

8^{èmes} Journées

Fiabilité des
MATÉRIAUX & DES STRUCTURES

Aix-en-Provence,
9 et 10 avril 2014



ECOSYSTEMES CONTINENTAUX
ECCOREV
ET RISQUES ENVIRONNEMENTAUX



Effets de l'interaction sol-structure et de la variabilité du sol sur les structures en B.A. dans le cadre d'une approche performantielle

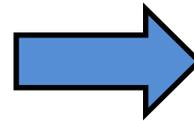
Mohammed Mekki^{*,**} — Sidi Mohammed Elachachi^{*} — Denys Breysse^{*}

^{*}Université de Bordeaux, I2M / dépt. GCE, bat. B18, Av des Facultés, 33405, Talence, France

^{**}LM2SC, Université des Sciences et de la Technologie d'Oran, BP 1505, El M'naouar, 31000, Oran, Algérie

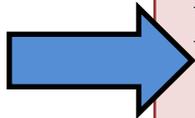


Problématique



les charges sismiques sont calculées en négligeant l'ISS

Codes de conception : PS92 (France), RPA-99 (Algérie), EC8 (Europe) ...



Etablissement des courbes de fragilité en tenant compte des effets de l'ISS et des incertitudes associées au chargement, aux propriétés de la structure, du sol, et de la fondation

L'incertitude épistémique est considérée suite à la comparaison entre deux approches d'évaluation des niveaux de dommage

Prise en compte des incertitudes dans la détermination des courbes de fragilité

Structure

Propriétés des matériaux (acier, béton, ...) sont hétérogène dans lequel les caractéristiques mécaniques locales sont aléatoires

Interaction sol structure

La modélisation des fonctions d'impédance, de la liaison sol-fondation

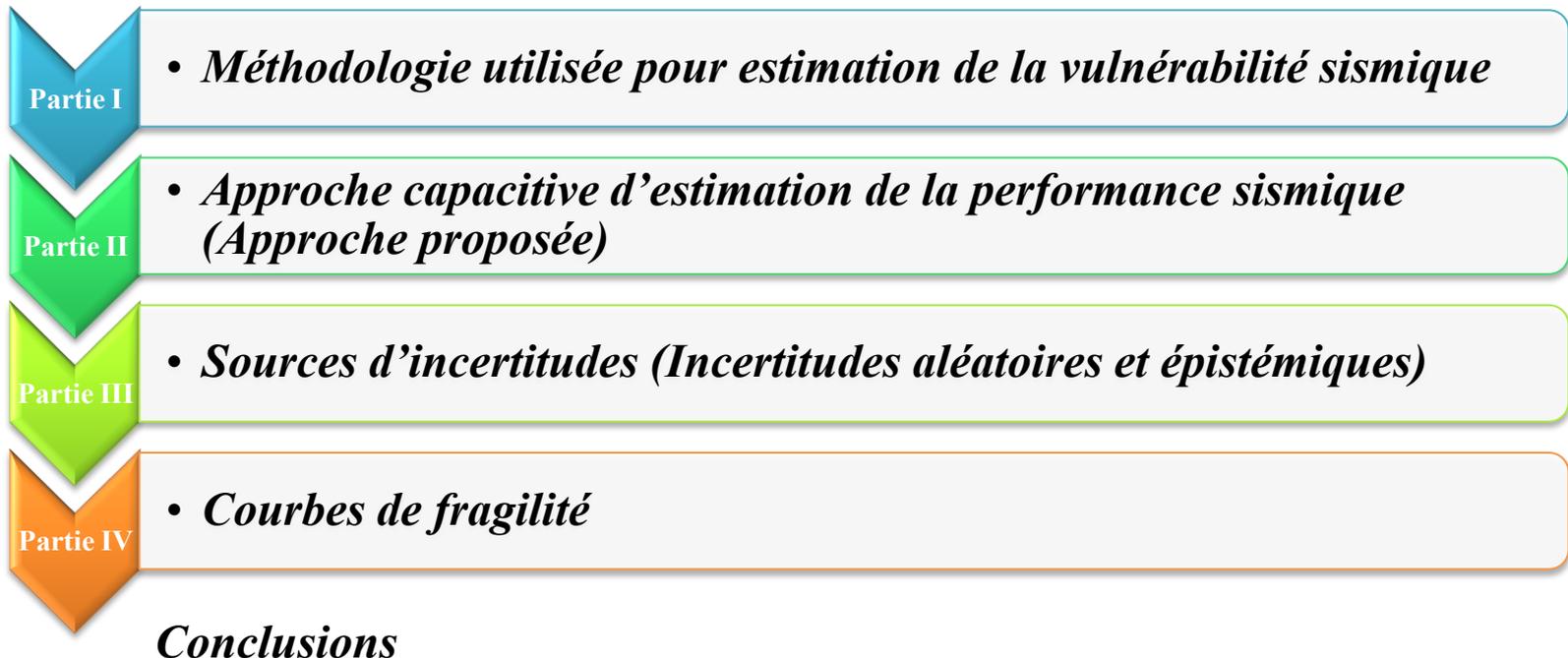
Action sismique

- Leur nature
- Le type de source sismogène
- Leur imprévisibilité
- Leur intensité et leur contenu fréquentiel

Sol

la caractérisation des propriétés mécaniques (variabilité spatiale, ...) due à l'hétérogénéité du sol

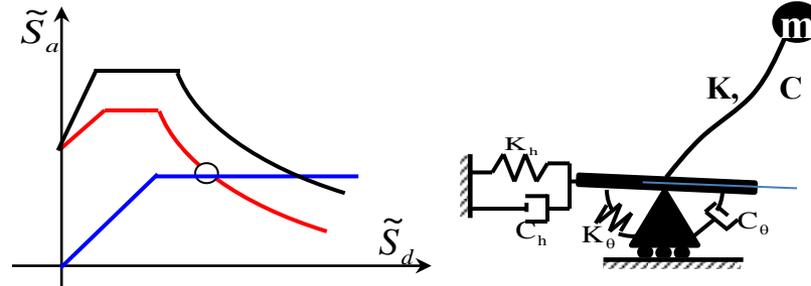
Plan de l'exposé



La méthodologie utilisée pour l'estimation de la vulnérabilité sismique :

A

Courbes de capacité et estimation du point de performance en tenant compte de l'ISS



B

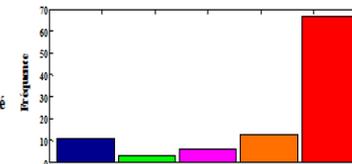
Identification des niveaux de dommages

Choix d'une méthode d'évaluation de dommage

Indice de dommages de Park & Ang

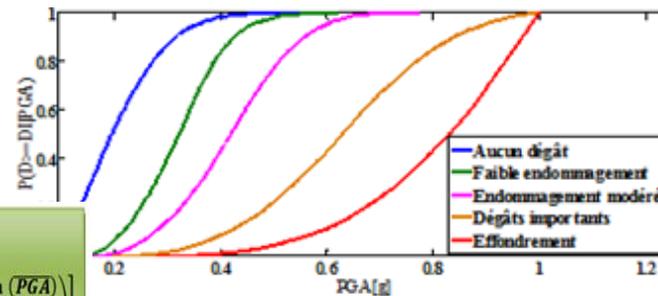
Critère d'endommagement selon Risk-UE

- Aucun dégât
- Faible endommagement
- Endommagement modéré
- Dégâts importants
- Effondrement



C

Développement des courbes de fragilité



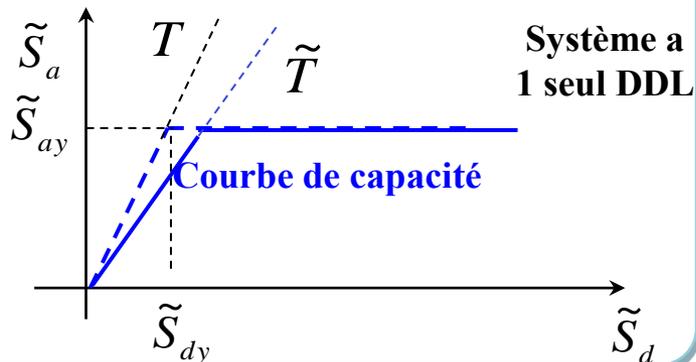
Calcul : \overline{PGA} et β_{PGA}

$$P[DS|PGA] = \frac{1}{2} \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{\ln(PGA) - \ln(\overline{PGA})}{\sqrt{2}\beta_{PGA}} \right) \right]$$

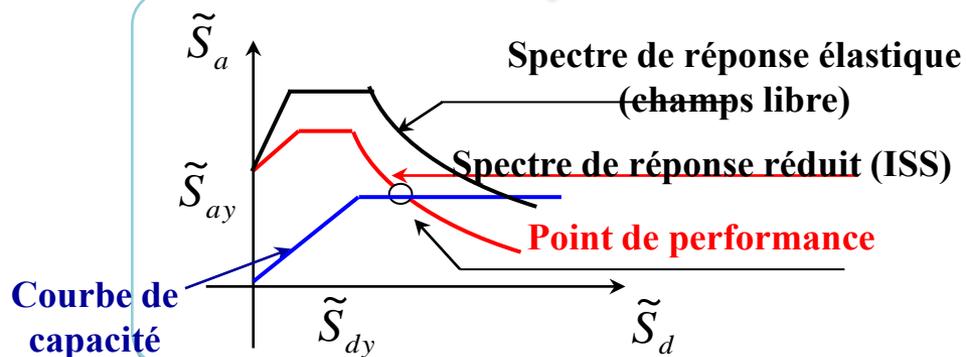
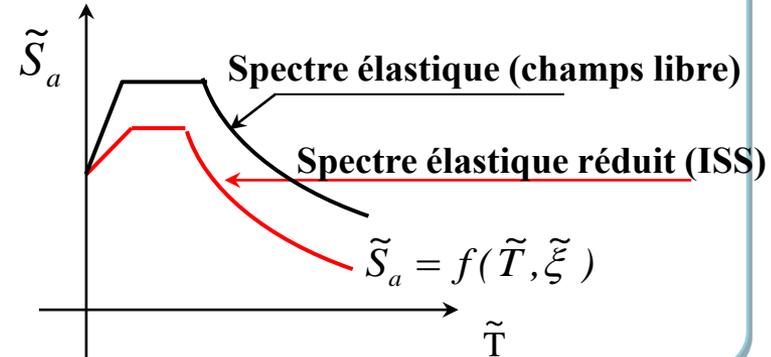
A Courbes de capacité et point de performance en tenant compte de l'ISS

La courbe de capacité du système sur base flexible (avec l'ISS) est obtenue en transformant la courbe de capacité initiale. L'intersection de la courbe de capacité finale et du spectre de réponse non linéaire (avec l'ISS) donne le déplacement maximal

Courbe de capacité (Avec ISS)



Spectre de réponse (Avec ISS)

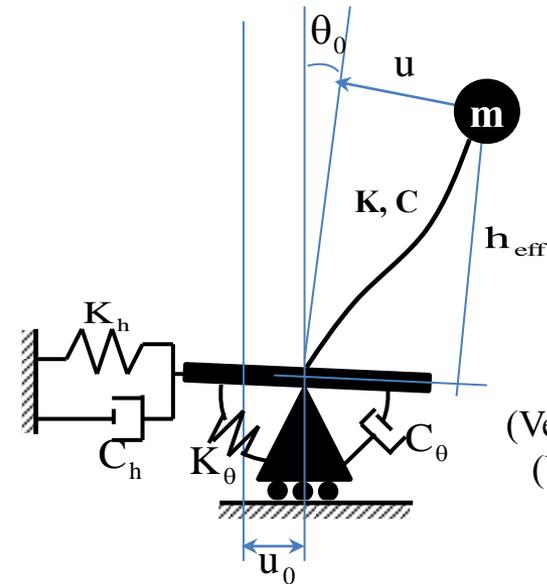


(MEKKI et al., 2014)
(EJECE accepté)

A Courbes de capacité et point de performance en tenant compte de l'ISS

Prise en compte de l'ISS par l'introduction des fonctions d'impédance.

$$\tilde{T} = T \sqrt{1 + K \left[\frac{1}{K_h} + \frac{h_{\text{eff}}^2}{K_\theta} \right]}$$



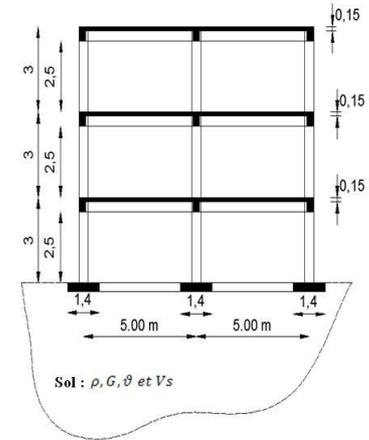
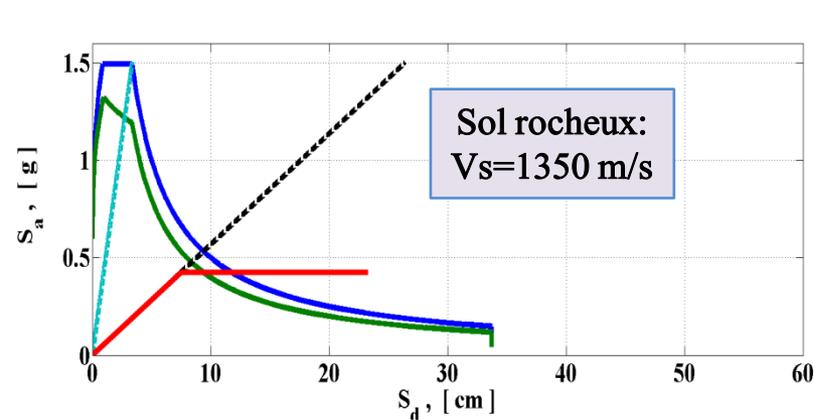
(Veletsos, 1974)
(Wolf, 2004)

$$\zeta \omega = \zeta_0 \frac{T^2}{\tilde{T}^2} + \left(1 - \frac{T^2}{\tilde{T}^2} \right) \zeta_g + \zeta_h \frac{T_h^2}{\tilde{T}^2} + \zeta_\theta \frac{T_\theta^2}{\tilde{T}^2}$$

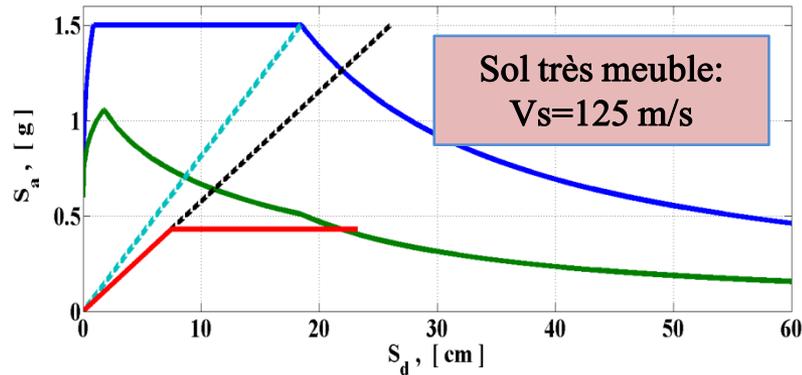
(Stewart et al., 1998)

Amortissement matériel Amortissement radiatif ou géométrique

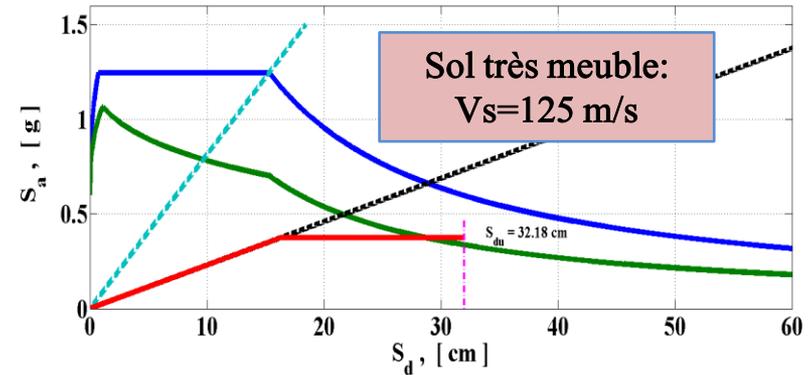
Influence du comportement non linéaire de la structure et de la flexibilité de sa fondation sur la réponse non linéaire du système sol-structure sur la réponse.



Sans ISS



Avec ISS



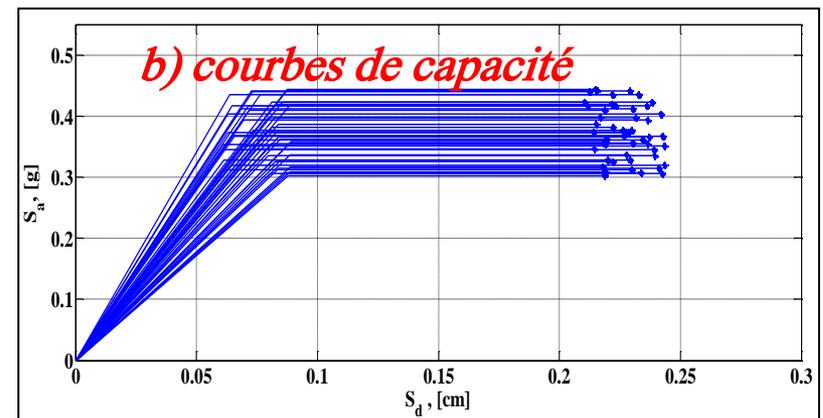
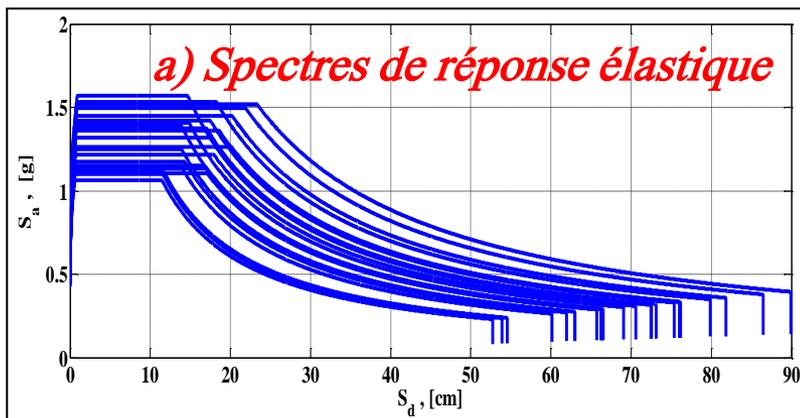
— Spectre élastique — Spectre inélastique — Courbe de capacité

Incertitudes aléatoires

Les sources d'incertitude qui semble les plus significatives sont identifiées

Variable	Distribution	Moyenne	Ecart type
PGA	Uniforme	0.5g	0.26g
S _a	Lognormale	2.5	0.25
V _s	Uniforme	Selon la nature du sol	Selon la nature du sol
ξ _g	Lognormale	10%	25%
T	Lognormale	Calculée	0.2xmoyenne
ξ	Lognormale	5%	20%
Vult	Lognormale	Calculée	0.1xmoyenne

Simulations Latin Hypercube Sampling LHS (exemple de 20 simulations)



Incertitude épistémique

Méthode de Park et Ang

$$DI_{Park} = \frac{u_m - u_y}{u_u - u_y}$$

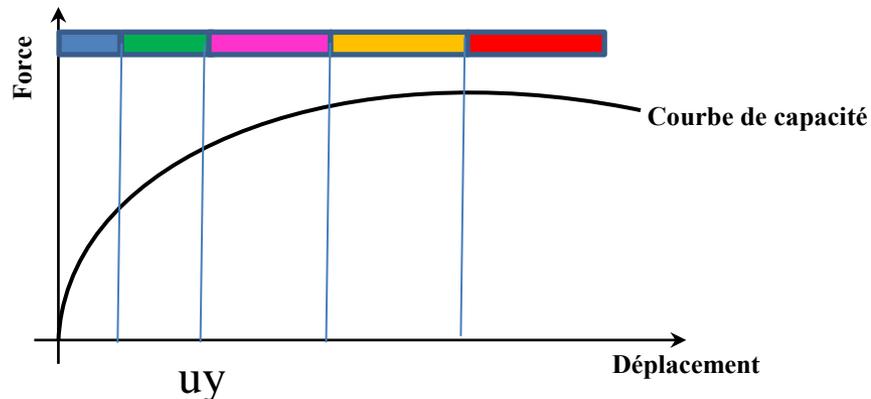
Niveau de dommages	Définition	Indice d'endommagement de Park-Ang
0	Aucun dégât	<0,10
1	Faible endommagement	0,10-0,25
2	Endommagement modéré	0,25-0,40
3	Dégâts importants	0,40-1,00
4	Effondrement	>1,00

Méthode Risk-UE

$$DI_{RiskUE} = \Delta = u_m$$

Niveau de dommages	Définition	Déplacements limites au sommet
0	Aucun dégât	$\Delta < 0,7u_y$
1	Faible endommagement	$0,7u_y < \Delta < 0,7u_y + 0,05\Delta u_y$
2	Endommagement modéré	$0,7u_y + 0,05\Delta u_y < \Delta < 0,7u_y + 0,2\Delta u_y$
3	Dégâts importants	$0,7u_y + 0,2\Delta u_y < \Delta < 0,7u_y + 0,5\Delta u_y$
4	Effondrement	$0,7u_y + 0,5\Delta u_y < \Delta < 0,7u_y + \Delta u_y$

$\Delta u_y = 0,9\Delta u - 0,7u_y$

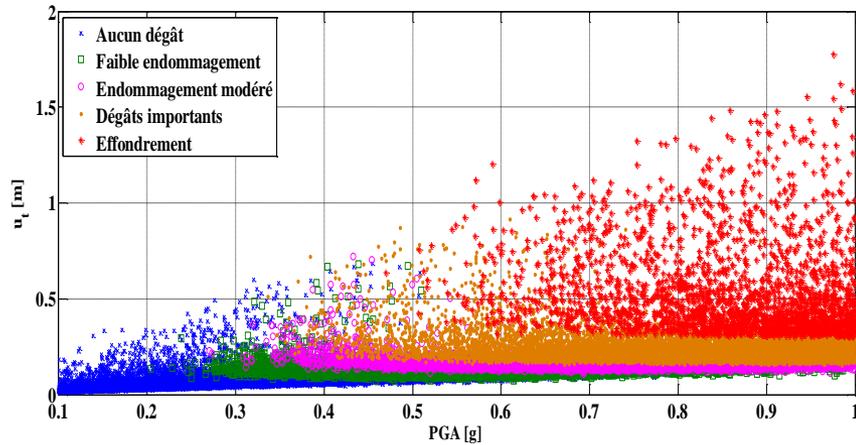


- Aucun dégât
- Faible endommagement
- Endommagement modéré
- Dégâts importants
- Effondrement

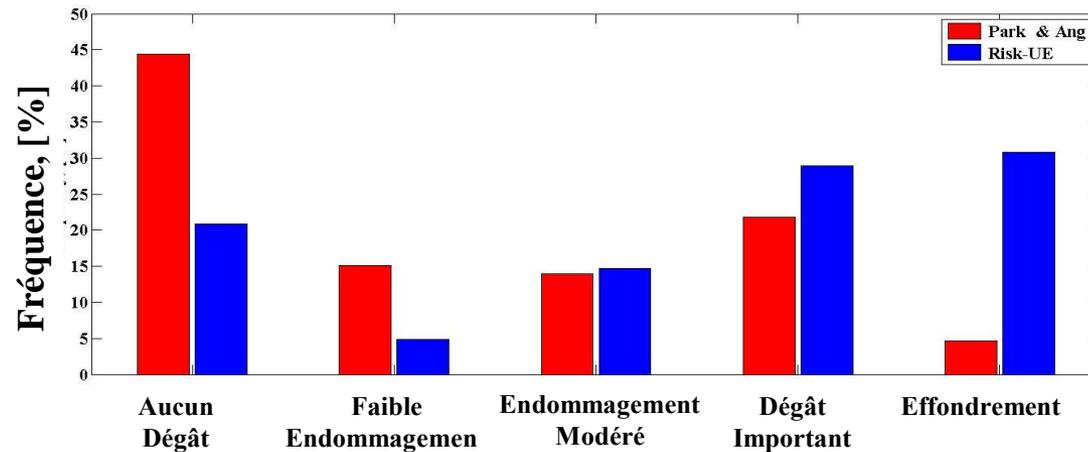
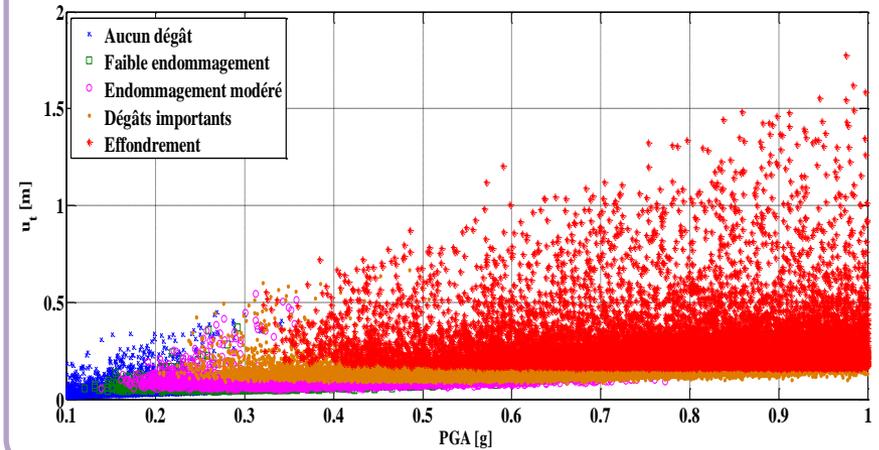
Les déplacements maximaux subis par la structure à plusieurs DDL

Nuage de points pour 10000 simulations

Méthode Park & Ang



Méthode Risk-UE



Détermination des courbes de fragilité

Les courbes de fragilité définissent la probabilité d'atteindre ou de dépasser un certain niveau de dommages pour chaque intensité

La distribution statistique utilisée pour ajuster les fonctions de fragilité de la structure est une distribution log-normale. Cette répartition est décrite par deux paramètres: la valeur moyenne et son écart type

$$P[DG | PGA] = \frac{1}{2} \left[1 + \operatorname{erf} \left(\frac{\ln(\overline{PGA}) - \ln(PGA)}{\sqrt{2}\beta_{PGA}} \right) \right]$$

\overline{PGA} est la valeur moyenne de PGA pour laquelle la structure atteint le seuil de l'état de dommages DG ;

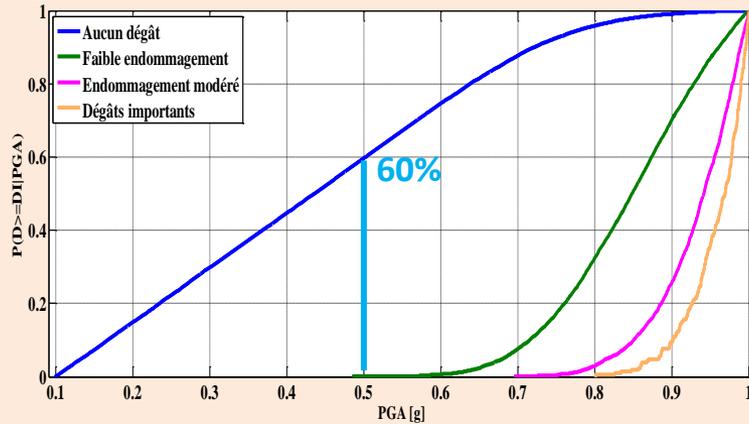
β_{PGA} est l'écart type de PGA pour l'état de dommages DG,

$P [DG|PGA]$ est la probabilité d'obtenir un niveau de dommages donné DG pour un déplacement spectral PGA,

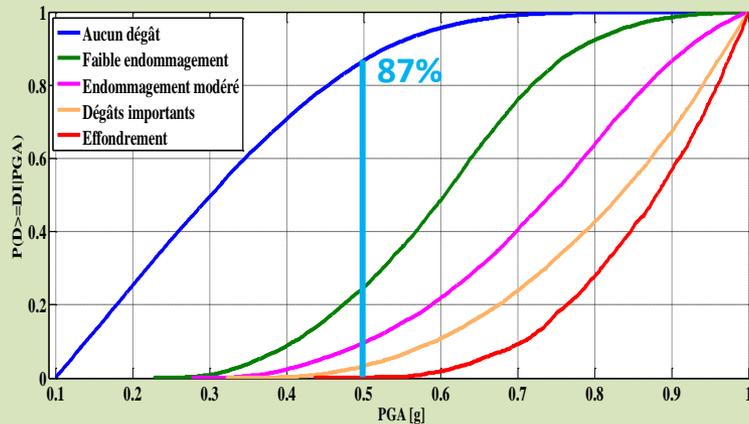
Comparaison entre les courbes de fragilité

Méthode Park & Ang

Sans ISS

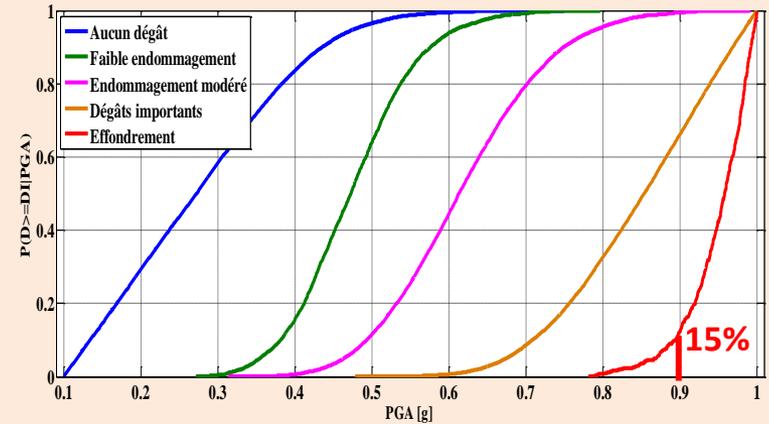


Avec ISS

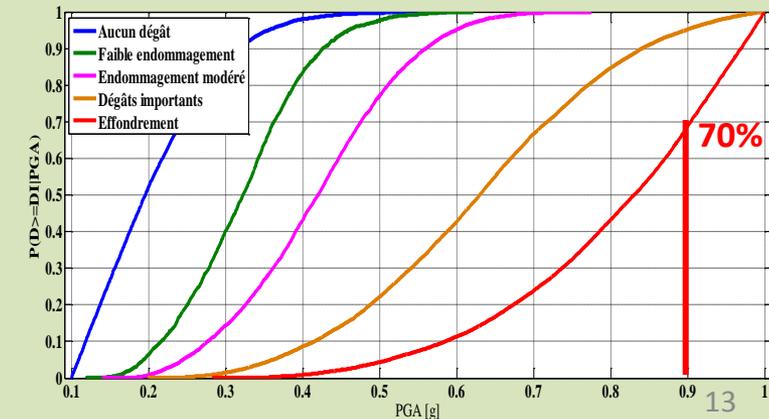


Méthode Risk-UE

Sans ISS



Avec ISS



Conclusion

- ✓ Le principal apport de cette contribution est la proposition d'une approche simplifiée pour la prise en compte de l'ISS dans le contexte d'une conception basée sur la performance.
- ✓ La méthodologie adoptée nous a permis de considérer les incertitudes relatives au chargement, l'identification de l'état des dommages (à l'échelle de la structure) et l'ISS.

Les résultats obtenus montrent :

- ✓ La méthode proposée est capable de fournir des estimations relativement raisonnables des dommages observés.
- ✓ L'incertitude épistémique a été étudiée partiellement en comparant deux approches dans l'évaluation des états d'endommagement.

La réponse de la structure dépend non seulement de ses caractéristiques dynamiques, de l'excitation sismique mais aussi des caractéristiques du milieu extérieur entourant la base de la structure.

**Merci de votre
attention**