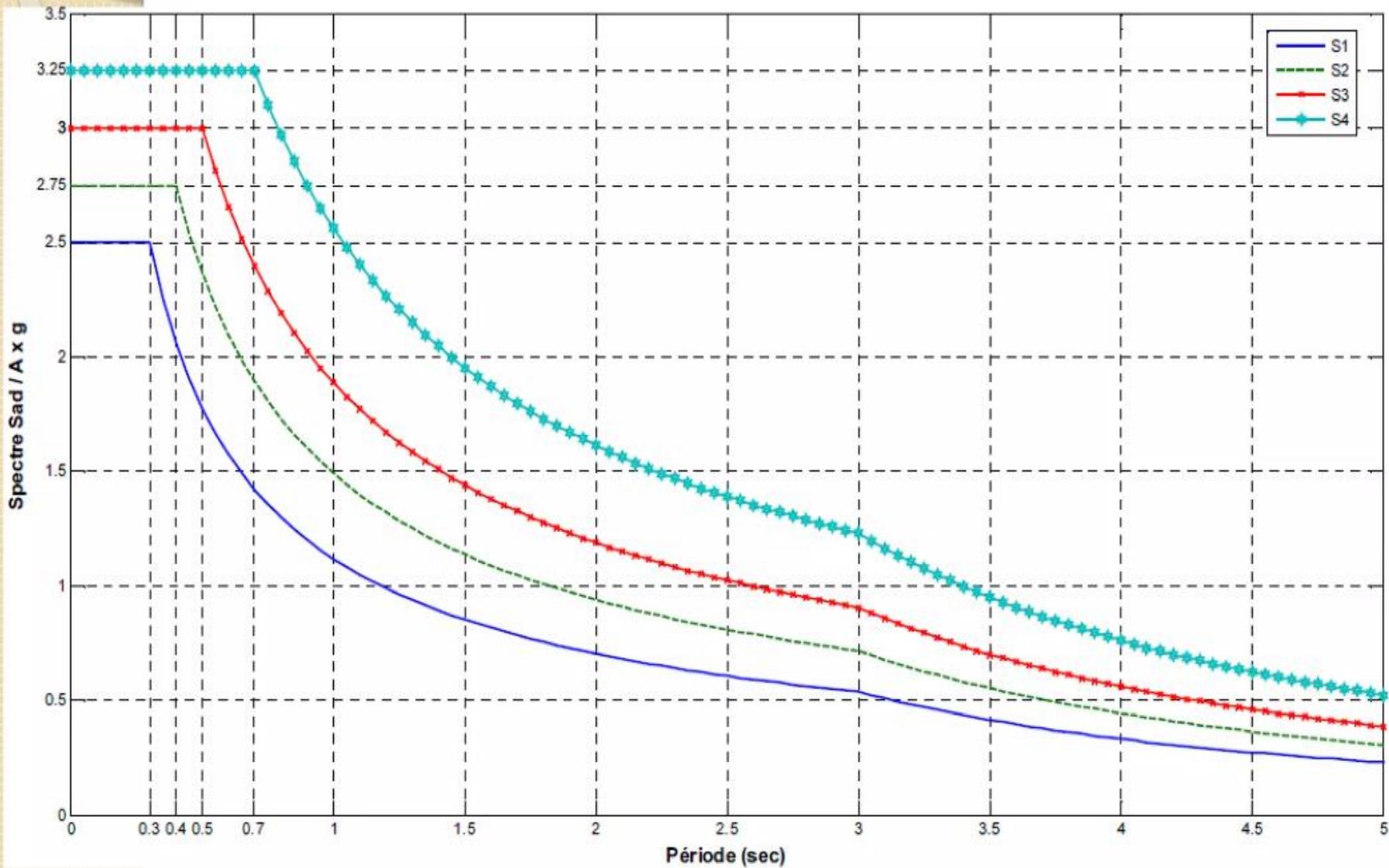
$\varepsilon$  : taux d'amortissement défini en [4.2.4](#)

$$S_{ad}(T, \xi) = \begin{cases} 2.5\eta AgS & 0 \leq T \leq T_2 \\ 2.5\eta AgS \left(\frac{T_2}{T}\right)^{2/3} & T_2 \leq T \leq 3.0s \\ 2.5\eta AgS \left(\frac{T_2}{3.0}\right)^{2/3} \left(\frac{3.0}{T}\right)^{5/3} & T \geq 3.0s \end{cases}$$

Site	S1	S2	S3	S4
$T_1$	0,15	0,15	0,20	0,20
$T_2$	0,30	0,40	0,50	0,70
$S$	1	1,1	1,2	1,3

valeurs de  $T_1$ ,  $T_2$  et  $S$  pour la composante horizontale

• spectre de dimensionnement- 5% d'amortissement



Dans le cas où l'on a plusieurs sites différents à considérer pour un même ouvrage, le mouvement d'ensemble à retenir pour l'ouvrage est obtenu en combinant, au moyen d'une méthode scientifiquement validée, les mouvements des différents sites. A défaut, l'enveloppe des spectres des différents sites peut être retenue

### 3.4.1 Déplacements absolus horizontal $D_M(H)$ et vertical $D_M(V)$

- $L_M$  est la distance au delà de laquelle les mouvements des deux points peuvent être considérés comme indépendants.
- Les déplacements  $D_M$  sont donnés pour une accélération unité ( $1\text{m/s}^2$ ).

Site	S1	S2	S3	S4
$L_M$ (m)	600	500	400	300
$D_M(H)$ (m)	0.03	0.05	0.07	0.09
$D_M(V)$ (m)	0.02	0.04	0.06	0.08

## 3.4.2 Déplacement différentiel

- Sur un site sans discontinuité mécanique accusée, le déplacement différentiel maximal  $d$  entre deux points distants de  $X$ , en fonction du coefficient d'accélération de zone  $A$ , est égal à :

$$d = \eta AgX \quad \text{si } X < L_M \quad \text{avec} \quad \eta = \frac{D_M}{L_M} \sqrt{2}$$

$$d = AgD_M \sqrt{2} \quad \text{si } X \geq L_M$$

Valeurs de  $\eta$

Site	S1	S2	S3	S4
$10^4 \eta$ en horizontal	0.7	1.4	2.5	4.2
$10^4 \eta$ en vertical	0.5	1.1	2.1	3.8

- Dans le cas où les deux points appartiennent au même type de site, mais sont situés de part et d'autre d'une discontinuité topographique accusée (vallée), en l'absence d'une démarche appropriée définie, la valeur de  $d$  est à majorer de 50%.
- Dans le cas où les deux points sont situés de part et d'autre d'une discontinuité mécanique (faille), le déplacement différentiel  $d$  est calculé par la relation :

$$d = Ag\sqrt{D_{M,1}^2 + D_{M,2}^2}$$

- $D_{M,1}$  et  $D_{M,2}$  étant les déplacements absolus des deux points.