

Journées techniques
organisées avec l'appui du Sétra
et sous l'égide de la CoTITA

PRISE EN COMPTE DU RISQUE SISMIQUE

Mardi 27 mars 2012
Lundi 2 et mardi 3 avril 2012

CETE Méditerranée, Aix-en-Provence



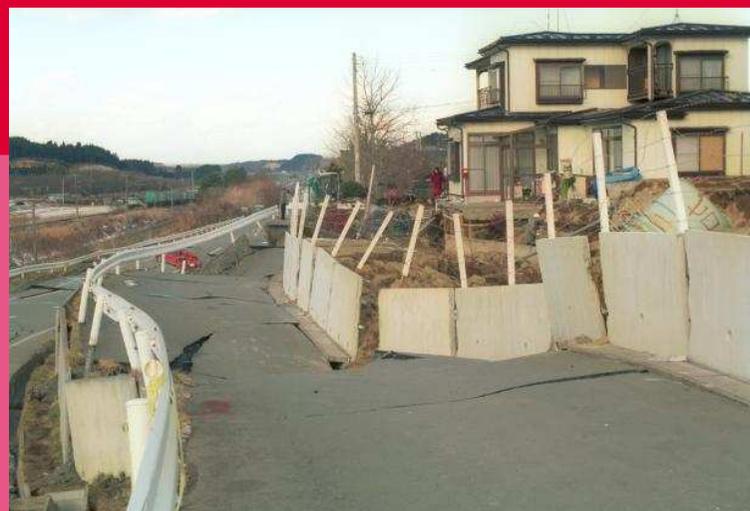
Journées techniques
organisées avec l'appui du Sétra
et sous l'égide de la CoTITA

PRISE EN COMPTE DU RISQUE SISMIQUE

La prise en compte du risque sismique sur les ouvrages géotechniques

(1/2)

Dominique BATISTA,
CETE Méditerranée



Ressources, territoires, habitats et logement
Energies et climat Développement durable
Prévention des risques Infrastructures, transports et mer

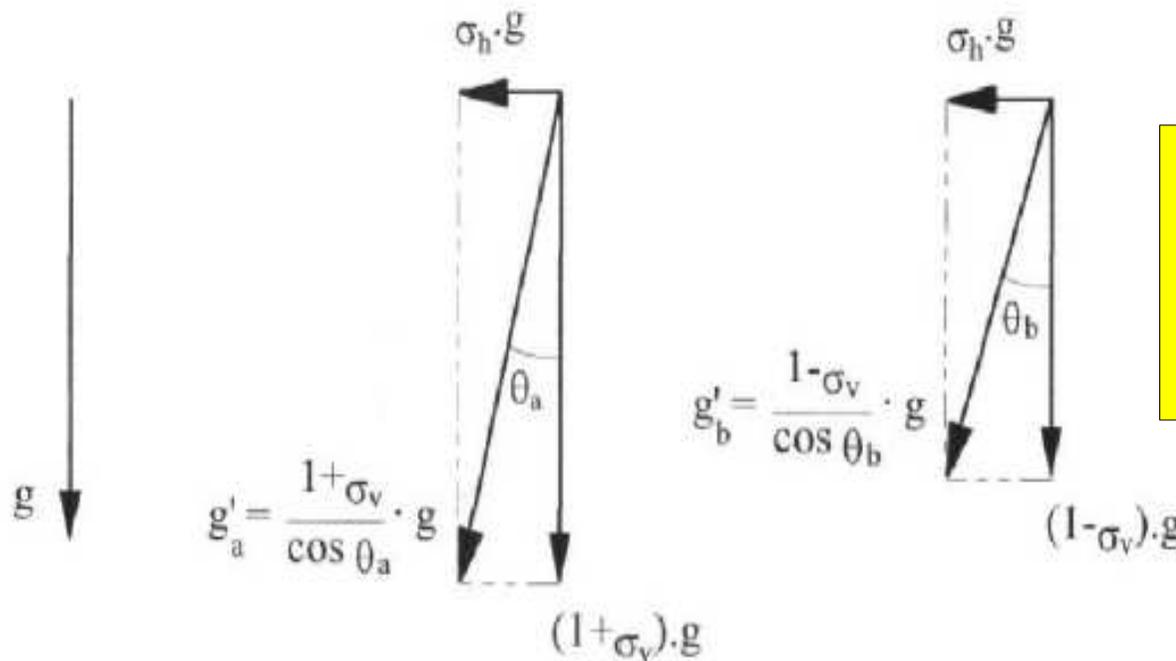
**Présent
pour
l'avenir**



1. Les soutènements

Comportement et sources de vulnérabilité :

- Un ouvrage de soutènement est soumis en cas de séisme à des accélérations :
 - de composante horizontale $k_h \cdot g$
 - et de composante verticale $k_v \cdot g$



Accélération résultante g' est inclinée d'un angle θ en cas de séisme

1. Les soutènements

Comportement et sources de vulnérabilité :

Les coefficients sismiques horizontaux et verticaux précédents sont donnés par les relations suivantes :

$$k_h = \alpha \frac{S}{r}$$

$$k_v = \pm 0,5 k_h \text{ si } a_{vg}/a_g \text{ est supérieur à } 0,6$$

$$k_v = \pm 0,33 k_h \text{ dans les autres cas}$$



1. Les soutènements

Où

$$\alpha = \gamma_I a_{gr} S_T / g$$

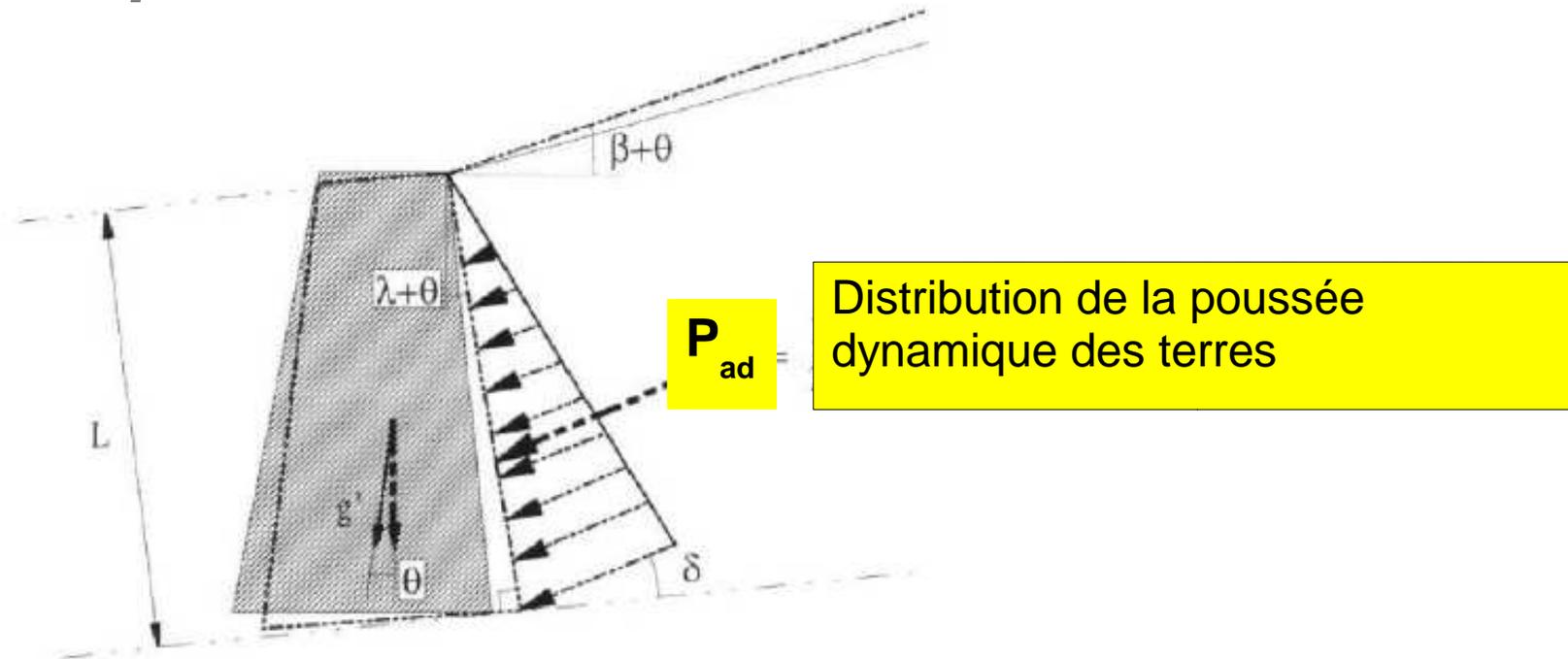
- γ_I : le coefficient d'importance de l'ouvrage
- a_{gr} : accélération maximale de référence au rocher
- S : paramètre caractéristique de la classe de sol
- S_T : coefficient d'amplification topographique (modélisant l'effet de site)
- « r » est fonction de la mobilité du soutènement



Type d'ouvrage de soutènement	r
Murs-poids libres pouvant accepter un déplacement jusqu'à $d_r = 300 \alpha \cdot S$ (mm)	2
Murs-poids libres pouvant accepter un déplacement jusqu'à $d_r = 200 \alpha \cdot S$ (mm)	1,5
Murs fléchis en béton armé, murs ancrés ou contreventés, murs en béton renforcé fondés sur pieux verticaux, murs d'infrastructure encastrés et culées de ponts	1

1. Les soutènements

Comportement et sources de vulnérabilité :



Le concepteur peut utiliser une méthode simplifiée pseudo-statique pour le calcul de la poussée dynamique des terres

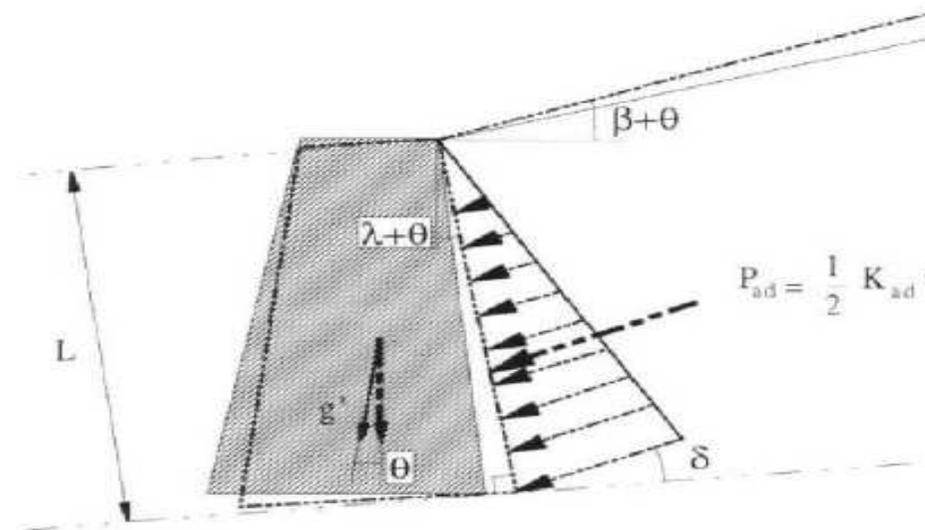


1. Les soutènements

Comportement et sources de vulnérabilité :

- La poussée dynamique des terres est évaluée à partir de la relation :

$$P_{ad} = 0,5 \gamma^* (1 \pm k_v) K \cdot H^2$$



où :

H est la hauteur du mur ;

E_{ws} est la poussée statique de l'eau ;

E_{wd} est la pression hydrodynamique (définie ci-dessous) ;

γ^* est le poids volumique du sol (défini ci-dessous de E.5 à E.7) ;

K est le coefficient de poussée des terres (statique + dynamique) ;

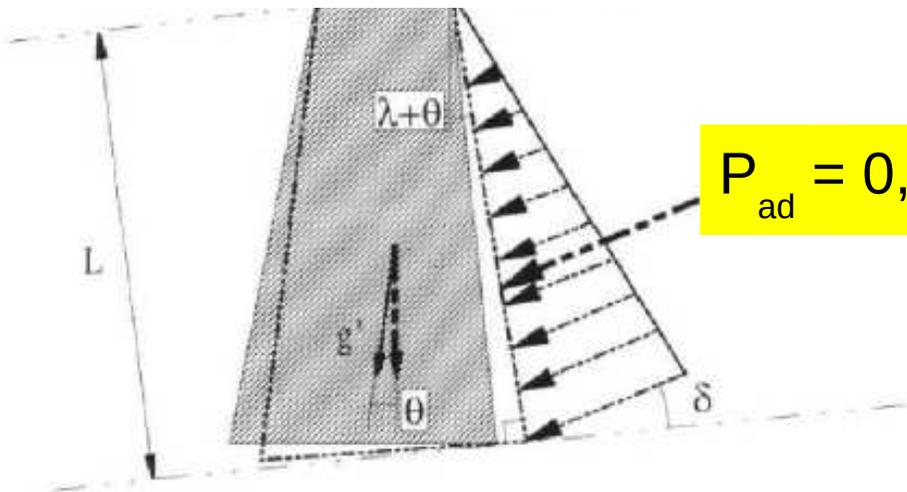
k_v est le coefficient sismique vertical (voir expressions (7.2) et (7.3)).

1. Les soutènements

Comportement et sources de vulnérabilité :

- Le coefficient de poussée des terres dynamique est évalué par la formule de Mononobe- Okabe :

$$K = \frac{\sin^2(\psi + \phi'_d - \theta)}{\cos\theta \sin^2\psi \sin(\psi - \theta - \delta_d) \left[1 + \frac{\sin(\phi'_d + \delta_d) \sin(\phi'_d - \beta - \theta)}{\sin(\psi - \theta - \delta_d) \sin(\psi + \beta)} \right]^2}$$



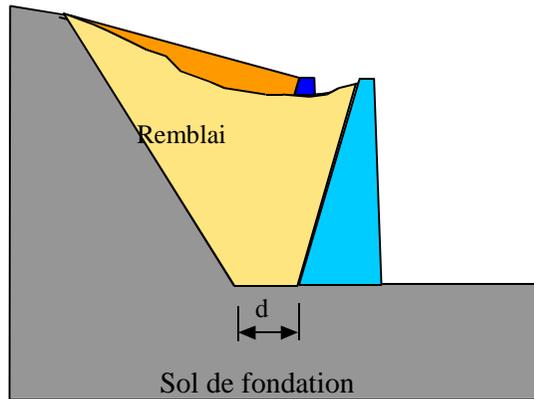
$$P_{ad} = 0,5 \gamma^* (1 \pm kv) K \cdot H^2$$



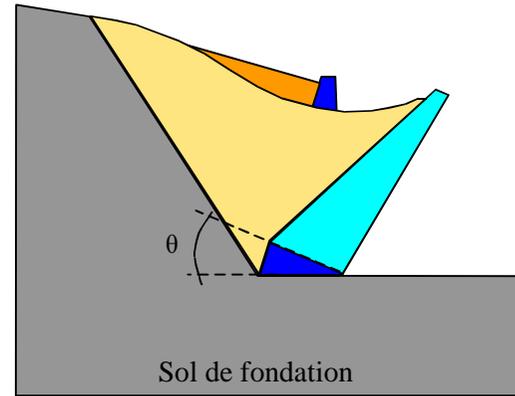
1. Les soutènements

4 mécanismes de rupture :

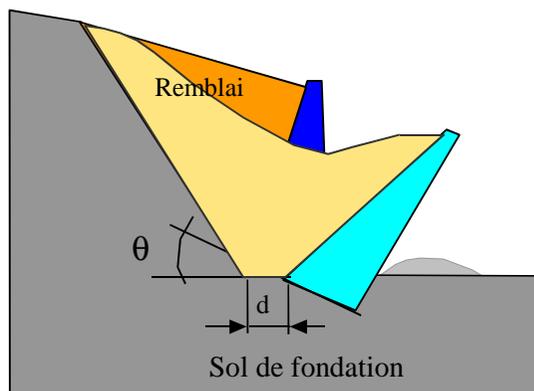
•



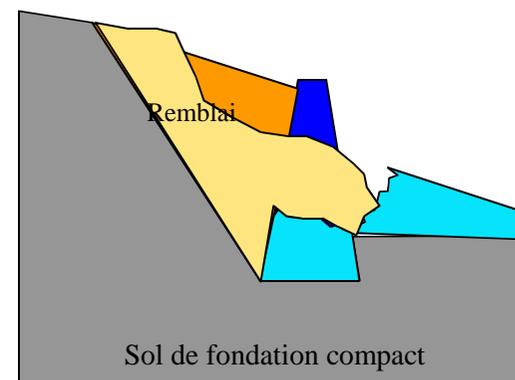
1 - Glissement



2 - Renversement



3 - Poinçonnement



4 - Rupture interne



REX mission post-sismique de l'Aquila

Le comportement des ouvrages de soutènement:

Les murs se sont dans l'ensemble bien comportés étant donné le niveau d'accélération subi :

- Effondrement de quelques ouvrages en pierres sèches
- Rupture partielle de murs en maçonnerie



SS17



REX mission post-sismique de l'Aquila

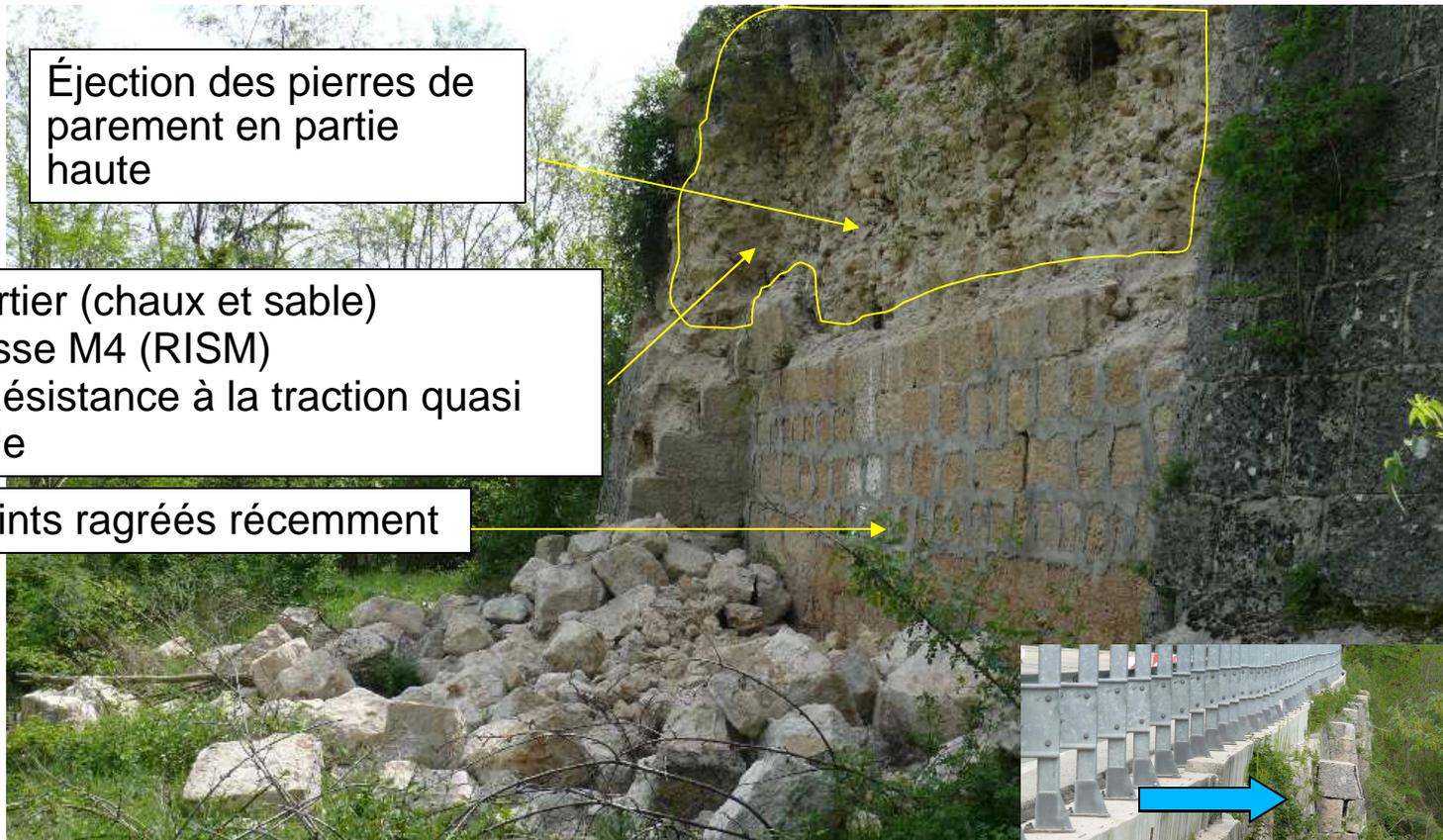
Le comportement des ouvrages de soutènement :

- Route SS17 Aquila : Déplacement du mur sous la poussée dynamique des remblais : déversement de la paroi, rupture et affaissement des remblais



REX mission post-sismique de l'Aquila

Le comportement des ouvrages de soutènement:



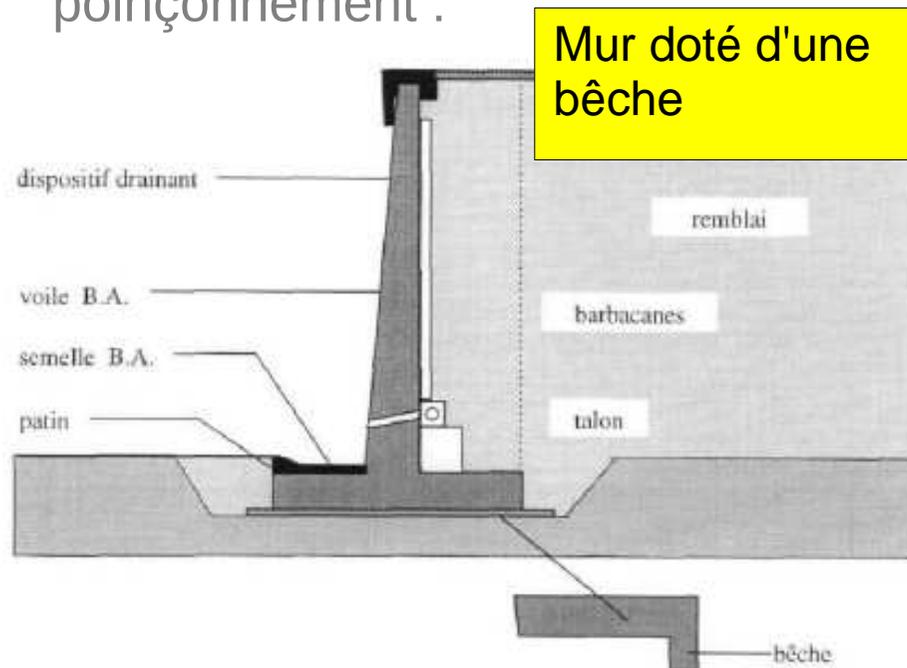
SS80, PR15

rupture interne par « éjection » de maçonnerie

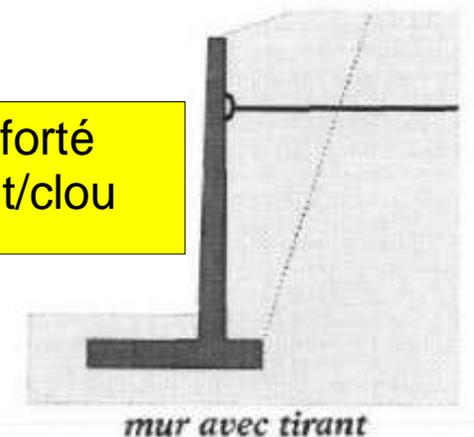
1. Les soutènements

Principes de conception des soutènements :

- Le remblai situé derrière la structure doit être compacté in situ
- Les systèmes de drainage doivent être capables d'absorber des mouvements sans perte de fonctionnalité
- Des dispositions techniques permettent d'accroître la résistance des soutènements aux phénomènes de glissement, déversement et poinçonnement :



Mur conforté par tirant/clou

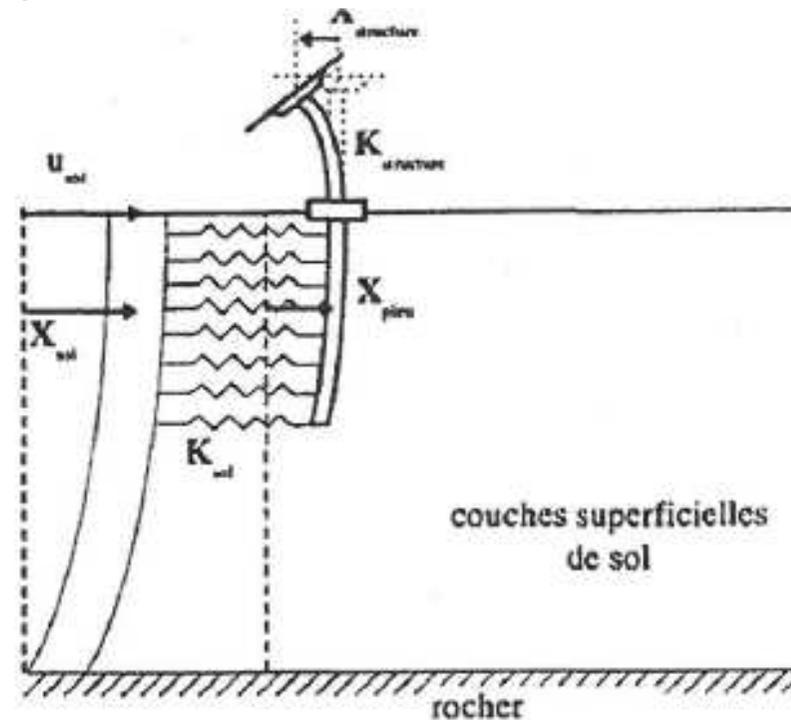


2. Les fondations

Les sollicitations sismiques :

L'action sismique requiert un dimensionnement spécifique pour les fondations. Les fondations doivent être dimensionnées de façon à :

- Résister aux forces d'inertie provenant de la superstructure
- Subir les déplacements imposés par le sol environnant (tassements différentiels, mouvement de sol)

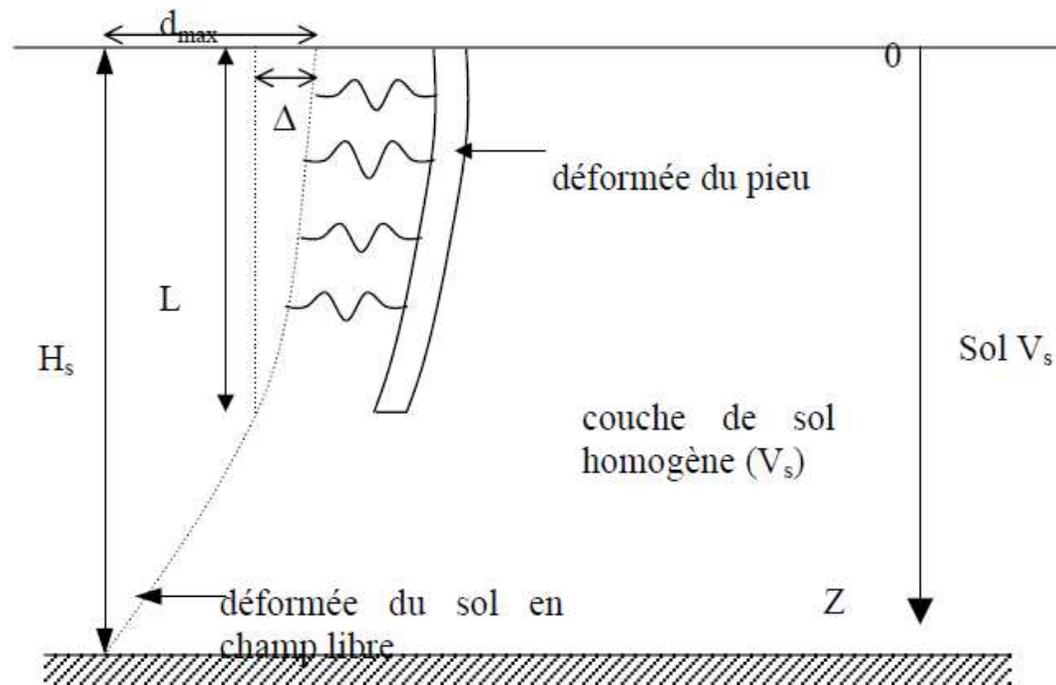


2. Les fondations profondes

Efforts dans les pieux provenant d'un déplacement imposé par le sol

Le déplacement maximal imposé entre la tête et la base de la fondation profonde s'écrit :

$$\Delta = d_{\max} \left(1 - \cos \left(\frac{\pi L}{2H_s} \right) \right)$$



$$d_{\max} = a_g S \left(\frac{2H_s}{\pi V_s} \right)^2$$



2. Les fondations profondes

Efforts parasites liés à la liquéfaction des sols:

- perte de frottement latéral
- frottement négatif des sols sus-jacents



2. Les fondations profondes

Principes de conception des fondations :

- L'action du séisme pouvant être aggravée par un comportement hétérogène des fondations, il est recommandé d'opter pour un système de fondation homogène
- Il est recommandé d'intégrer des liaisons horizontales entre fondations

Séisme de Kobé, 1995
(Document EERI)

Illustrant la vulnérabilité des pieux
aux sollicitations horizontales en
absence de liaison adaptée entre les
têtes de pieux.

