

8^{èmes} Journées

Fiabilité des
MATÉRIAUX & DES STRUCTURES

Aix-en-Provence,
9 et 10 avril 2014



ECOSYSTEMES CONTINENTAUX
ECCOREV
ET RISQUES ENVIRONNEMENTAUX



Etude fiabiliste d'une dent déflectrice en béton armé sollicitée par une avalanche de neige dense

- I. Ousset¹, D. Bertrand², M. Brun²,
A. Limam², M. Naaïm¹
(Iristea Grenoble¹ - INSA Lyon²)



Plan

- 1 Introduction
- 2 Modèles
 - Modèle mécanique
 - Modèle probabiliste
- 3 Résultats
 - Principes
 - Résultats
- 4 Conclusion

Plan

- 1 Introduction
- 2 Modèles
 - Modèle mécanique
 - Modèle probabiliste
- 3 Résultats
 - Principes
 - Résultats
- 4 Conclusion

Plan

- 1 Introduction
- 2 Modèles
 - Modèle mécanique
 - Modèle probabiliste
- 3 Résultats
 - Principes
 - Résultats
- 4 Conclusion

Plan

- 1 Introduction
- 2 Modèles
 - Modèle mécanique
 - Modèle probabiliste
- 3 Résultats
 - Principes
 - Résultats
- 4 Conclusion

Problématique

- Evènement de 1999 dans le couloir de Tacconnaz (vallée de Chamonix)
 - ▷ Nécessité de progresser dans la connaissance des interactions entre avalanches et structures
- Objectif : Etude de la vulnérabilité des structures en BA à travers un exemple



Problématique

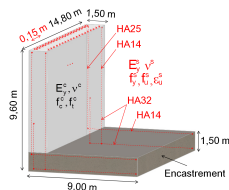
- Evènement de 1999 dans le couloir de Tacconnaz (vallée de Chamonix)
 - ▷ Nécessité de progresser dans la connaissance des interactions entre avalanches et structures
- Objectif : Etude de la vulnérabilité des structures en BA à travers un exemple





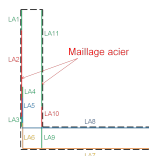
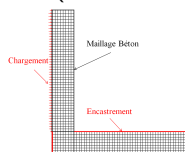
Problématique

- Evènement de 1999 dans le couloir de Taconnaz (vallée de Chamonix)
 - ▷ Nécessité de progresser dans la connaissance des interactions entre avalanches et structures
- Objectif : Etude de la vulnérabilité des structures en BA à travers un exemple

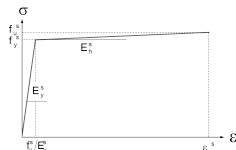
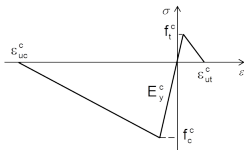


Modèle mécanique : caractéristiques

- Méthode éléments finis (Cast3M)
- Modèle 2D (éléments QUA4 et SEG2)



- Loi élasto-plastique à 2 critères de plasticité pour le béton et loi élasto-plastique linéaire avec écrouissage pour l'acier

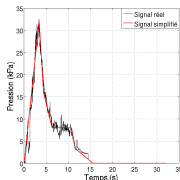
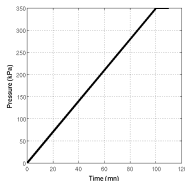


- Calage sur test expérimental

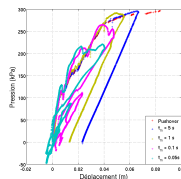
Modèle mécanique : chargement

2 cas de chargement testés :

- Chargement pushover
- Calcul quasi-statique
- Signal avalancheux
- Calcul dynamique



Réponse structure :



quasi-statique
si $t > t_{str} = 0,07 s$

Chargement introduit dans le modèle
pour une avalanche de neige dense
= chargement de type pushover

Modèle probabiliste : Critères de défaillance

- 2 critères = 2 modes de défaillance

$$G_1(X) = 0,95 f_c^c - \sigma_{max}^c \text{ (béton)}$$

$$G_2(X) = 0,95 f_u^s - \sigma_{max}^s \text{ (acier)}$$

- Calcul probabilité de défaillance

$$D_f = D_f \{G_1(x) \leq 0\} \cup D_f \{G_2(x) \leq 0\}$$

Modèle probabiliste : Variables aléatoires

Paramètre	Symbole	Distribution	Moyenne	Coefficient de variation	Référence
Masse volumique du béton	ρ^c	Déterministe	2500 kg/m ³		
Module d'Young du béton	E_y^c	Lognormale	38840 MPa	0,10	(Mirza,1979)
Coefficient de Poisson du béton	ν^c	Déterministe	0,24		
Limite en compression du béton	f_c^c	Lognormale	80 MPa	0,18	(MacGregor,1983)
Limite en traction du béton	f_t^c		$0,3 (f_c^c)^{2/3}$		(Eurocode 2)
Masse volumique de l'acier	ρ^s	Déterministe	7500 kg/m ³		
Module d'Young de l'acier	E_y^s	Déterministe	217000 MPa		
Coefficient de Poisson de l'acier	ν^s	Déterministe	0,3		
Limite élastique de l'acier	f_y^s	Normale	575 MPa	0,10	(MacGregor,1983)
Module d'érouissage de l'acier	E_h^s	Déterministe	1310 MPa		
Déformation ultime de l'acier	ϵ_u^s	Normale	0,037	0,10	(Siviero,1993)

Modèle probabiliste : Méthodes de calcul

2 méthodes de calcul de la probabilité de défaillance :

- Analyse distribution de sortie (Méthode des noyaux ou Kernel Smoothing)
- Analyse de probabilité de dépassement de valeurs seuils (Simulations Monte-Carlo)

$$P_f = \frac{1}{nh} \sum_{i=1}^n K\left(\frac{x-x_i}{h}\right)$$

n : nombre de valeurs de l'échantillon
 h : paramètre de lissage
 K : fonction noyau satisfaisant
 $\int K(x) dx = 1$ (ici, loi normale centrée réduite)

$$P_f = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n I(x_i)$$

n : nombre de valeurs de l'échantillon
 I : fonction indicatrice = 1 si $G(X) \leq 0$
 et 0 dans le cas contraire

Courbes de vulnérabilité et de fragilité

Courbes de vulnérabilité	Courbes de fragilité
Approche déterministe	Approche probabiliste
Indice de dommages (ici, $\frac{\delta_{max}}{\delta_u}$) en fonction intensité aléa	Probabilité de défaillance en fonction intensité aléa

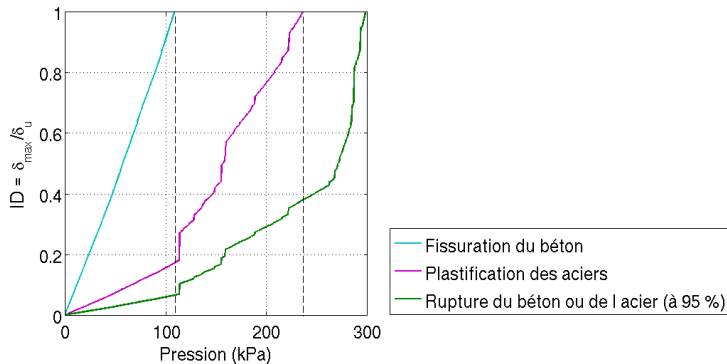
Indice de dommage ou probabilité de défaillance :

= 0 si non endommagement

= 1 si ruine

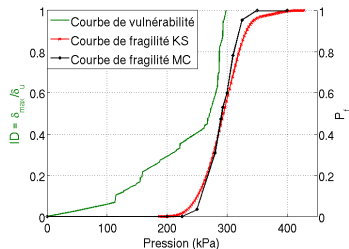
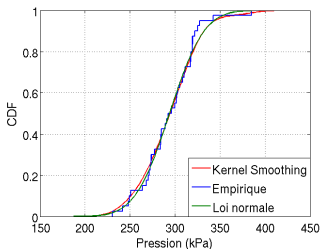
Courbes de vulnérabilité

pour différents états limites



Courbes de fragilité

Distribution de sortie



Dépassement de seuils
(Monte-Carlo)

(Monte-Carlo)

Conclusion et Perspectives

Conclusions

- Modèle probabiliste couplé à un modèle EF
- Courbes de vulnérabilité ▷ Evolution endommagement avant défaillance de la structure
- Courbes de fragilité ▷ Plage de défaillance liée aux incertitudes matériaux

Perspectives

- Autres sources d'incertitudes
- Etude de sensibilité
- Analyse de risque



Photo Pierre Beghin

Merci pour votre attention