



Calcul probabiliste d'interaction sol-structure en support à une EPS-séisme

P. Koechlin, S. Ravet, B. Masson



septen

13 mars 2008

1/11



Contexte

▪Objectif:

- Maîtriser des méthodes probabilistes de calcul sismique
- S'approprier une méthode éprouvée: EPS = Étude Probabiliste de Sûreté
 - 1975: premières EPS aux États-Unis pour comparer les risques nucléaires, industriels et naturels
 - 1979: premières EPS-séisme
 - 1990: premières EPS en France

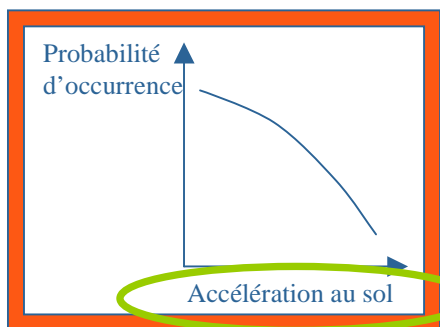
▪Qu'est-ce qu'une EPS ?

- Méthode d'évaluation de risque de défaillance d'un système complet
- Entrée:
 - Événement initiateur (défaillance d'un circuit, séisme...)
 - Système de composants
 - Incertitudes:
 - sur l'événement initiateur, les composants, les méthodes
- Sortie: Quantification
 - Du risque final (fusion du cœur, rejet)
 - De la contribution au risque de chaque composant

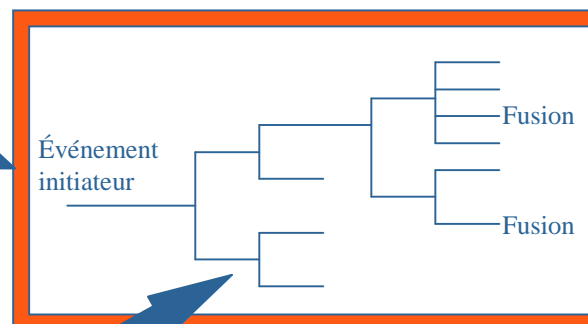


Schéma d'une EPS

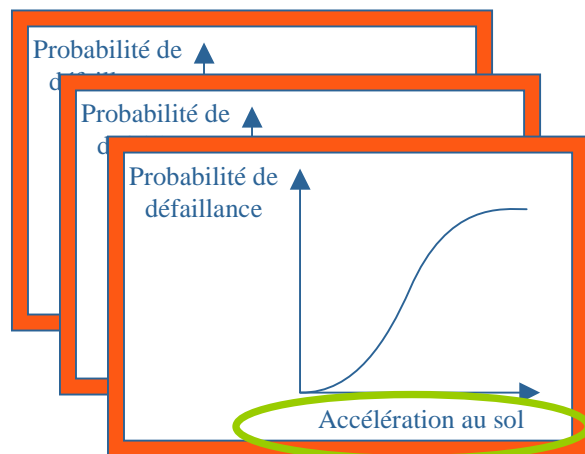
Étude probabiliste de l'aléa sismique



Arbre de défaillance du système



Risque de fusion du cœur



Courbes de fragilité des composants



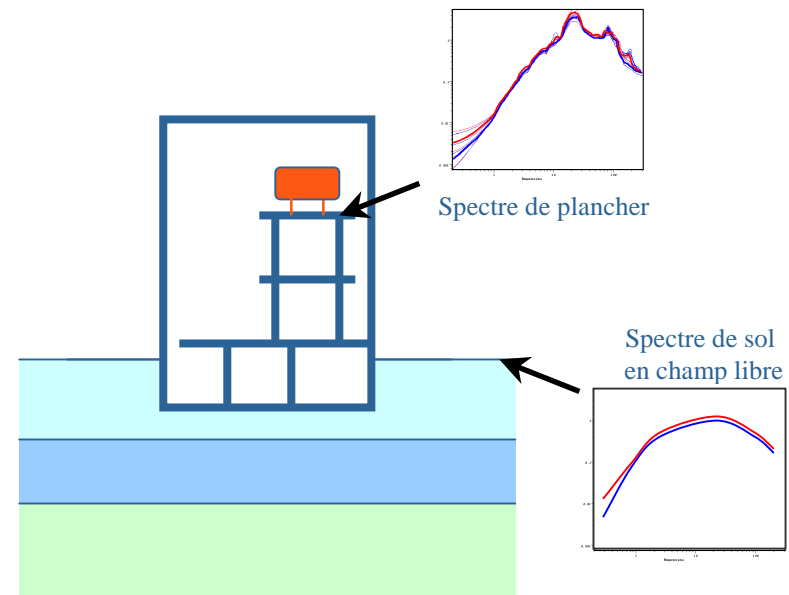
Pourquoi Code_Aster ?

Pour déterminer les courbes de fragilité:

- Pas seulement en fonction de l'accélération de plancher
- Mais en fonction de l'accélération du sol

Deux méthodes:

- Calcul complet de fragilité:
 - ISS + composant
- Calculs séparés
 - ISS → spectres de plancher
 - Fragilité du composant



Dans tous les cas: calcul ISS probabiliste

→ Code_Aster et Miss3D



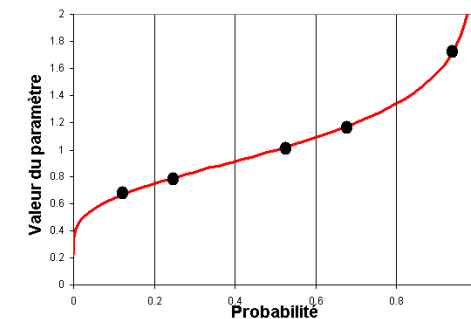
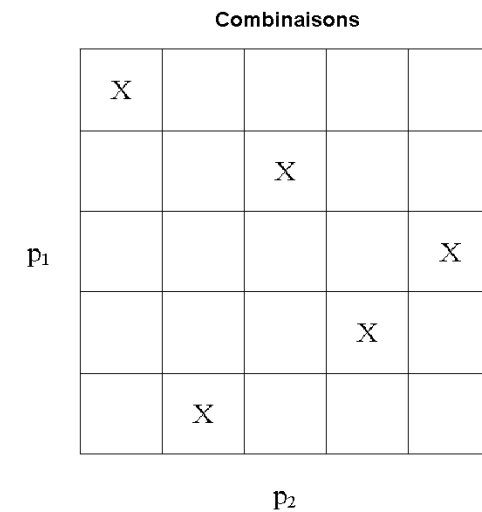
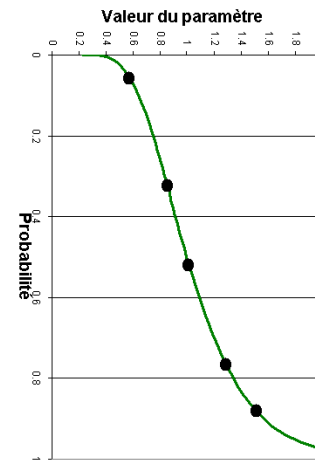
La méthode probabiliste de propagation des incertitudes: LATIN HYPERCUBE

▪ Bonne représentativité de l'espace des paramètres:

- Tirage dans des intervalles équiprobables
- Combinaison aléatoire selon un hypercube

▪ Bonne convergence pour des cas linéaires

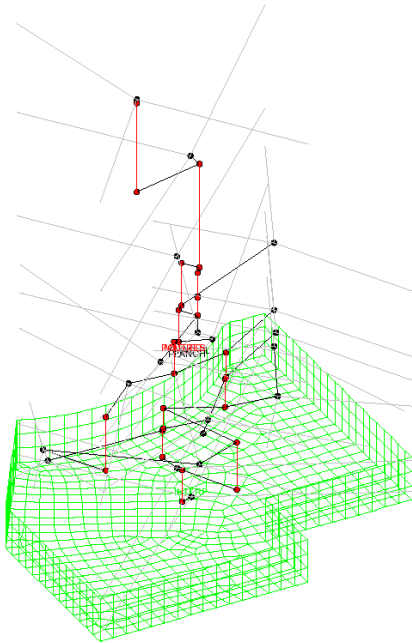
- Une boucle de 30 calculs est suffisante



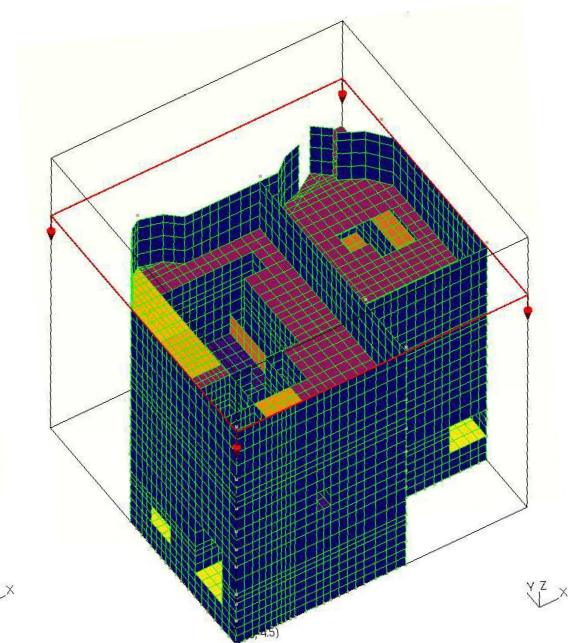
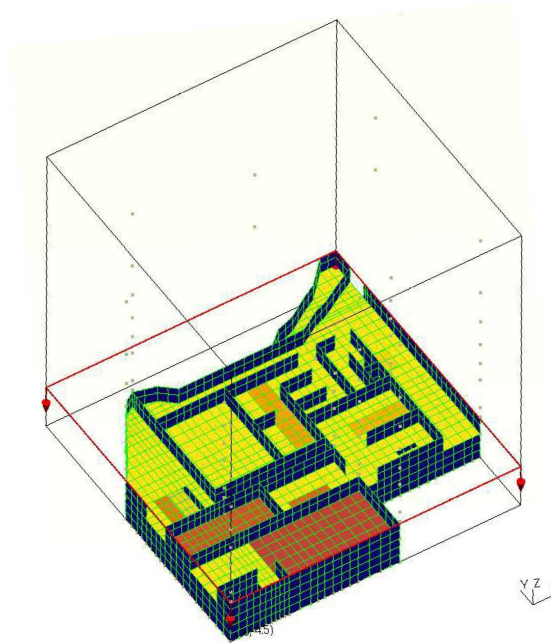
Modèle

▪ Deux modèles

– Brochettes



– Plaques



▪ Fondation enterrée, radier rigide

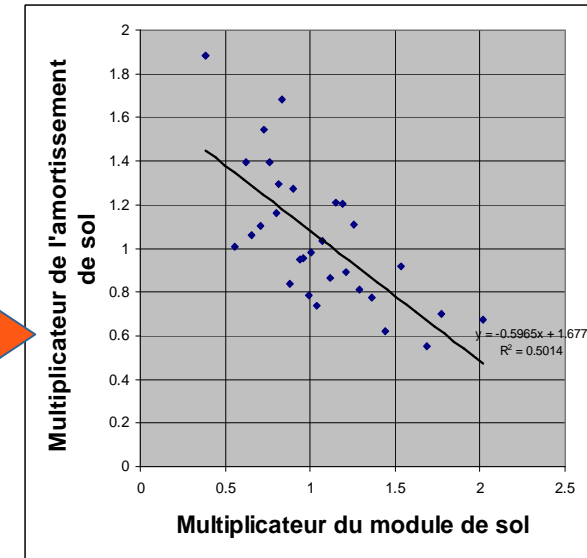


Préparation du calcul

■ Cinq variables aléatoires:

- Accéléros de sol
- Module d'Young et amortissement de la structure
- Module d'Young et amortissement du sol

(Variables corrélées)



■ Tirage effectué à part pour deux raisons:

- Librairie SciPy nécessaire (pas installée sur la machine Aster)
- Séparation des parties aléatoires et déterministes. Permet une répétition du calcul déterministe avec les mêmes paramètres aléatoires



Calcul

▪ Boucle Python incluant en particulier:

- MACRO_MODE_MECA
- MACRO_MISS_3D

▪ Post-traitement

- Spectres de plancher, déplacements,... pour chacun des 30 calculs
- Calcul des fractiles de spectres avec:

```
CALC_FONCTION( FRACTILE= ( _F( FONCTION= ...,  
                                FRACT= ...,
```

(disponible en STA9)

▪ Pour accélérer les calculs (Fiche AOM): 360 h à l'origine

- Diminuer la bande de fréquence de l'analyse modale:
 - ajout de pseudo-modes statiques avec `MODE_STATIQUE`
- Sortir l'analyse modale de la boucle:
 - résolution fréquentielle dans Aster avec `DYNA_LINE_HARM`, `REST_BASE_PHYS`
 - amortissement de la structure pris en compte avec matrice de rigidité complexe (amortissement hystérétique)
- Faire tourner les calculs en parallèle



septen

360 heures



80 heures

13 mars 2008

8/11



Résultats déterministes

■ Comparaison des modélisations :

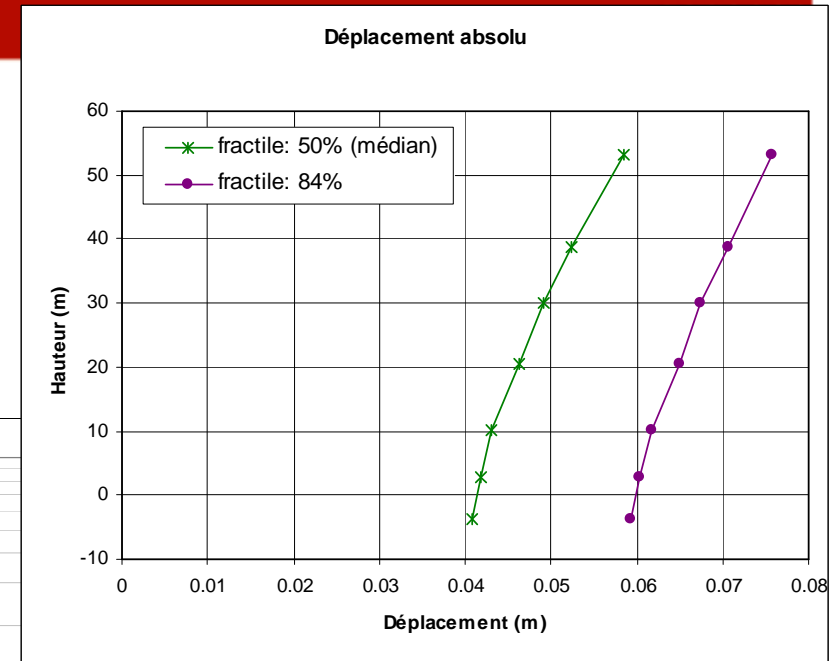
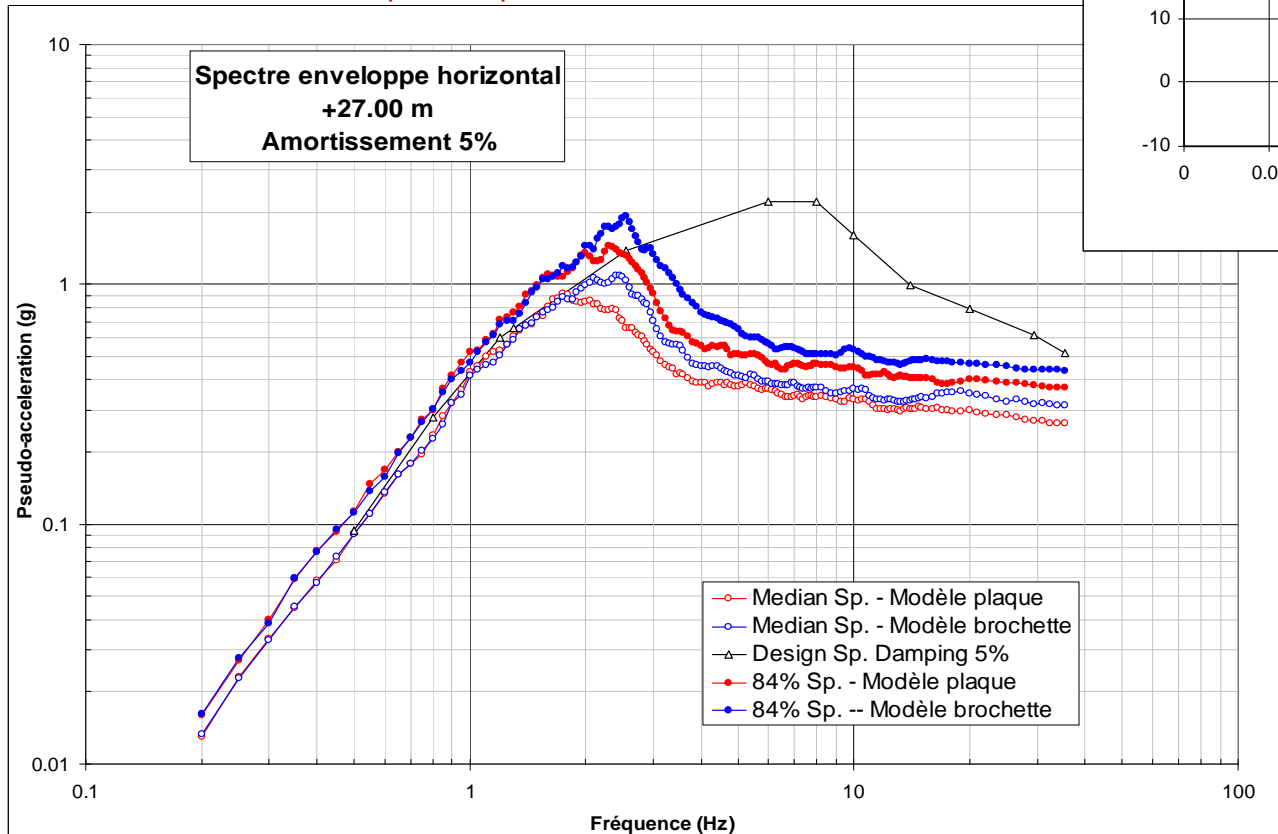
	Brochettes	Plaques	Écart
Masse	60 838 t	57 900 t	4.8 %
Centre de gravité	x = 21.7 m	x = 20.7 m	4.6 %
	y = 20.2 m	y = 19.3 m	4.4 %
	z = 12.9 m	z = 13.1 m	1.5 %
Modes	5.97 Hz	6.02 Hz	0.8 %
	6.67 Hz	6.62 Hz	0.7 %
	12.3 Hz	10.7 Hz	13 %
	12.8 Hz	11.0 Hz	14 %



Résultats probabilistes

■ Identification des paramètres de calages des courbes de fragilité (lognormales) selon l'EPRI à partir:

- Du conservatisme
- De la variabilité
 - Intrinsèque
 - Epistémique



Conclusions

▪ On a les outils nécessaires pour faire des études ISS probabilistes dans le cadre d'une EPS-sismique:

- Code_Aster + Miss3D
- Méthode Hypercube Latin programmée avec une boucle Python
- Post-traitement des fractiles de spectres, déplacements, efforts

▪ Difficulté:

- Paramètres de sol comme variable aléatoire (évolution prévue)

▪ Extension au calcul de la courbe de fragilité elle-même:

- `POST_DYNA_ALEA` mot-clé: `FRAGILITE`

