

# Chapitre 15

Isolation en base des bâtiments.

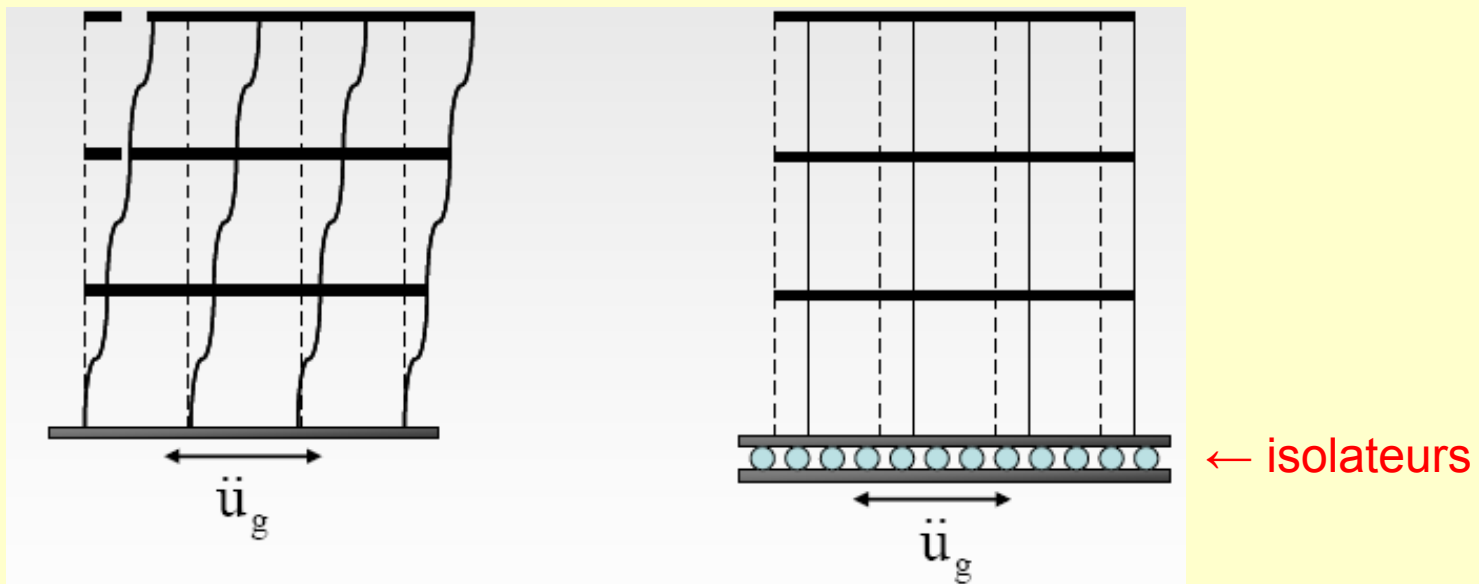
**Document de référence:**

**Eurocode 8, EN1998-1    Chapitre 10**

## Isolation à la base

But: permettre un mouvement relatif de la base par rapport au sol

⇒ réduction du déplacement imposé du CM dans un repère absolu, des accélérations et des sollicitations



## Isolation à la base

### « Appui de pont »

Appuis en élastomère fretté linéaire

Dispositifs élasto-plastiques bilinéaire

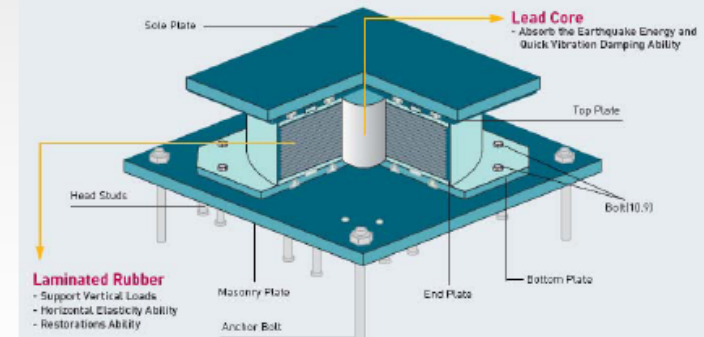
## Différents types d'isolateurs

High damping rubber bearings



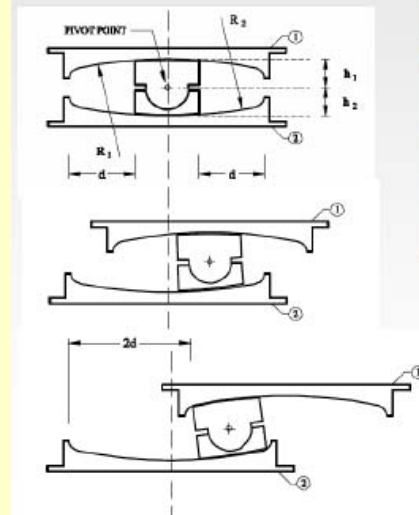
Comportement linéaire

Lead rubber bearings



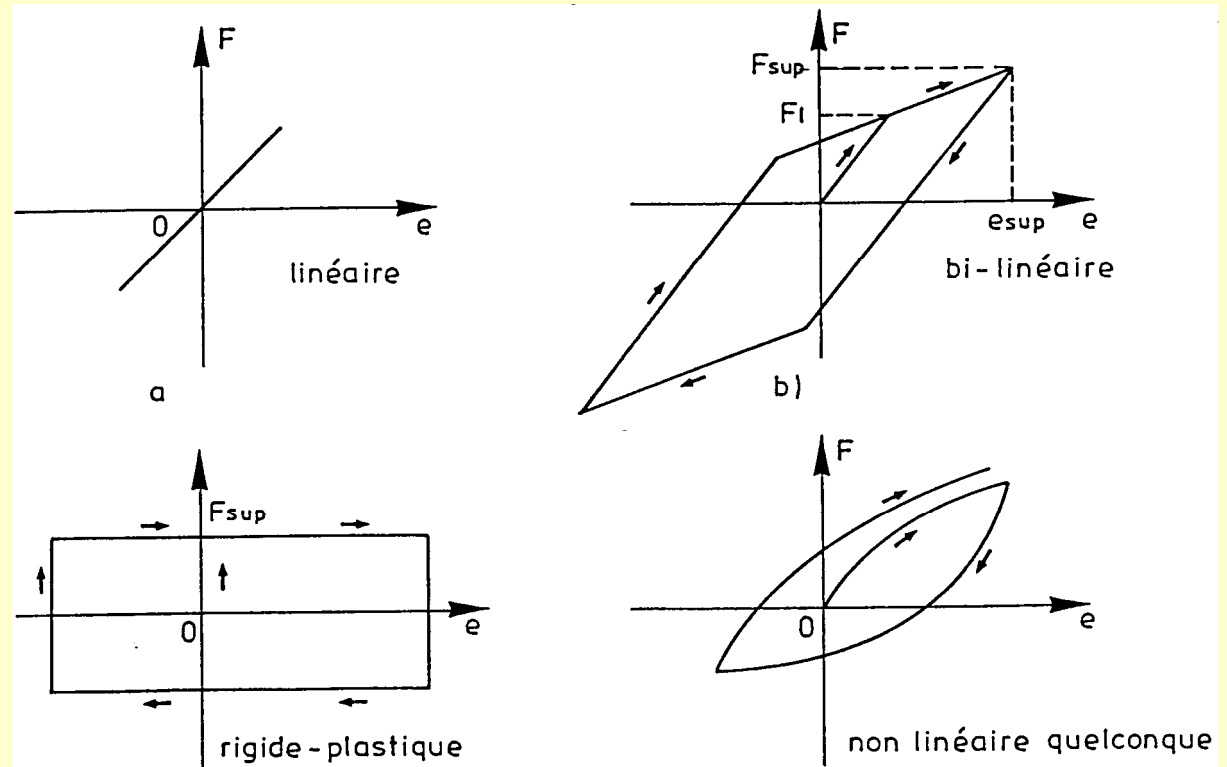
Comportement bilinéaire

## Pendule de friction



## Amortisseurs visqueux

## Isolation à la base



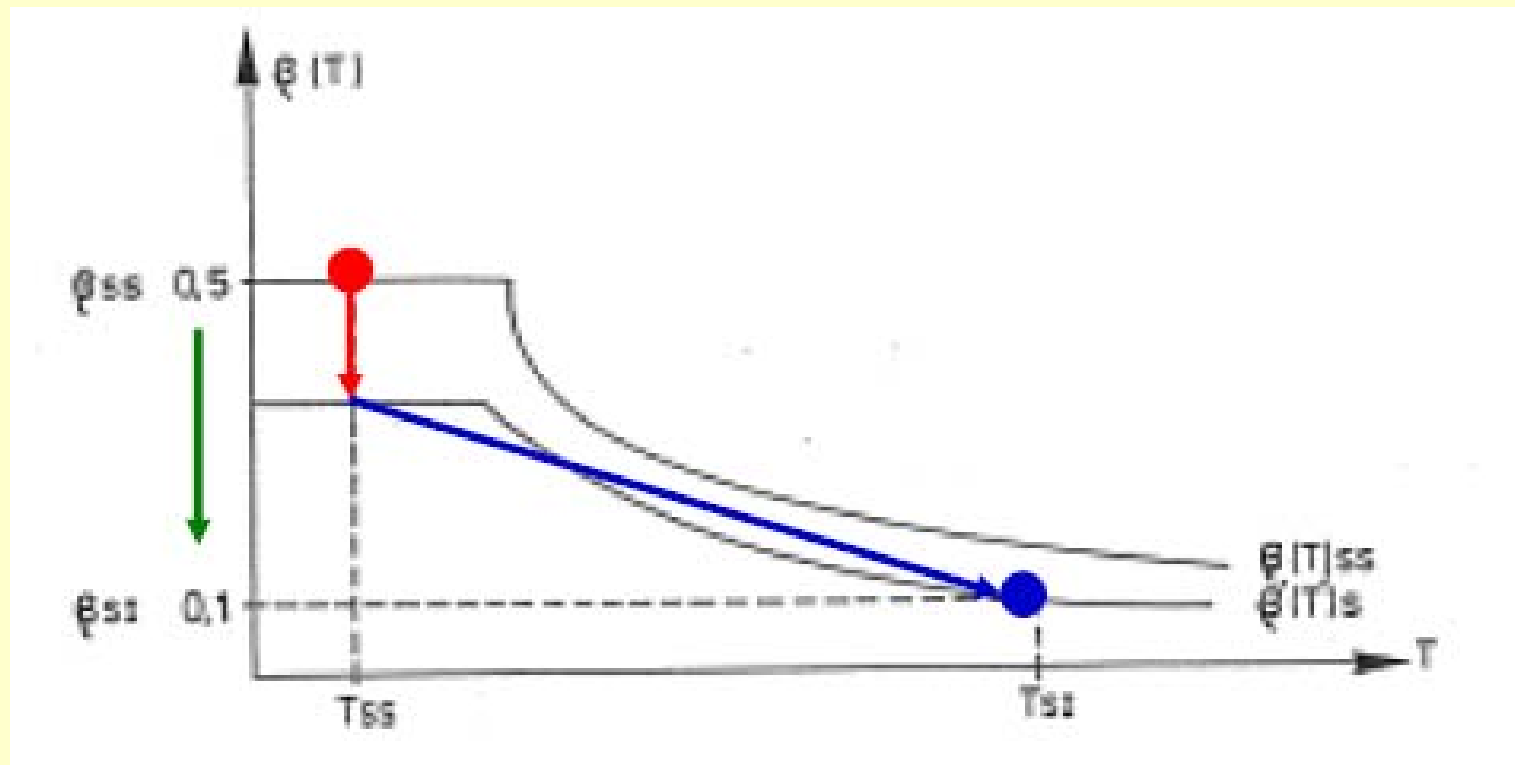
### Exemples de lois de comportement

- Linéaire: appui néoprène, faible déplacement
- Bi-linéaire: appui néoprène + noyau plomb  
barre métallique
- Rigide plastique = friction
- + Effet de la vitesse de mise en charge

## Isolation à la base

## Effets

- Augmente la période fondamentale
- Change la forme du premier mode
- Augmente l'amortissement



## Isolation à la base

# Principales définitions

### Interface d'isolation

Surface qui sépare l'infrastructure de la superstructure  
où se situe le système d'isolation

Le plus général dans les bâtiments: à la base de la superstructure

### Isolation totale

Si, dans la situation sismique de calcul, la structure reste élastique

### Période effective $T_{\text{eff}}$

Période fondamentale d'un système 1DDL dans la direction considérée

Masse: la superstructure      Rigidité = rigidité effective du système d'isolation

### Amortissement effectif $\xi_{\text{eff}}$ (du système d'isolation dans une direction principale)

Valeur de l'amortissement visqueux correspondant à l'énergie dissipée par le système d'isolation lors de la réponse cyclique au déplacement de calcul

### Rigidité effective $K_{\text{eff}}$ (du système d'isolation dans une direction principale)

Rapport entre la valeur de la force horizontale totale, transmise au niveau de l'interface d'isolation lorsque le déplacement de calcul se produit, et la valeur absolue de ce déplacement de calcul = rigidité sécante

## Isolation à la base

### Fonctions et capacités

Capacité portante verticale combinée avec rigidité latérale faible  
rigidité verticale élevée ;

- Dissipation d'énergie hystérétique ou visqueuse;
- Capacité de recentrage
- Rigidité élastique suffisante pour les charges latérales non sismiques: vent

### Exigences fondamentales

- Protection des vies humaines
- Limitation des dommages
- Grande fiabilité => coefficient de majoration  $\gamma_x$  sur les déplacements  $\gamma_x = 1,2$

## Isolation à la base

### Critères de conformité

#### A l'état de limitation des dommages

- Les réseaux vitaux traversant les joints autour de la structure restent dans le domaine élastique

#### A l'état limite ultime

- La capacité ultime des dispositifs d'isolation en résistance et déformabilité n'est pas dépassée (avec coefficients partiels)
- Seule l'isolation totale est considérée dans Eurocode 8
- La superstructure et l'infrastructure restent dans le domaine élastique

⇒ Dimensionnement en capacité & dispositions constructives pour la ductilité non nécessaires pour la superstructure & l'infrastructure

⇒ Conduites de gaz et autres réseaux dangereux traversant les joints entre superstructure & sol ou constructions environnantes dimensionnés pour assurer le déplacement relatif en prenant en compte le coefficient  $\gamma_x$



## Isolation à la base

## Dispositions générales de dimensionnement

- Espace suffisant entre la superstructure et l'infrastructure pour inspecter, entretenir et remplacer les dispositifs d'isolation
- Protection des dispositifs d'isolation contre incendie, attaques chimiques biologiques
- Limiter les effets de torsion
- Réduire le comportement différentiel des dispositifs d'isolation  
=> compression dans ces dispositifs aussi uniformes que possible
- Dispositifs d'isolation fixés à la superstructure et à l'infrastructure
- Chocs et mouvements de torsion potentiels contrôlés  
=> espace, amortisseurs, absorbeurs de chocs, etc.
- Diaphragmes rigides au-dessus ou en dessous du système d'isolation pour minimiser les effets des déplacements sismiques différentiels du sol
- Espace suffisant entre superstructure isolée et sol constructions voisines pour permettre le déplacement dans toutes les directions

## **Isolation à la base**

### **Propriétés du système d'isolation pour l'analyse**

**Valeurs les plus défavorables des propriétés physiques et mécaniques du système d'isolation**

**tenant compte de :**

- vitesse de chargement**
- effet de la charge verticale simultanée**
- température**
- vieillissement**

### **Propriétés physiques des amortisseurs**

- pour l'évaluation des accélérations et des forces d'inertie:  
=> le max de la rigidité et le min de l'amortissement et du frottement**
- pour l'évaluation des déplacements  
=> le min de la rigidité et de l'amortissement et du frottement.**

**Dans les bâtiments de catégorie d'importance I et II,  
on peut utiliser des valeurs moyennes des propriétés physiques et mécaniques  
si les extrêmes max ou min diffèrent de moins de 15 % des moyennes**

## Isolation à la base

### Action sismique

- 2 composantes horizontales et la composante verticale simultanément
- spectre élastique :  $a_g$  , site, sol  $q = 1$  pour l'isolation  
 $q = 1,5$  pour la superstructure
- Catégorie d'importance IV : spectres spécifiques au site (effets proches) si bâtiment à moins de 15 km de la faille potentiellement active de  $M_s \geq 6,5$

### Méthodes d'analyse de la structure

- Linéaire équivalente
- Linéaire simplifiée
- Linéaire modale simplifiée
- Linéaire modale
- Chronologique

## Isolation à la base

### Analyse linéaire équivalente

- Rigidité effective de chaque unité d'isolation  
= valeur sécante de la rigidité au déplacement total de calcul  $d_{db}$   
[au moins = 50 % de la rigidité effective à un déplacement de  $0,2 d_{dc}$  ]
- Dissipation d'énergie du système d'isolation  
un amortissement visqueux équivalent "amortissement effectif"  $\xi_{eff}$   
 $\xi_{eff}$  = caractéristique produit
- Pourcentage d'amortissement effectif  $\xi_{eff} \leq 30 \%$
- Caractéristiques force/déplacement du système d'isolation:  
varient de moins de 10 % en fonction de vitesse de chargement  
charges verticales
- Augmentation de la force de rappel dans le système d'isolation  
pour des déplacements compris entre  $0,5 d_{dc}$  et  $d_{dc}$   
 $\geq 2,5 \%$  x charge gravitaire totale (au-dessus de l'isolation)  
=> recentrage de l'isolateur après séisme

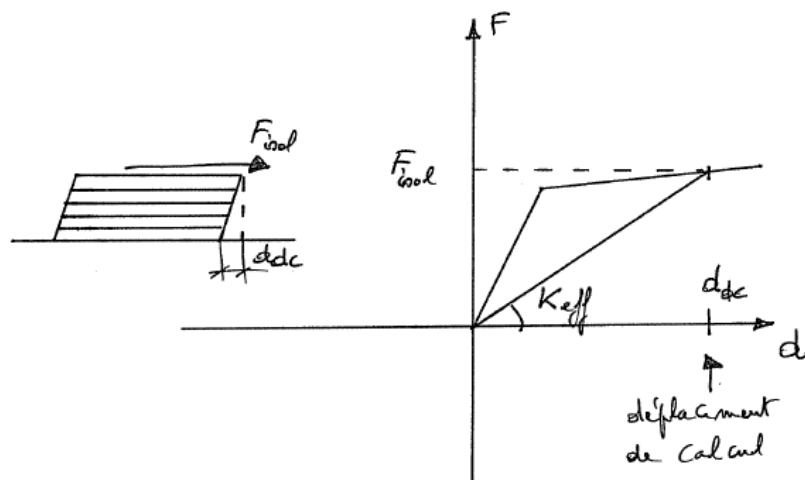
## Isolation à la base

## Analyse linéaire simplifiée

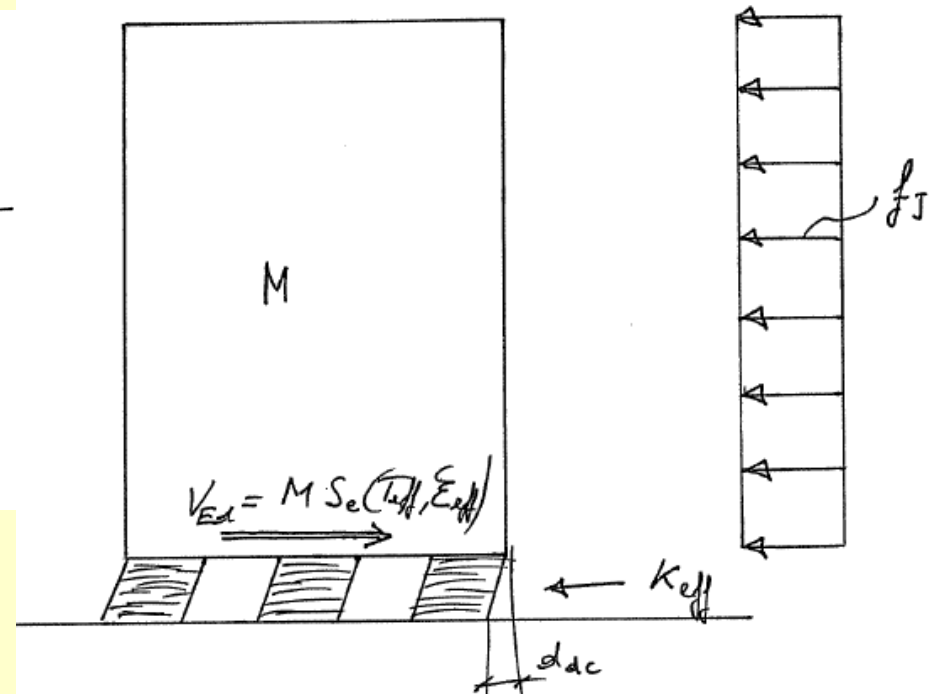
- Suppose superstructure = solide rigide en translation au-dessus de l'isolation
- Considère 2 translations dynamiques horizontales
- Superpose des effets statiques de torsion
- Période de translation effective:

$$T_{\text{eff}} = 2\pi \sqrt{\frac{M}{K_{\text{eff}}}}$$

$M$  masse de la superstructure  
 $K_{\text{eff}}$  rigidité horizontale effective du système d'isolation



$$K_{\text{eff}} = \frac{F_{\text{isol}}}{d_{dc}}$$



## Isolation à la base

### Analyse linéaire simplifiée.

### Résultats de l'analyse

- Déplacement de CR dû à l'action sismique dans chaque direction horizontale:

$$d_{dc} = \frac{M S_e(T_{eff}, \xi_{eff})}{K_{eff, min}}$$

$S_e(T_{eff}, \xi_{eff})$  = accélération spectrale

- Forces horizontales appliquées à chaque niveau de la superstructure:

$$f_j = m_j S_e(T_{eff}, \xi_{eff}) \quad m_j \text{ est la masse au niveau } j$$

donc  $f_j$  proportionnel à  $m$

accélération cte sur la hauteur

structure = solide rigide

- Effets de torsion: comme pour tte structure symétrique, par facteur  $\delta$

## Isolation à la base

### Analyse linéaire simplifiée. Conditions pour la « simplification ».

- Torsion négligeable => Excentricité totale entre CR système d'isolation et proj. vertic. CM superstructure  
 $< 7,5 \% \times l_{\text{superstructure}}$  ppd direction horiz. séisme
- Distance > 15 km à la faille potentiellement active la plus proche avec  $M_s \geq 6,5$
- Plus grande dimension de la superstructure en plan < 50 m
- Infrastructure suffisamment rigide **horiz. & vertic.**
- Isolateurs au-dessus de l'infrastructure qui supporte les charges verticales
- Période effective  $T_{\text{eff}}$  :  $3T_f \leq T_{\text{eff}} \leq 3s$   
 $T_f$  période fondamentale de la superstructure avec base supposée fixe
- Système de contreventement en superstructure: régulier & symétrique (2 axes)
- Rotation de balancement à la base de l'infrastructure négligeable
- Rapport entre rigidité verticale et horizontale du système d'isolation:  $\frac{K_v}{K_{\text{eff}}} \geq 150$
- Période fondamentale dans la direction verticale:  $T_v = 2\pi \sqrt{\frac{M}{K_v}} \leq 0,1s$

## Isolation à la base

### Analyse linéaire modale simplifiée

- Applicable si les conditions de l'analyse statique simplifiée sont respectées  
**sauf excentricité max**

- **Hypothèse**

les infrastructures et les superstructures ont un comportement rigide  
la structure est un système à 3 DDL : 2 déplacements horizontaux  
1 rotation autour axe vertical

- **Calcul**

Déplacements à chaque point de la structure en combinant translation  
rotation

Prendre en compte les forces d'inertie et les moments  
pour la vérification des unités d'isolation  
des infrastructures  
des superstructures

### Analyse linéaire modale

- Applicable si les conditions de simplification ne sont pas rencontrées
- **Modèle** : linéaire du système structurel complet  
raideur de la superstructure (comme pour les structures habituelles)  
raideur « équivalente » et amortissement du système d'isolation





## Isolation à la base

### Vérifications de résistance

#### Eléments structuraux

- Vérifications sous les effets sismiques divisés par  $q \leq 1,5$

#### Isolateurs

- Vérifiés en prenant en compte
  - ▶ une défaillance possible par flambement des isolateurs
  - ▶ les valeurs des  $\gamma_M$  déterminées au niveau national
  - ▶  $\gamma_x$
- Vérifications en termes de forces en prenant en compte les forces
  - ▶ verticales
  - ▶ horizontales maximales possibles y compris les effets de renversement
- Vérifications en termes de déplacement relatif horizontal total entre les faces inférieure et supérieure des isolateurs incluant
  - ▶ la distorsion due à l'action sismique de calcul
  - ▶ les effets de retrait fluage température post-tension