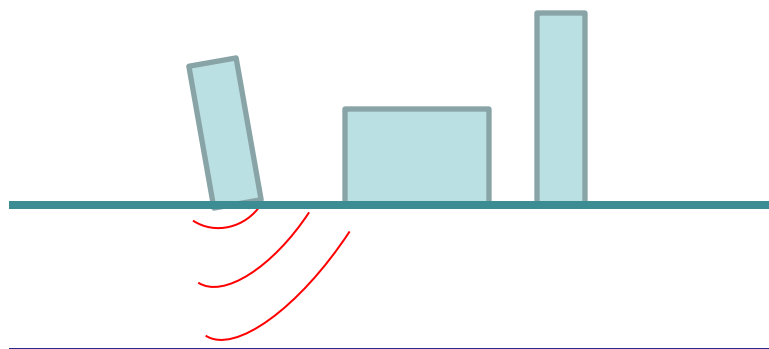


Introduction

> Deux sortes d'interactions:

- ISS proprement dites.
- Interactions entre structures proches.



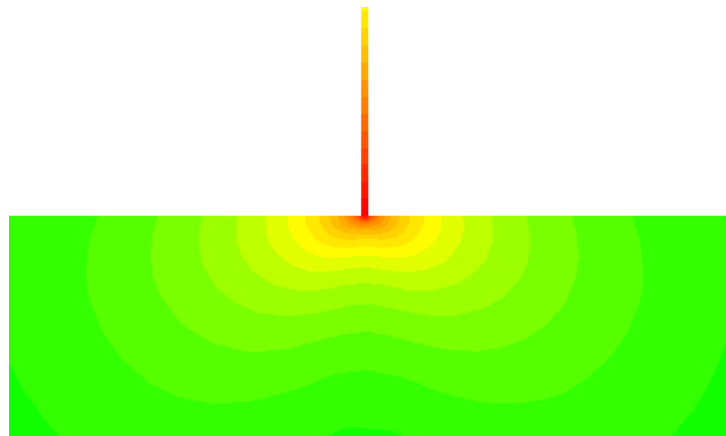
> Un facteur majeur contrôlant la réponse sismique des bâtiments.

> Pourtant peu pris en compte en pratique.

Introduction

Phénomènes physiques sous-jacents

- Modification de l'onde incidente:
 - Déformations induites par la vibration de la structure.
 - Rigidité de la fondation.
- L'énergie emmagasinée par le bâtiment est :
 - Dissipée par “radiation” dans le sol.
 - Dissipée par comportement hystérétique du sol (comportement NL)



Etat de l'art

> **Elles jouent habituellement un rôle favorable**

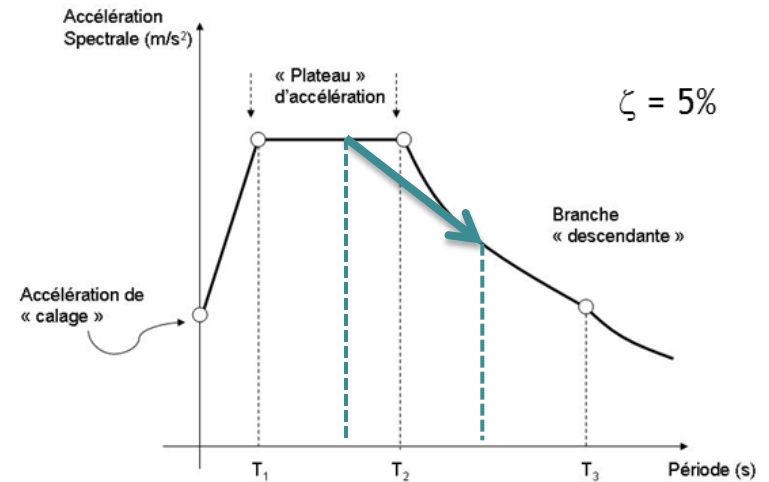
- en diminuant l'inertie
- en augmentant la période propre.

> **Elles sont donc habituellement négligées dans les études de vulnérabilité.**

> **Pourtant leurs effets ne sont pas toujours favorable.**

> **L'Eurocode 8 conseille d'étudier les ISS quand:**

- Les Structures sont instables.
- Les fondations sont massives et profondes.
- Les structures sont élancées.
- Le sol est peu rigide.

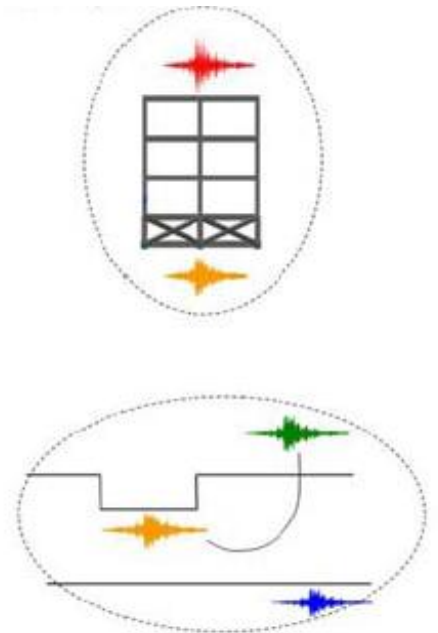


La pratique courante pour les analyses de vulnérabilité

> Calcul en base fixe (fondation rigide)

> Calcul en deux étapes (fondation souple) :

- Calcul de la réponse du sol en champ libre
- Injection du mouvement calculé comme entrée à la base du bâtiment
- Utilisation de modèles rhéologiques simplifiés (Kelvin-Voigt) pour tenir compte de la base souple.
- Possibilité de prendre en compte l'influence de la fondation sur l'onde incidente par un facteur correctif.
- Utilisation de lois empiriques pas toujours adaptées et donc discutables.



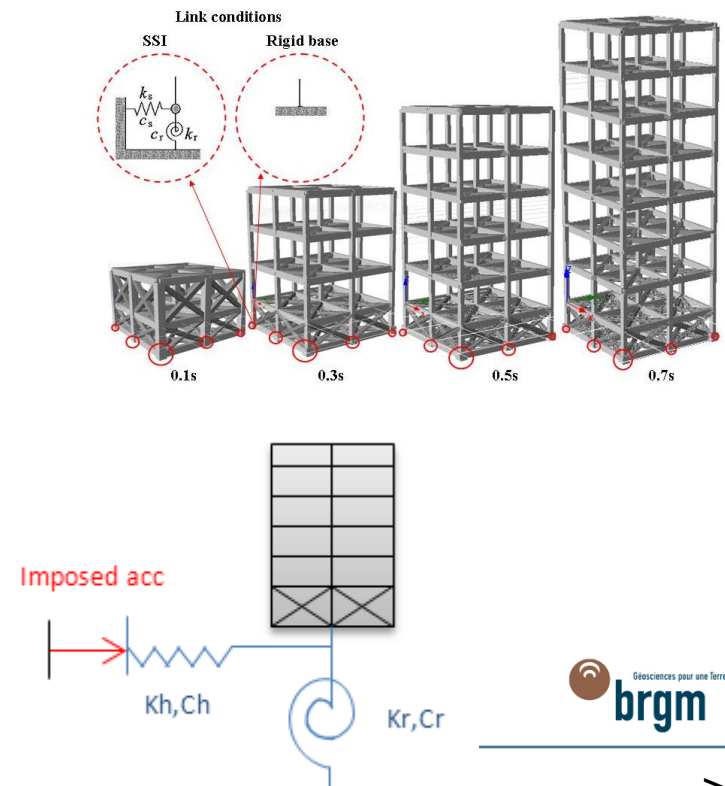
Exemple de modèle simplifié proposé par l'AIEA

- Application aux bâtiments de l'industrie nucléaire autres que les centrales
- Paramètres basés sur les caractéristiques du sol et la dimension de la fondation

TABLE II.3. SPRING CONSTANTS FOR RIGID CIRCULAR FOUNDATION ON STRATUM OVER A RIGID BEDROCK

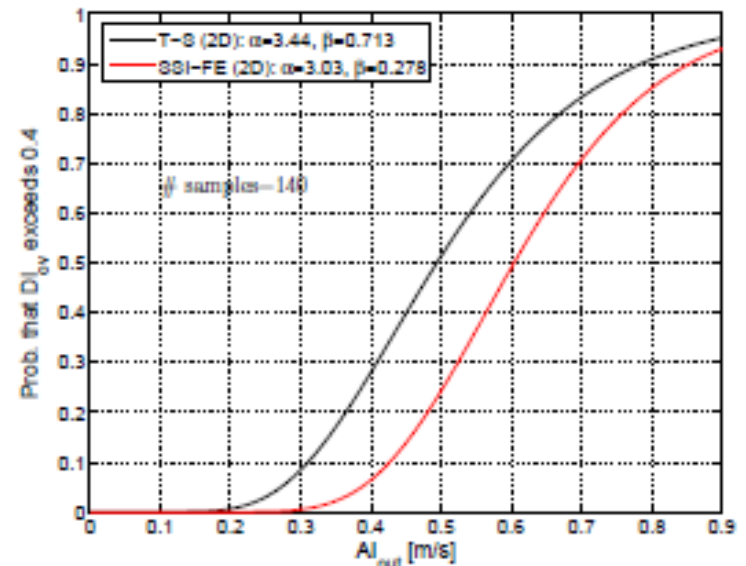
Direction of Motion	Equivalent Spring Constant (Static Stiffness)	Range of Validity
Horizontal	$K_H = \frac{8GR}{2-\nu} \left(1 + \frac{1}{2} \frac{R}{H}\right)$	$H/R > 1$
Rocking	$K_R = \frac{8GR^3}{3(1-\nu)} \left(1 + \frac{1}{6} \frac{R}{H}\right)$	$4 \geq H/R > 1$

Direction of Motion	Equivalent Damping Coefficient
Horizontal	$C_H = C_1 K_H R \sqrt{\rho/G}$
Rocking	$C_R = C_2 K_R R \sqrt{\rho/G}$



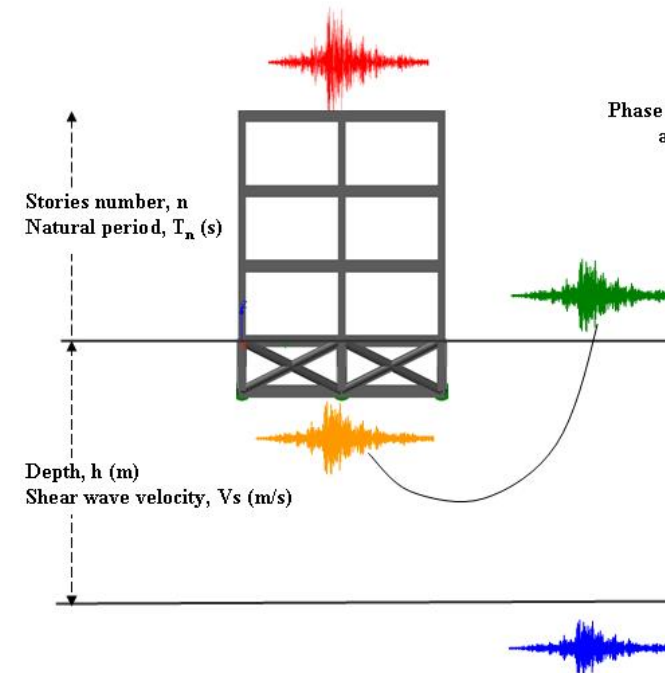
Quantification de la vulnérabilité des bâtiments

- > Utilisation d'un **nb significatif** d'accélérogrammes, de **différentes intensités**.
- > **Définition d'une mesure** d'une grandeur caractéristique du niveau d'**endommagement** (habituellement lié à la ductilité).
- > Détermination du niveau d'**endommagement**.
- > Représentation par courbes de fragilités.
- > Permet de quantifier l'effet des ISS en général.

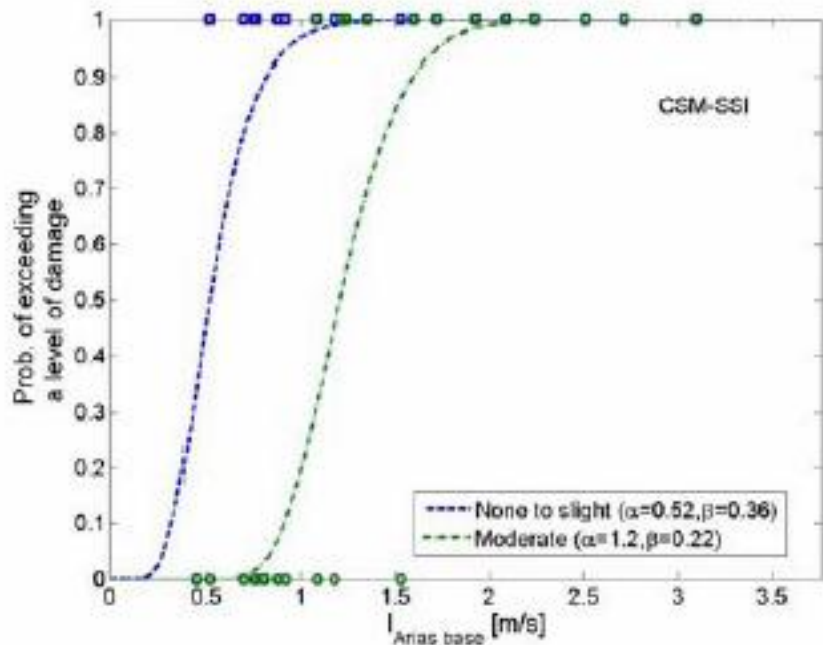


Etat de la Recherche (BRGM)

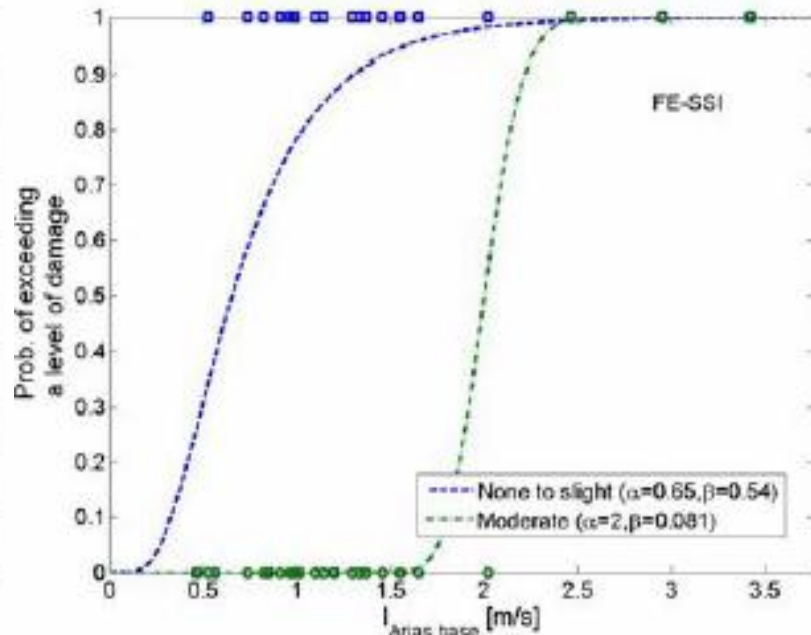
- > Réponse de la structure et du sol en une seule étape
- ⇒ Codes de calculs (FEM, etc.) pour simuler les sols et les structures
- > Prise en compte des Non-Linéarités du sol et du bâtiment.
- > Prise en compte des conditions de site 3D (géologie, topographie, ...)
- > Principal objectif: pouvoir mener des simulations grande échelle de la source sismique jusqu'aux impacts (enjeux).



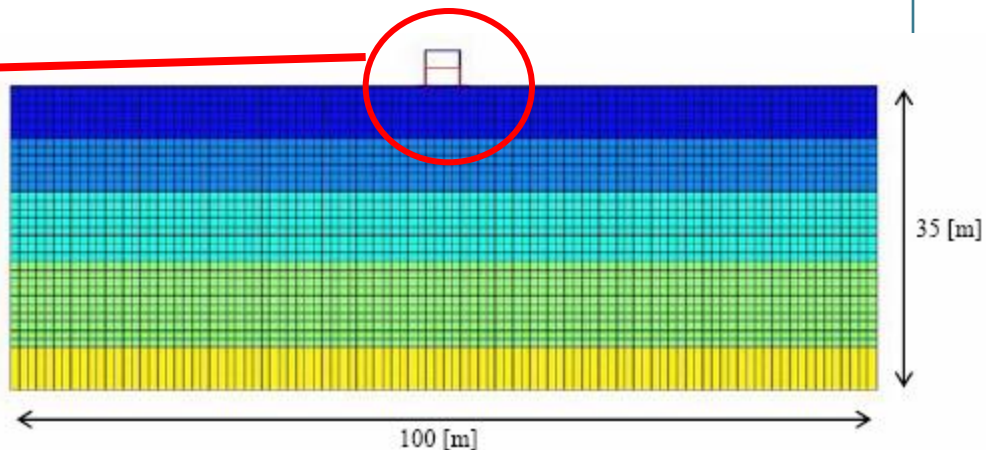
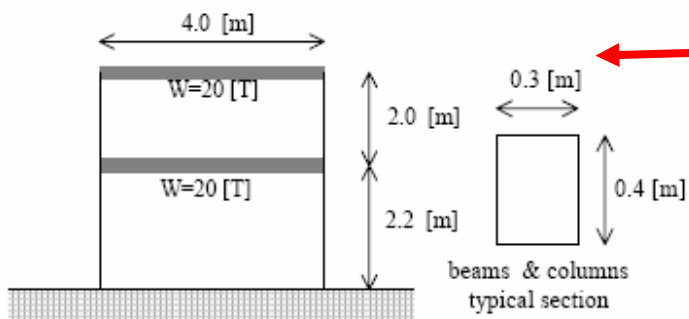
Interaction sol / structures non linéaire



Analyse CSM standard + ISS (ATC40, 1996)



Analyse dynamique non linéaire + ISS (FEM)



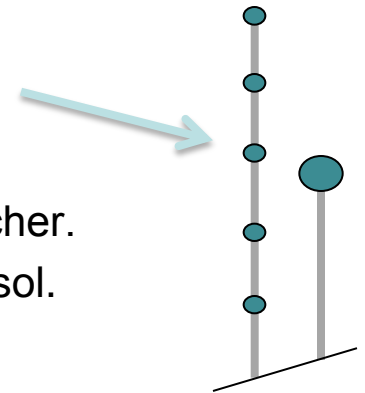
Exemple sur PAP3D (en cours)

Tours de la Gabarre



> Cas intéressant car :

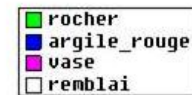
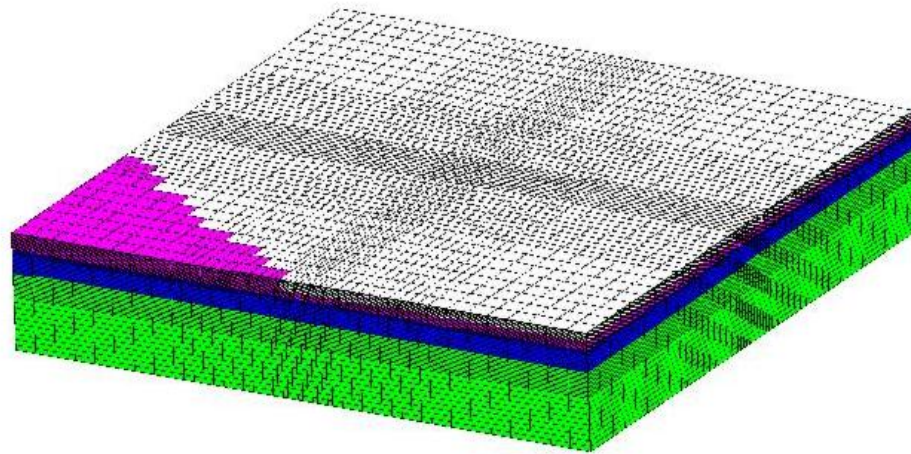
- 3 structures proches (IBB)
- 19 étages : possibilité de modéliser par « modèle brochette »
- Géologie particulière :
 - Possibilité de tester l'intérêt de fondation profondes au rocher.
 - Possibilité de considérer l'influence de la non-linéarité du sol.



Exemple sur PAP3D (en cours)

Tours de la Gabarre

- > Modèle local (300 x 300 x 50 m) : maillage FEM 3D considéré (géologie) :



- > Excitation par une onde 3D (S,P,SH), extraite du modèle régional (40 x 30 x 30 km).

Inconvénients de la méthode :

- > **On dispose rarement d'un modèle géologique 3D.**
- > **Temps passé à préparer les données de simulation:**
 - Différents comportements pour les sols (linéaire/non linéaire)
 - Prise en compte de la topographie
 - Frontière absorbante
 - Éléments structuraux (bâtiment, fondation) modélisés de manière réaliste
- > **Temps de calcul importants**
- ⇒ Nécessité d'optimiser les codes de calculs et de disposer d'outils complets

Conclusions

- > Simulations 3D complètes encore trop lourdes pour la pratique courante :
 - ⇒ **A mettre en œuvre pour des enjeux importants**
- > Utiles pour développer/valider des modèles simplifiés, type « 2 étapes », plus utilisables d'un point de vue opérationnel.