

Vulnérabilité

Les composantes du modèle de risque sismique de la Suisse

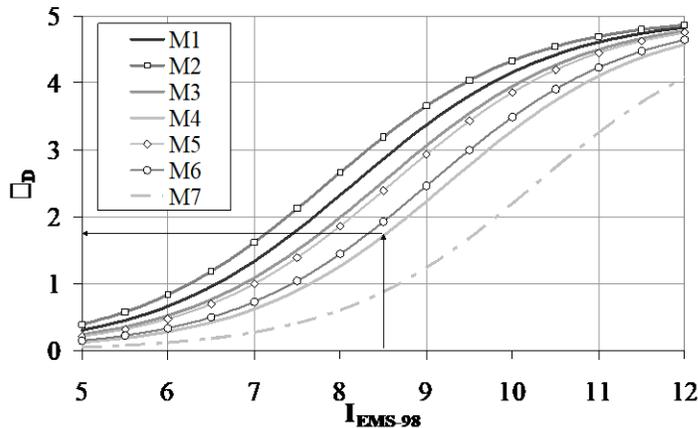
Dr Pierino Lestuzzi, maître d'enseignement et de recherche, ingénieur civil
École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL)



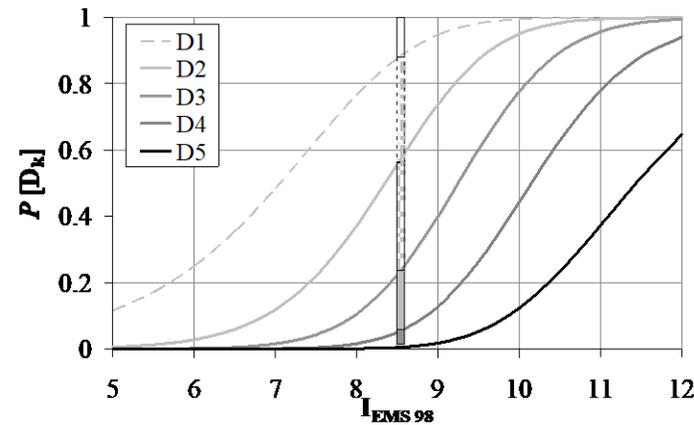
Définition de la vulnérabilité

- La vulnérabilité représente la prédisposition intrinsèque d'un bâtiment à subir des dommages suite à l'occurrence d'un événement sismique d'une gravité donnée.
- 5 degrés de dommages correspondant aux définitions de l'EMS-98.
- Représentation par différentes courbes:

courbe de vulnérabilité



courbe de fragilité



Classification des dégâts aux bâtiments en maçonnerie



Degré 1: Dégâts négligeables à légers
(aucun dégât structural, légers dégâts non structuraux)
Fissures capillaires dans très peu de murs. Chute de petits débris de plâtre uniquement. Dans de rares cas, chute de pierres descellées provenant des parties supérieures des bâtiments.



Degré 2: Dégâts modérés
(dégâts structuraux légers, dégâts non structuraux modérés)
Fissures dans de nombreux murs. Chutes de grands morceaux de plâtre. Effondrement partiel des cheminées.



Degré 3: Dégâts sensibles à importants
(dégâts structuraux modérés, dégâts non structuraux importants)
Fissures importantes dans la plupart des murs. Les tuiles des toits se détachent. Fractures des cheminées à la jonction avec le toit; défaillance d'éléments non structuraux séparés (cloisons, murs pignons).



Degré 4: Dégâts très importants
(dégâts structuraux importants, dégâts non structuraux très importants)
Défaillance sérieuse des murs; défaillance structurale partielle des toits et des planchers.



Degré 5: Destruction
(dégâts structuraux très importants)
Effondrement total ou presque total.



Typologie des bâtiments

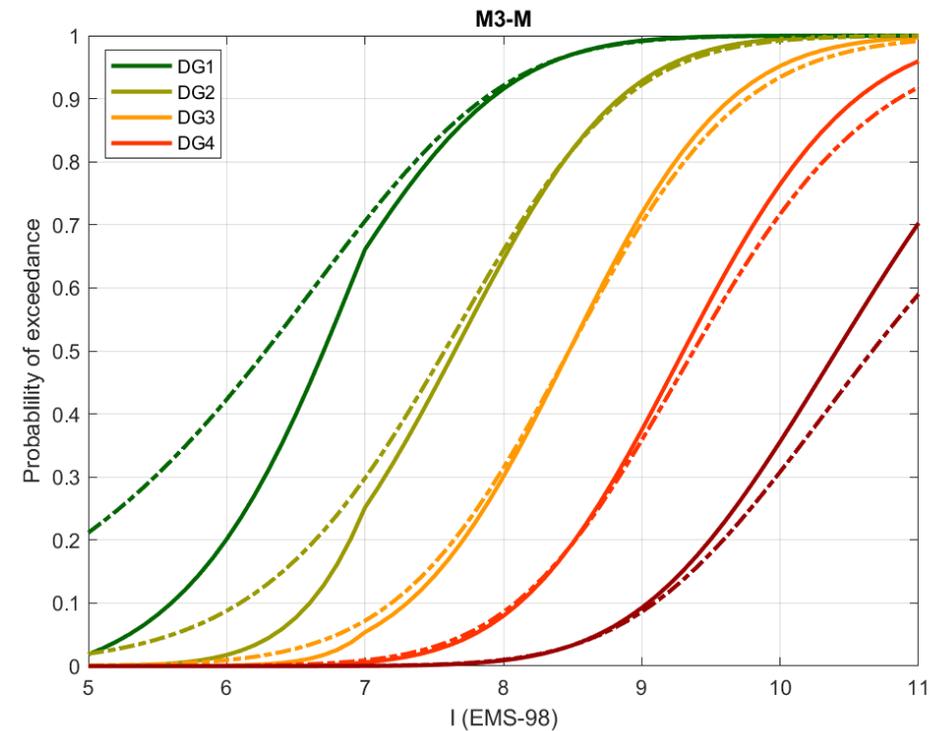
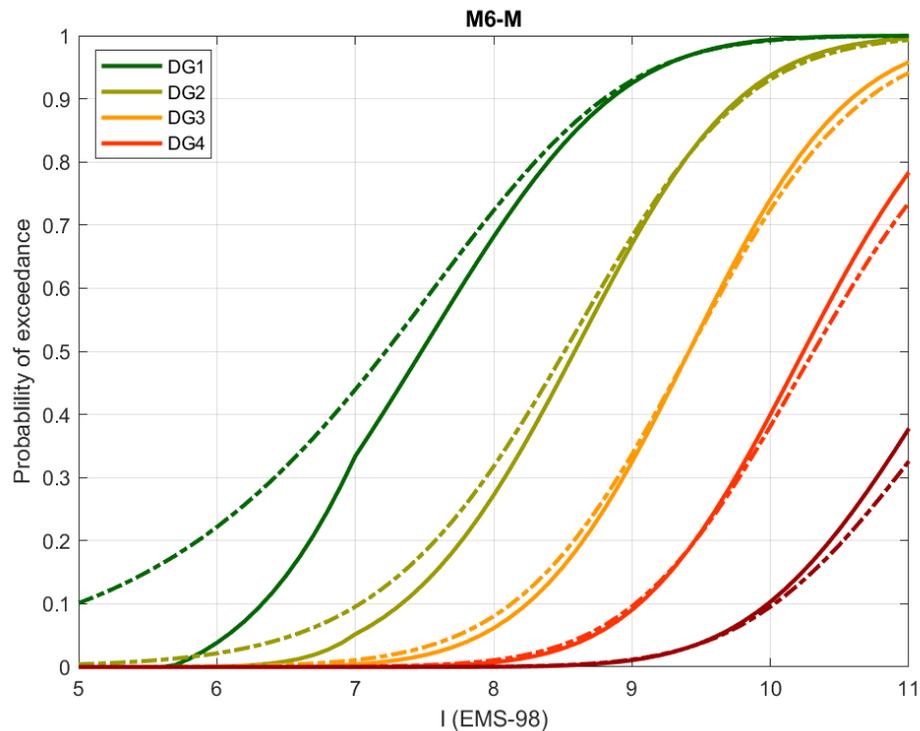
- 12 sortes de systèmes structuraux
 - maçonnerie (M1 à M6)
 - béton armé (RCF, RCW)
 - mixte (RCmix)
 - acier (S)
 - bois (T)
 - industriel (ind)
- 3 groupes de hauteur de bâtiment
 - bas (Low-rise, L)
 - moyen (Mid-rise, M)
 - élevé (High-rise, H)
- Les bâtiments sont attribués à un type de bâtiment en fonction de leurs attributs au moyen de deux méthodes
 - Matrices de corrélation (mapping scheme)
 - Forêts d'arbres décisionnels (random forest)

Building Type ^y	Description
M1_L	Dry stone
M1_M	
M2_L	Adobe (earth bricks)
M3_L	Rubble stone
M3_M	
M3_H	
M4_L	Dressed stone
M4_M	
M4_H	
M5_L	Unreinforced masonry (bricks)
M5_M	
M5_H	
M6_L	Unreinforced masonry – RC floors
M6_M	
M6_H	
RCF_L	RC Frames
RCF_M	
RCF_H	
RCW_L	RC shear wall
RCW_M	
RCW_H	
RCmix_L	Mixed shear wall and RC frame
RCmix_M	
RCmix_H	
S	Steel structures
T	Timber structures
Ind	Industrial structures



Intégration dans le modèle de risque sismique

- Les données ont été intégrées dans le modèle par le biais des courbes de fragilité
- Approche empirique: courbes de fragilité en fonction de l'intensité macrosismique
- Adaptation nécessaire des courbes pour les petites intensités ($I \leq 7$)

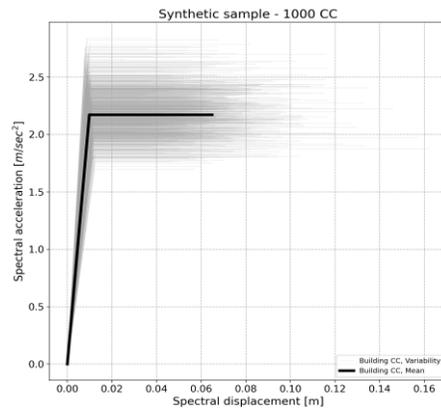




Intégration dans le modèle de risque sismique

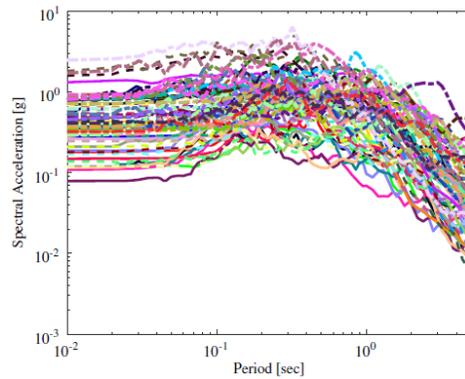
- Les données ont été intégrées dans le modèle par le biais des courbes de fragilité
- Approche mécanique: courbes de fragilité en fonction de l'accélération spectrale

1



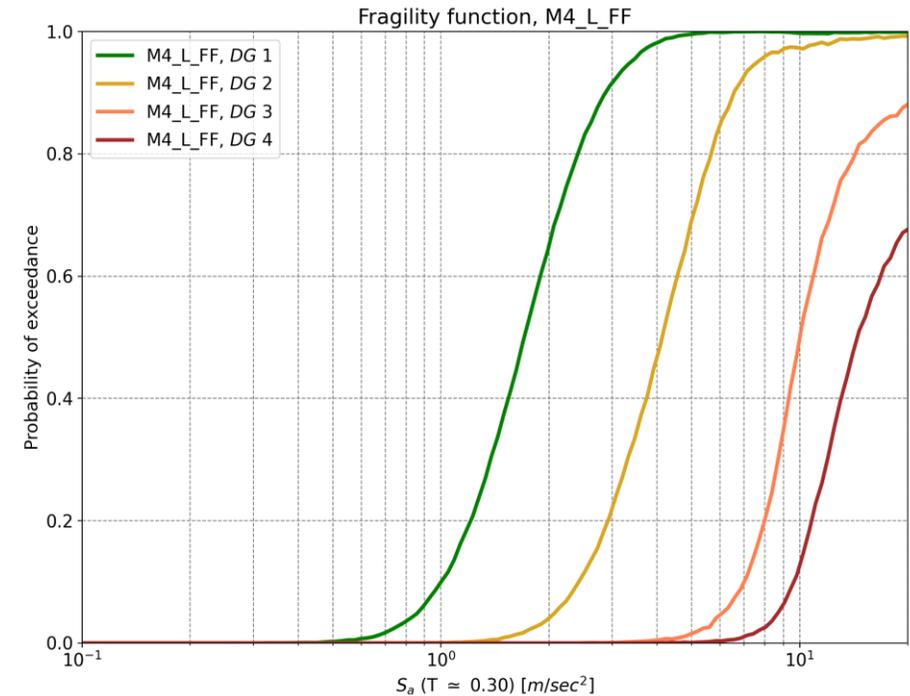
Capacity curves

2



Response spectra

Capacity
spectrum method
&
Damage model





Incertitudes et développements

- Les incertitudes ont été considérées au niveau de la typologie et des courbes de fragilité
 - a) Typologie
 - incertitudes épistémiques avec les 2 méthodes (matrices de corrélation et forêts d'arbres décisionnels)
 - incertitudes aléatoires avec attribution statistique des types de bâtiments (matrices de corrélation)
 - b) Courbes de fragilité
 - en fonction de l'intensité, 3 valeurs d'indice de vulnérabilité couvrant la plage de variation
 - en fonction de l'accélération spectrale, incertitude épistémique avec sous-classes (année de construct., nb d'étages)
 - en fonction de l'accélération spectrale, incertitude épistémique avec variation des propriétés des matériaux
- Les données ne prennent pas en compte:
 - les configurations particulières de bâtiments et leurs effets (file de bâtiments, pâté de maisons, etc.)
 - les effets des irrégularités entre bâtiments contigus (décalage des étages, différence de hauteur)
 - les bâtiments particuliers (églises, musées, monuments historiques, etc.)
- Développements futurs:
 - régionalisation de l'attribution des types de bâtiments (ville-campagne, spécificités régionales, etc.)
 - introduction des files de bâtiments et des irrégularités entre bâtiments contigus (surtout villes)
 - amélioration de certaines courbes de fragilité aux conditions suisses (p. ex. bâtiments industriels)
 - prise en compte des transformations et renforcements
 - nouveaux types de bâtiments pour les mises à jour (dimensionnement selon les normes SIA, bâtiments en bois)



Conclusions principales

- Vulnérabilité en fonction de l'intensité et de l'accélération spectrale – développement séparé des familles de courbes de fragilité
- Validation détaillée des résultats intermédiaires
 - courbes de capacité, avec courbes de la littérature et avec courbes d'autres projets
 - courbes de fragilité, avec courbes de la littérature et avec courbes d'autres projets
 - courbes de fragilité, validation croisée entre courbes en fonction de l'intensité et de l'accélération spectrale
- Prise en compte des incertitudes – incertitudes épistémiques et aléatoires
- Limitation intrinsèque des résultats
 - Pas valables pour bâtiment individuel et ne remplacent pas une évaluation spécifique pour 2 raisons:
 - attribution statistique du type de bâtiment
 - valeurs des paramètres et hypothèses moyennes, plus réalistes mais sans facteurs partiels habituels