

# MOM2 – BIG DATA & Geosciences



Francois Bonneau

[francois.bonneau@univ-Lorraine.fr](mailto:francois.bonneau@univ-Lorraine.fr)

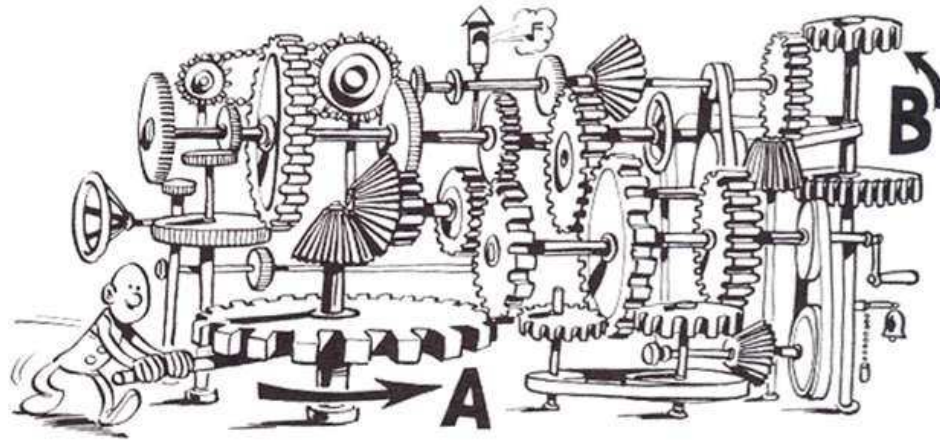
06 99 36 71 41

Corentin Gouache

Janvier 2021

# Big Data ... how big?

Data



Process

Time



# Objectif du projet

« les étudiants seront capables de considérer la complexité particulière de certaines données métier et d'adapter un processus d'Extraction de Connaissances à ces données, notamment en fonction des exigences d'un expert. »

Application à la géologie dans le cadre de données sismique spatialisé.

- **Modalité d'évaluation:**

- Soutenance orale le 19/01/2021
- Compétences technique:
  - Compréhension du problème et des données.
  - Capacité à mobiliser vos compétences pour analyser et discuter un aspect de ces données.
  - Capacité à présenter et à discuter (problème résolu, perspectives... )
- Gestion du projet: Organisation, travail en groupe, praticité.

# Aléa Sismique

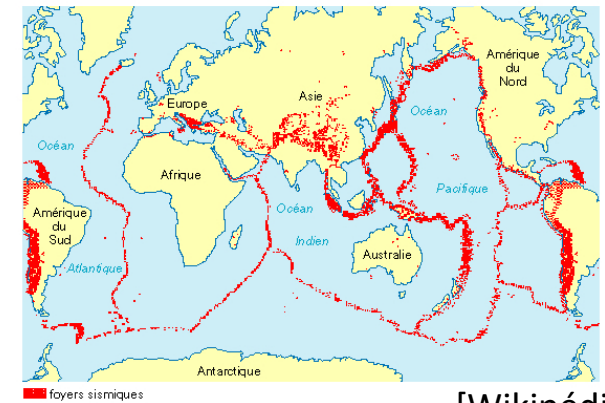
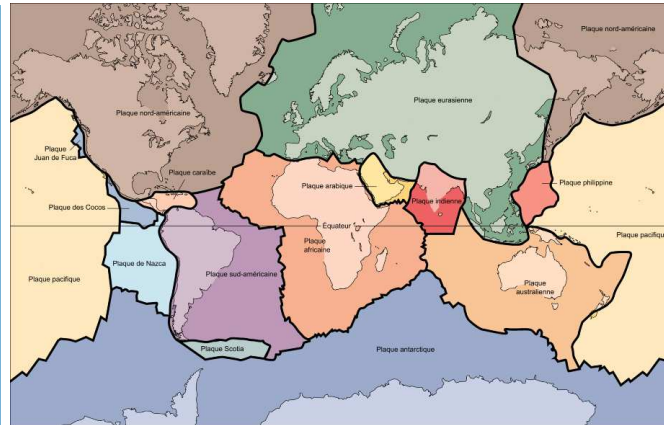
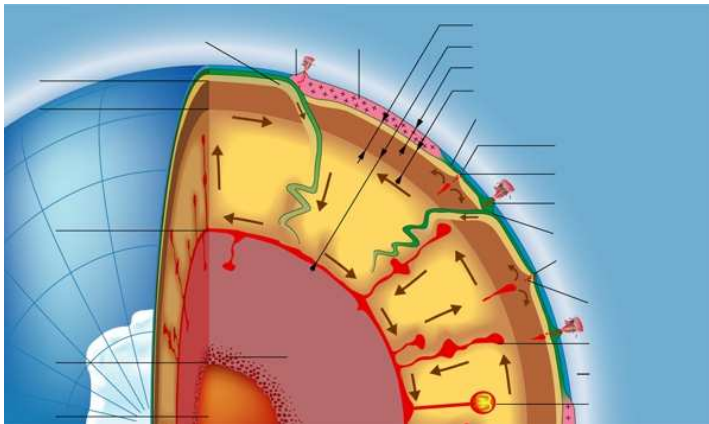
Notion de sismicité.

Catalogue sismique.

Aléa sismique.

# Moteur de la sismicité

- Observations à l'échelle de la terre:

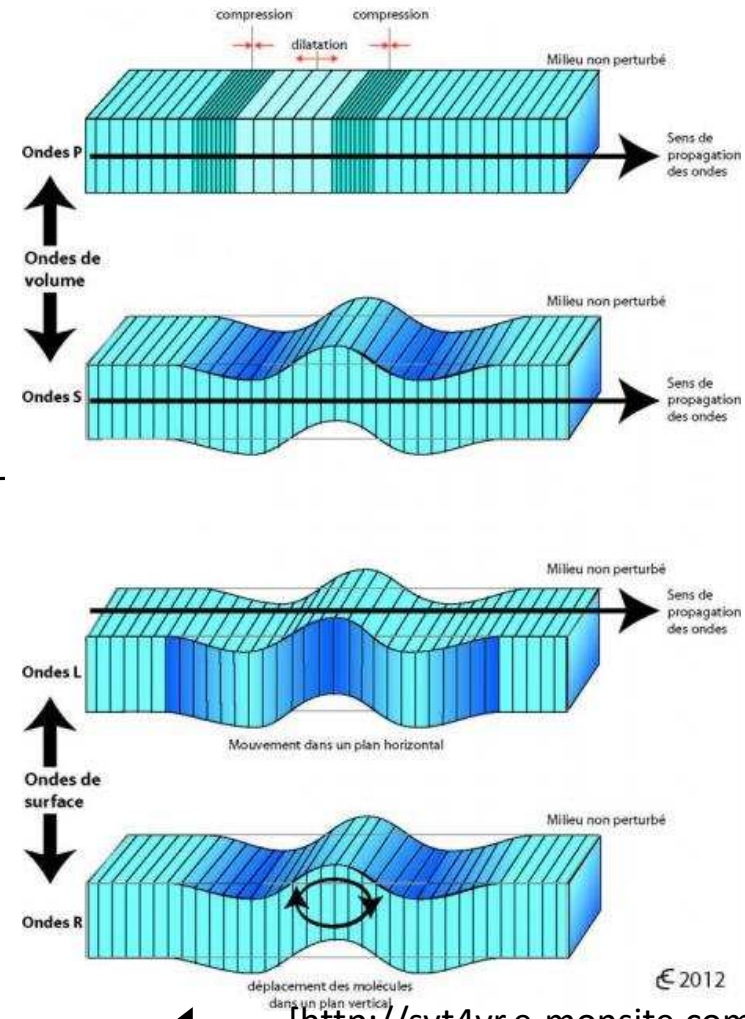
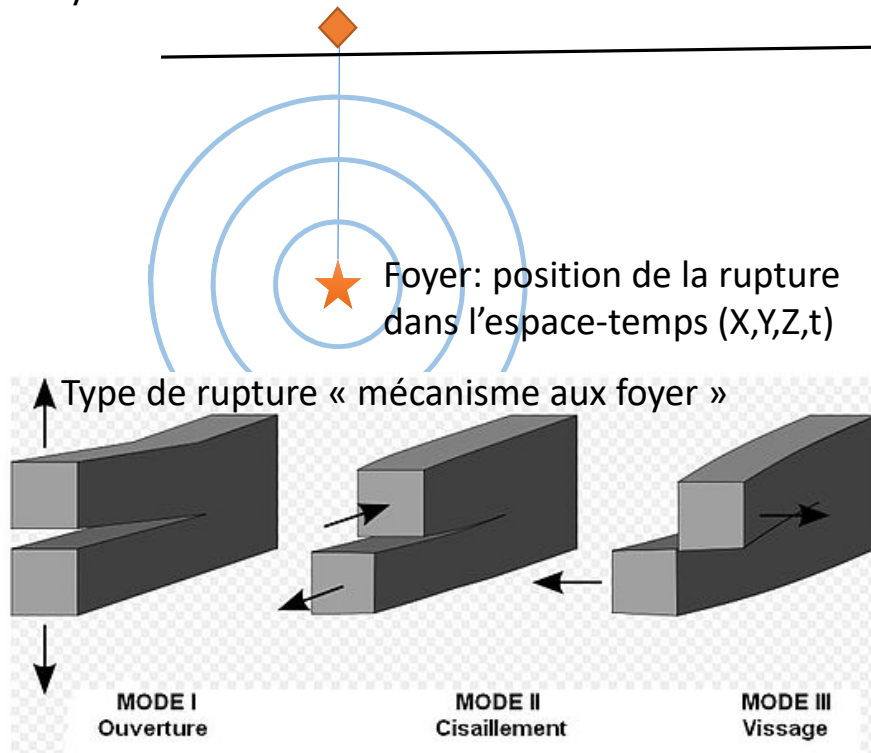


[Wikipédia]

- Energie libérée par la relaxation des contraintes s'appliquant sur un volume de roche.

# Qu'est ce qu'un séisme?

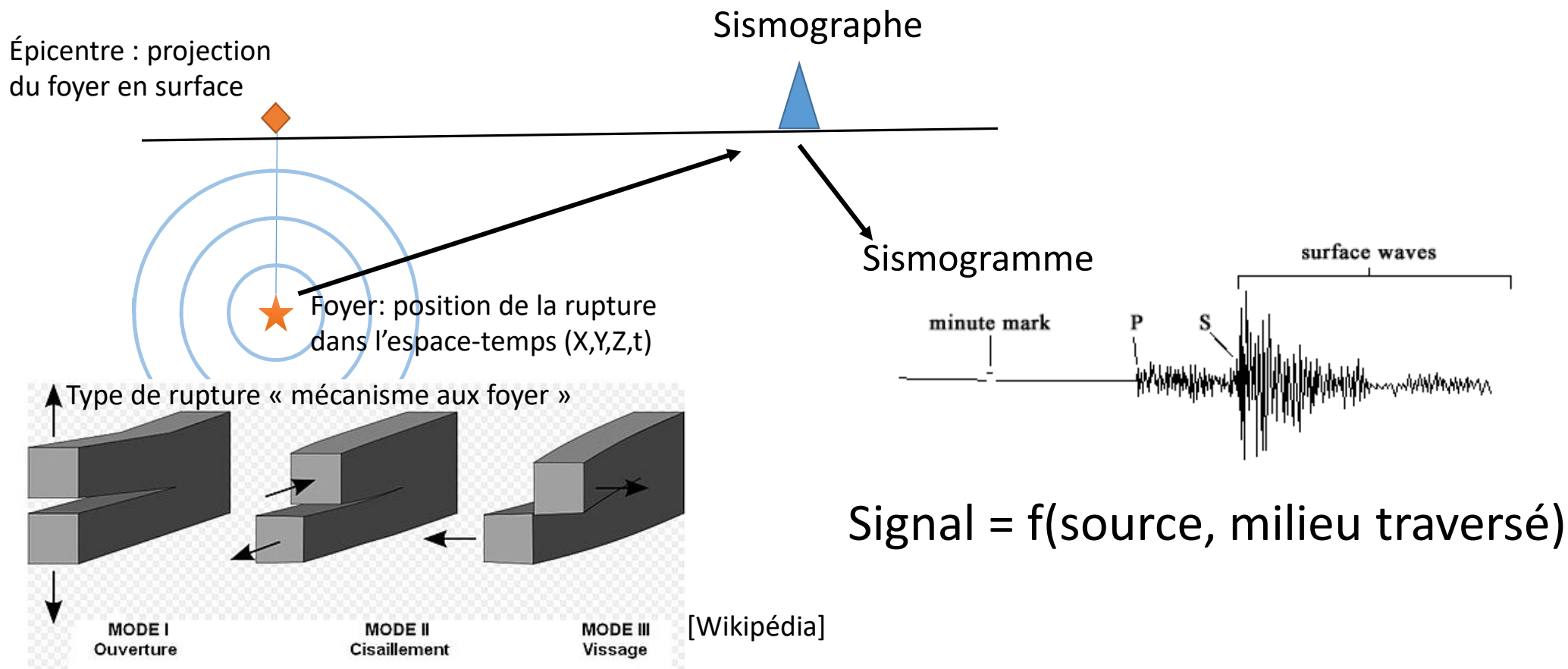
Épicentre : projection  
du foyer en surface



→ chaleur + initiation d'ondes sismiques

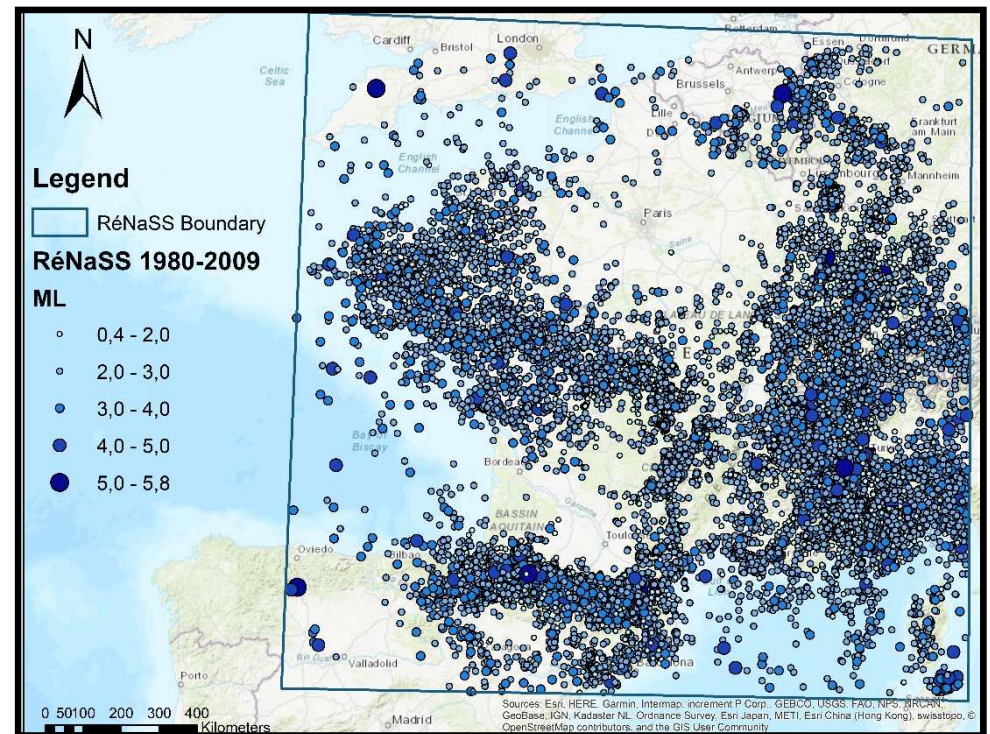
[Wikipédia]

# Qu'est ce qu'on mesure?





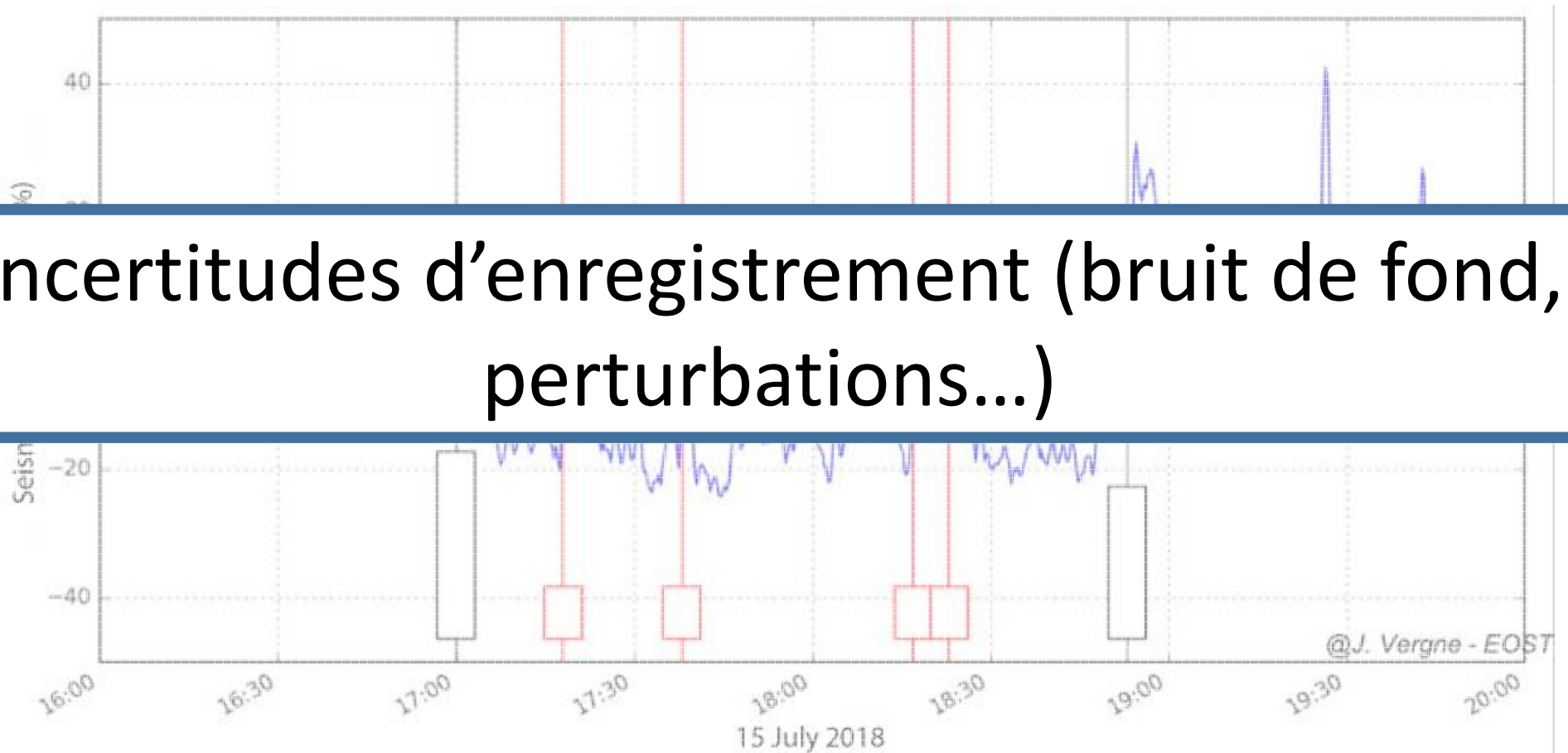
# Catalogue Sismique: Réseau National de Surveillance Sismique (RéNaSS)



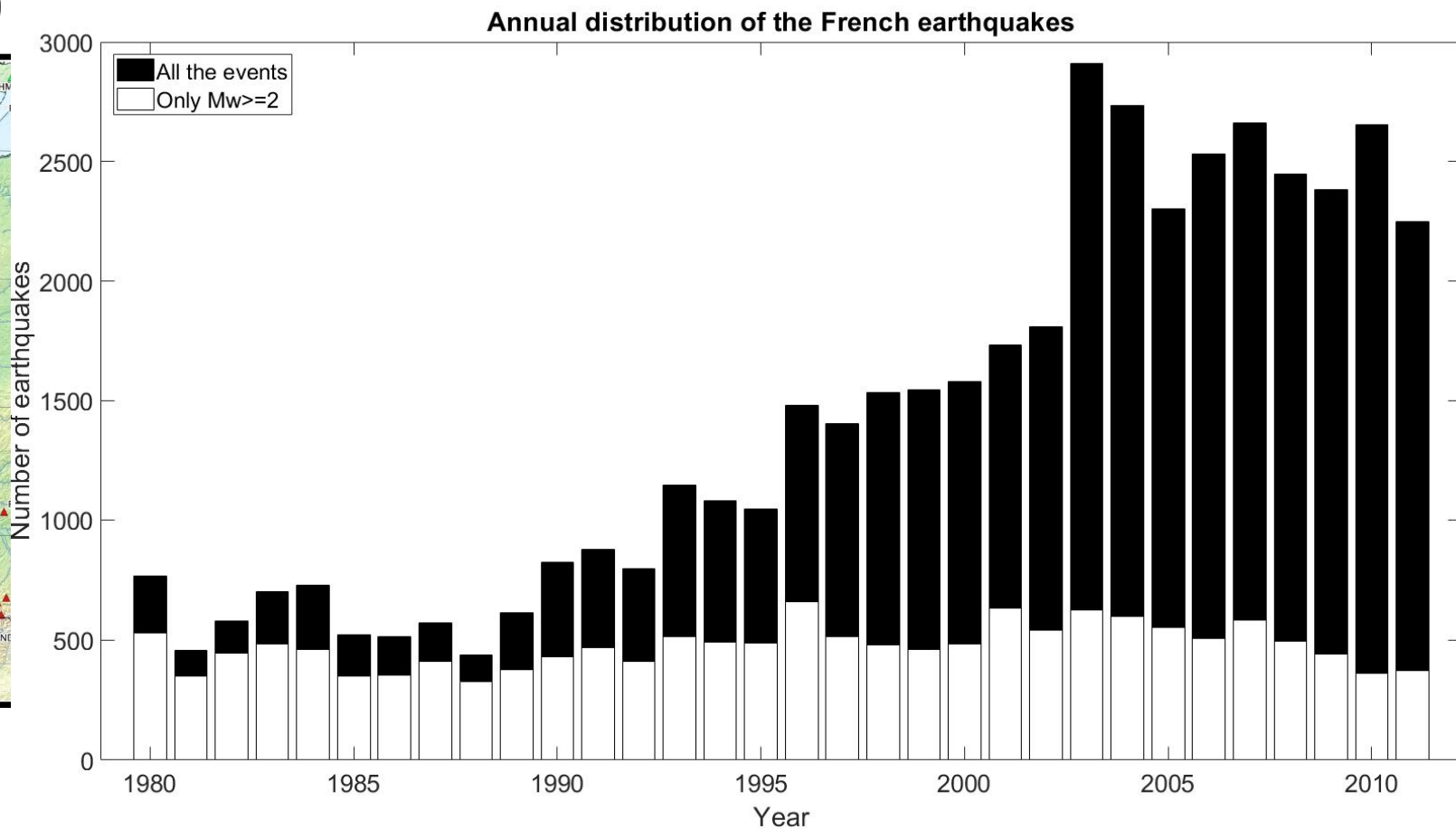
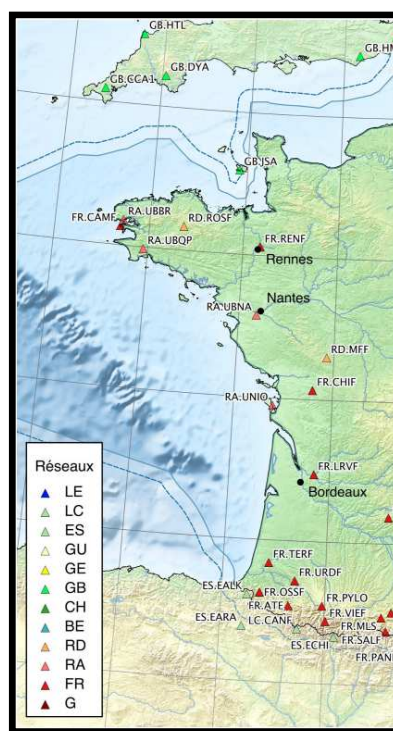


# Enregistrements sismiques

Incertitudes d'enregistrement (bruit de fond, perturbations...)

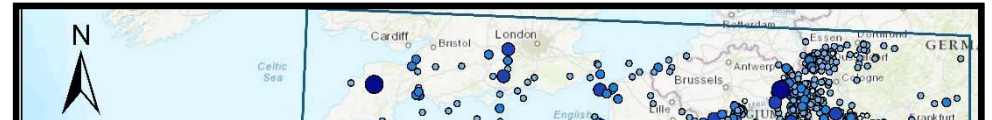
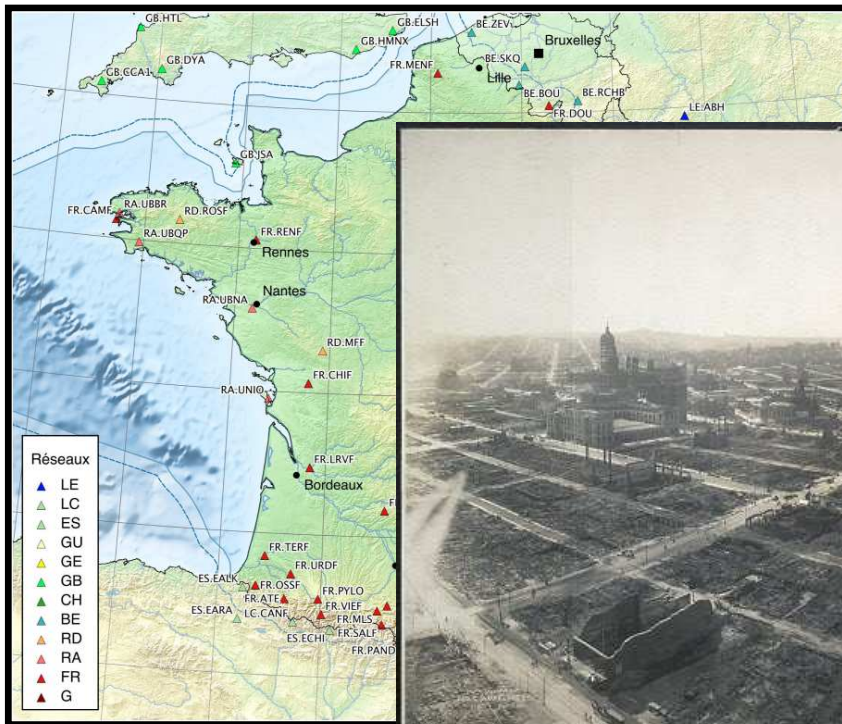


# Catalogue Sismique: Réseau National de Surveillance Sismique (RéNaSS)



# Catalogue Sismique: Réseau National de Surveillance Sismique (RéNaSS)

Sismicité instrumentale



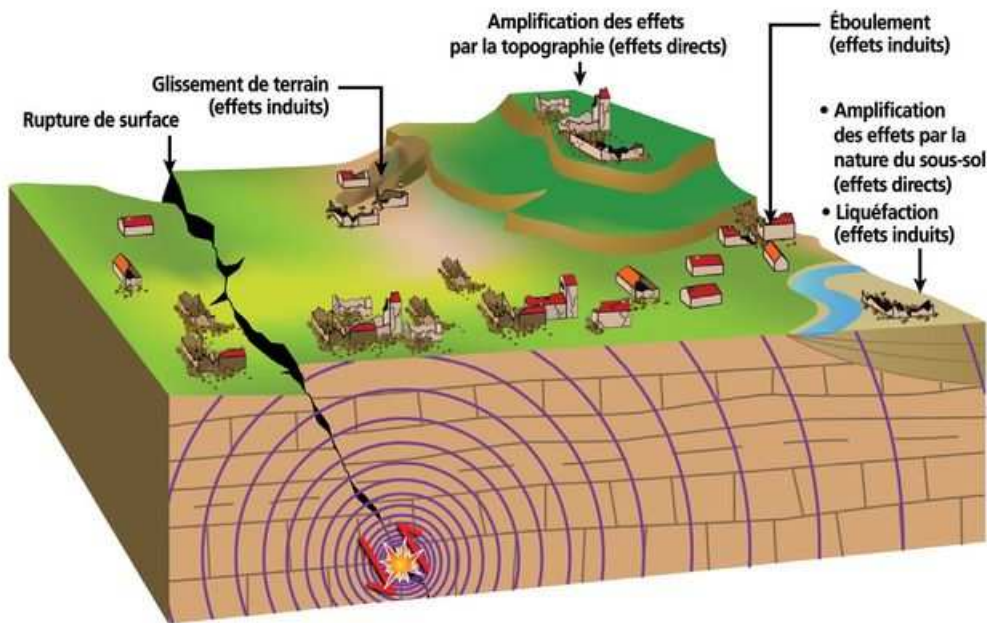
Sismicité Historique



San Francisco après le tremblement de terre 1906

# Aléa sismique

- Probabilité qu'un séisme destructeur se produise dans une région donnée pendant une période donnée.

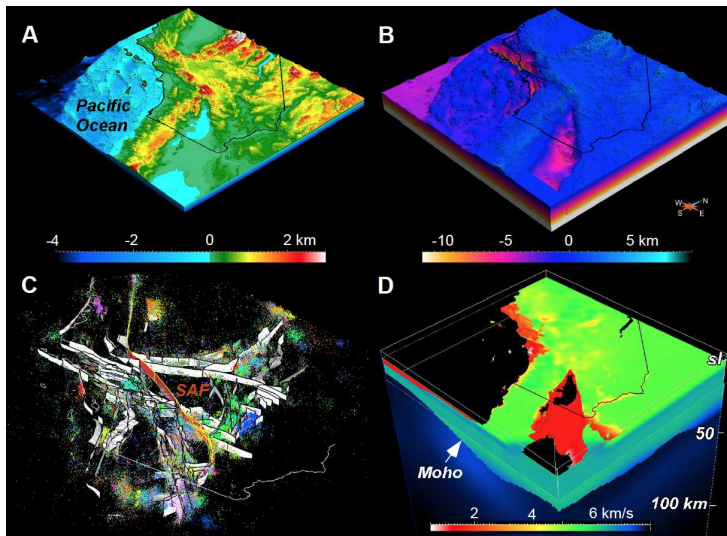


- Caractérisation de la sismicité (Position, Date, Magnitude ...)
- Propagation de son impact sur les constructions (lois d'atténuations, modèles numériques ...)



# Aléa sismique

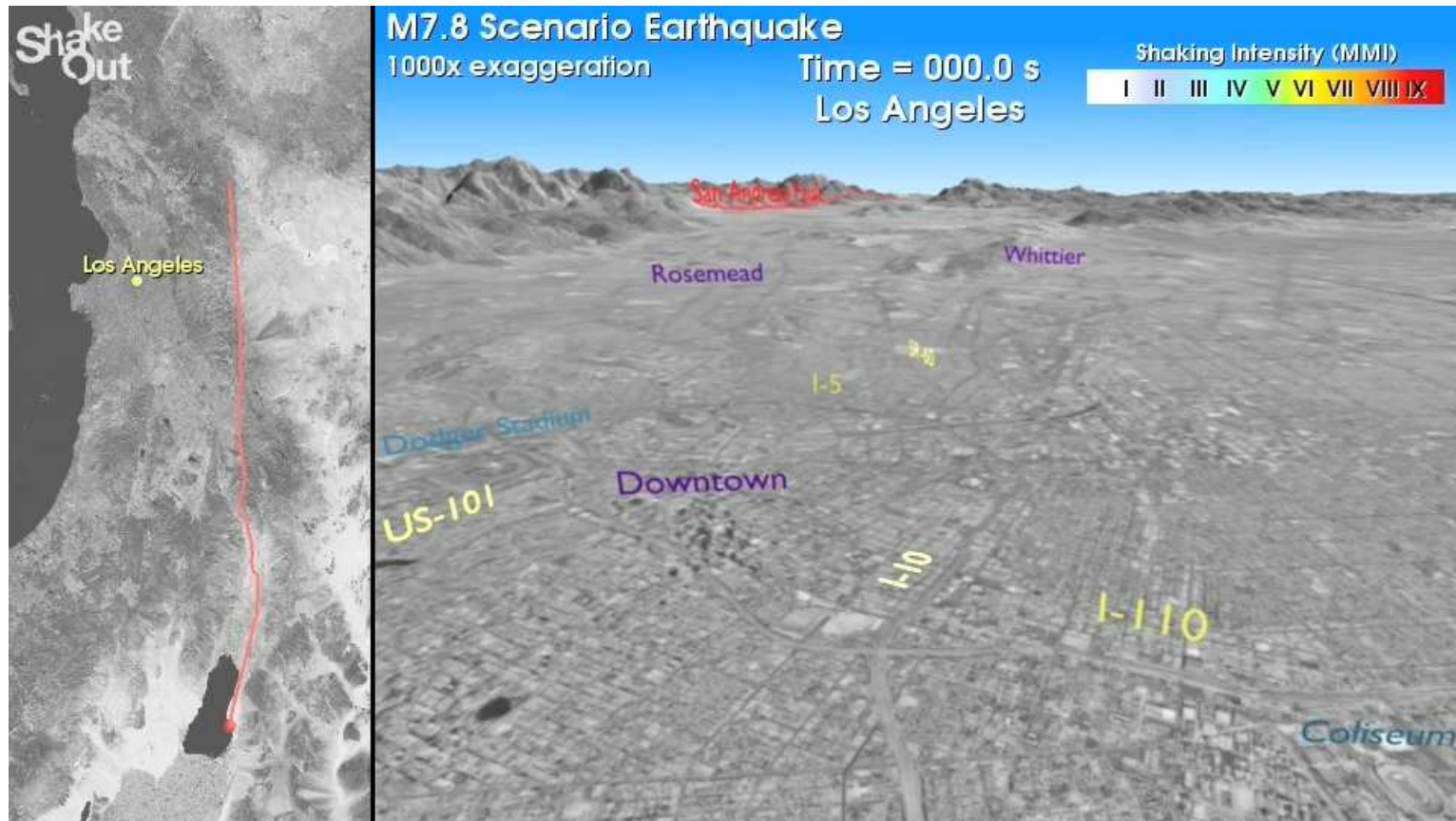
- Probabilité qu'un séisme destructeur se produise dans une région donnée pendant une période donnée.
  - Création de modèles numériques -- Ex: Unified Structural Representation of the southern California crust and upper mantle [Shaw et al, EPSL 2014]



- Intégration de données géologiques pétrophysiques et géophysiques
  - Modèle structural
  - Modèle géotechnique
  - Modèle de vitesses

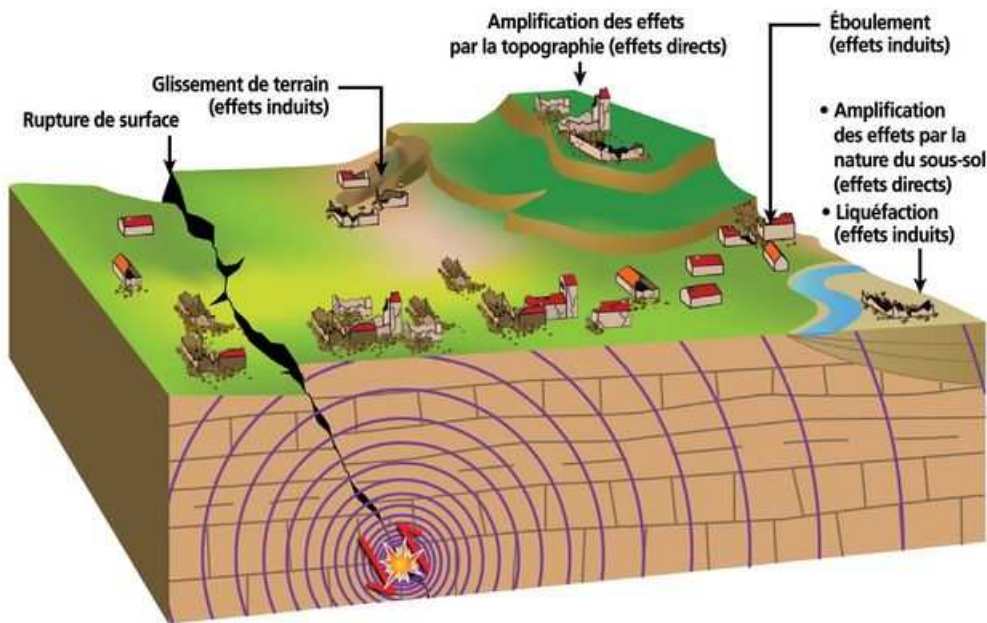


# Aléa sismique



# Aléa sismique

- Probabilité qu'un séisme destructeur se produise dans une région donnée pendant une période donnée.



- Caractérisation de la sismicité (Position, Date, Magnitude ...)
- Propagation de son impact sur les constructions (lois d'atténuations, modèles numériques ...)

# Caractérisation de la sismicté

Séquence sismique

Lois d'échelle

Declustering

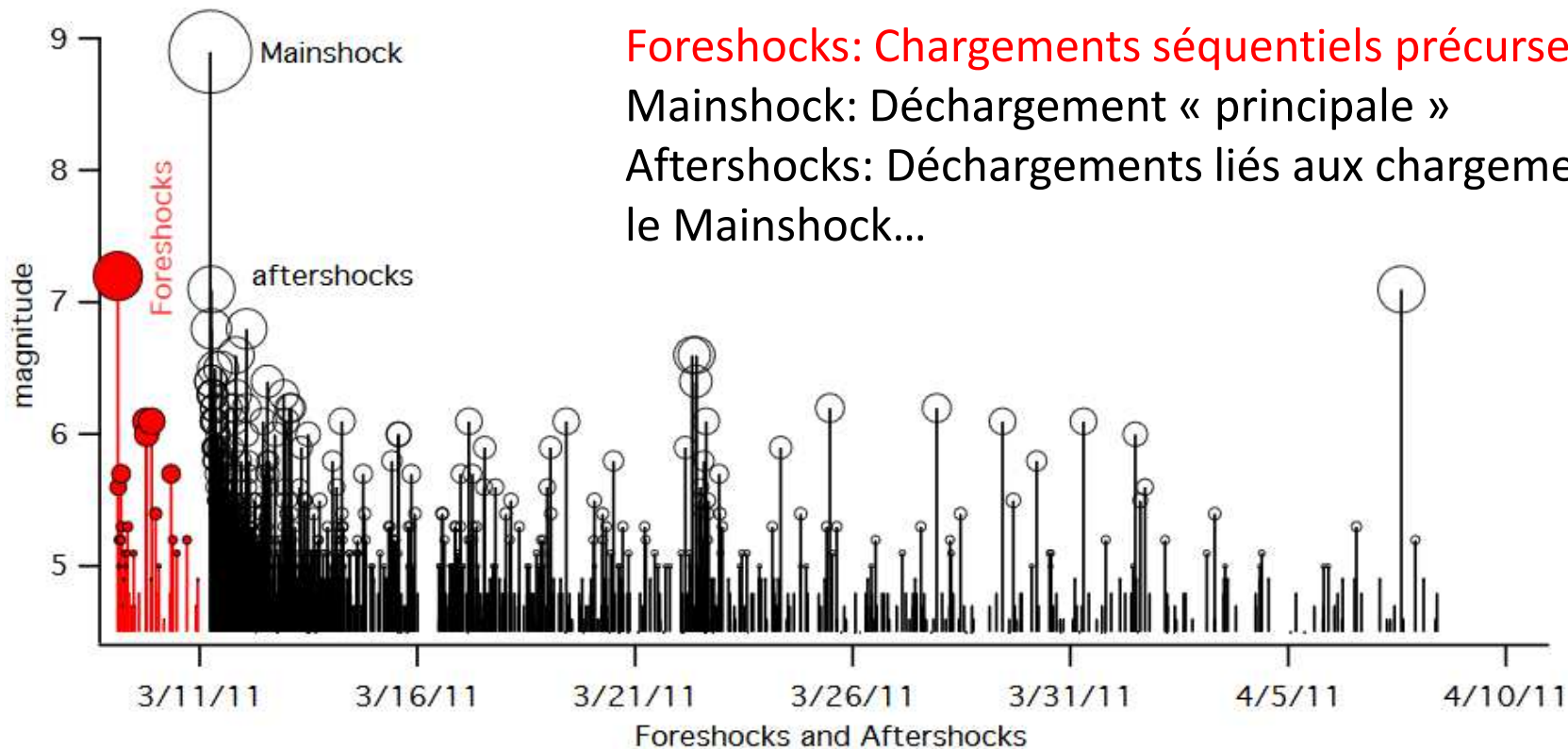
# Séquence sismique

TOHOKU (FUKUSHIMA)

**Foreshocks: Chargements séquentiels précurseurs**

Mainshock: Déchargement « principale »

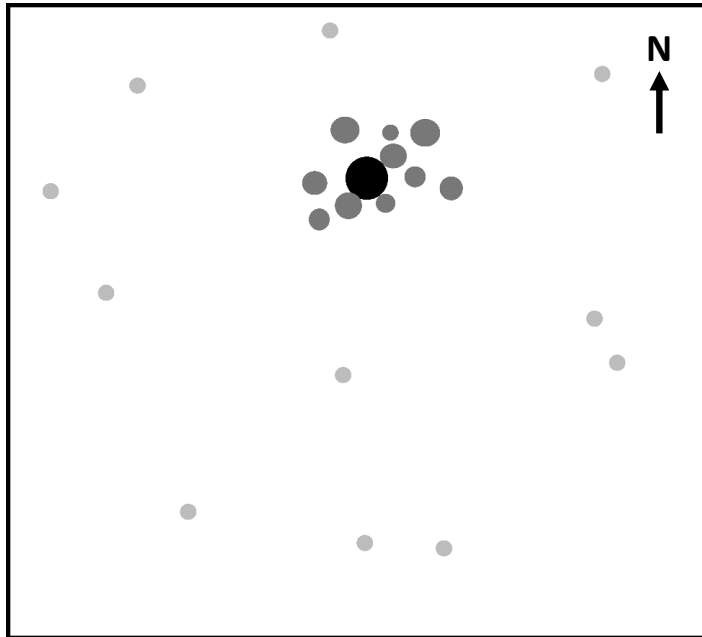
Aftershocks: Déchargements liés aux chargements induits par le Mainshock...



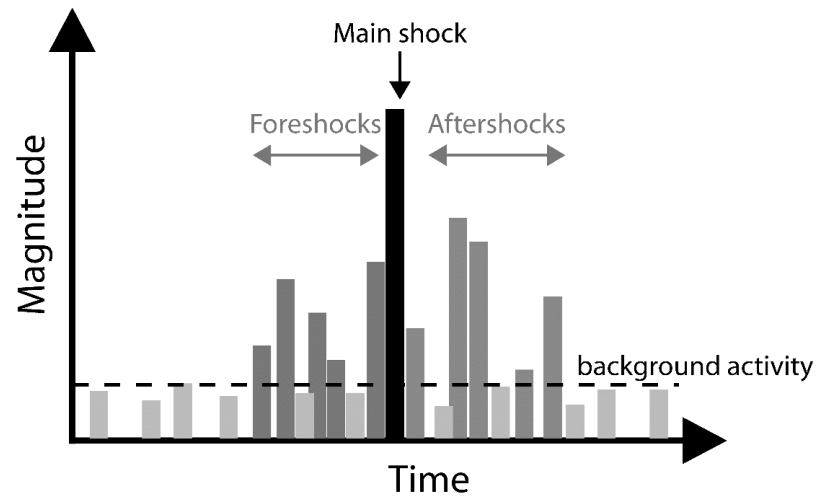
[<http://cires1.colorado.edu/~bilham/Honshu2011/Honshu2011.html>]

# Séquence sismique

- Séquence sismique



- *Main shocks* = séismes indépendants
- *Fore shocks + aftershocks* = séismes corrélés



modified from <http://all-geo.org/highlyallochthonous/2007/09/of-aftershocks-and-tsunamis/>



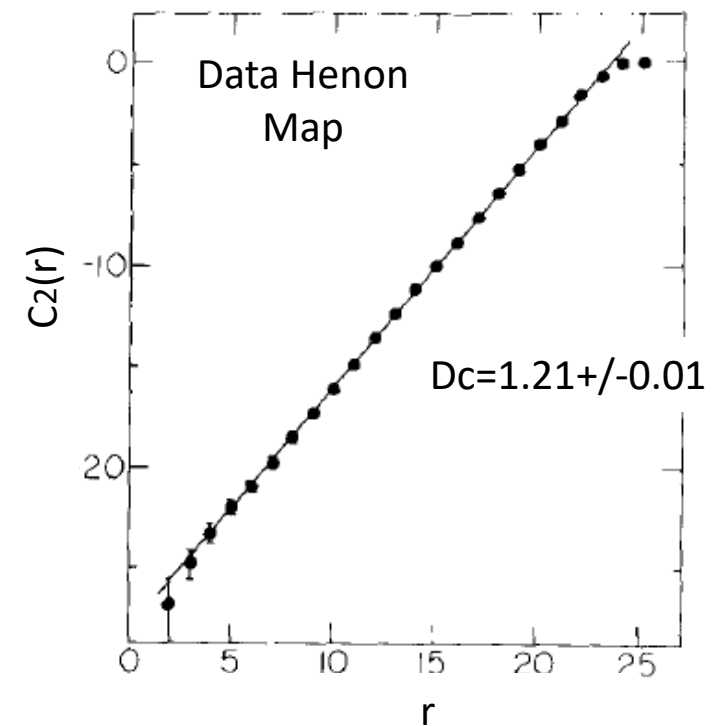
# Lois d'échelle: Analyse spatiale

- Dimension de corrélation  $D_c$ :

$$C_2(r) = \frac{N(r)}{N_t} \approx r^{D_c}$$

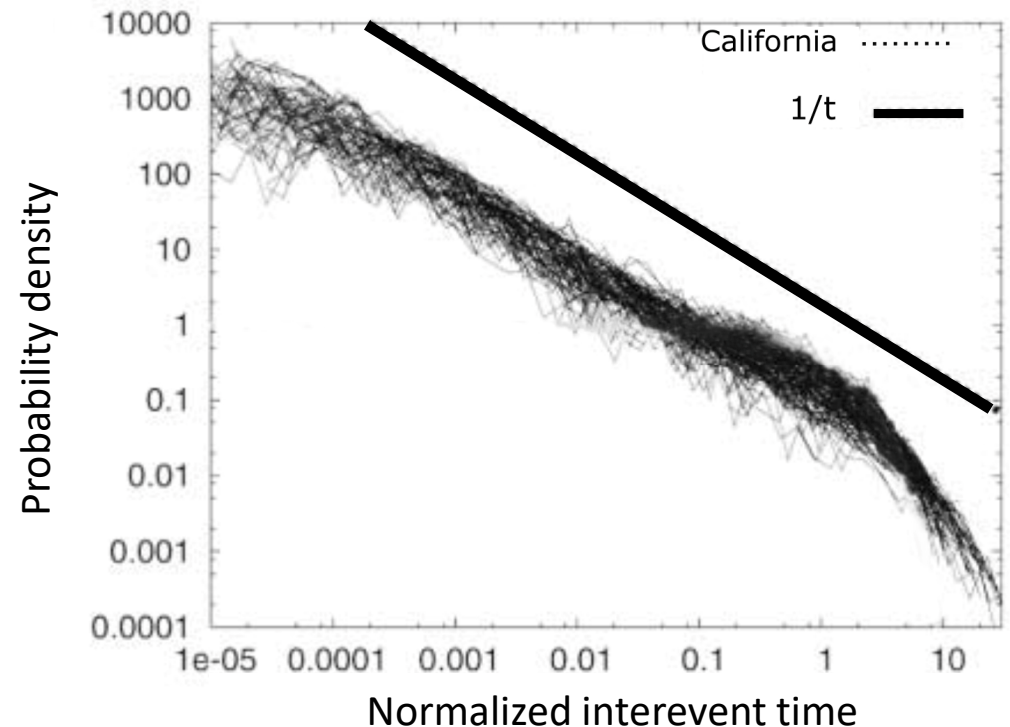
- $N(r)$  : nombre de paire de point distant d'une distance inférieur à  $r$
- $N_t$ : Nombre total de paires
- Traduit la capacité du nuage de point à remplir l'espace

[Grassberger and Procaccia,1983]



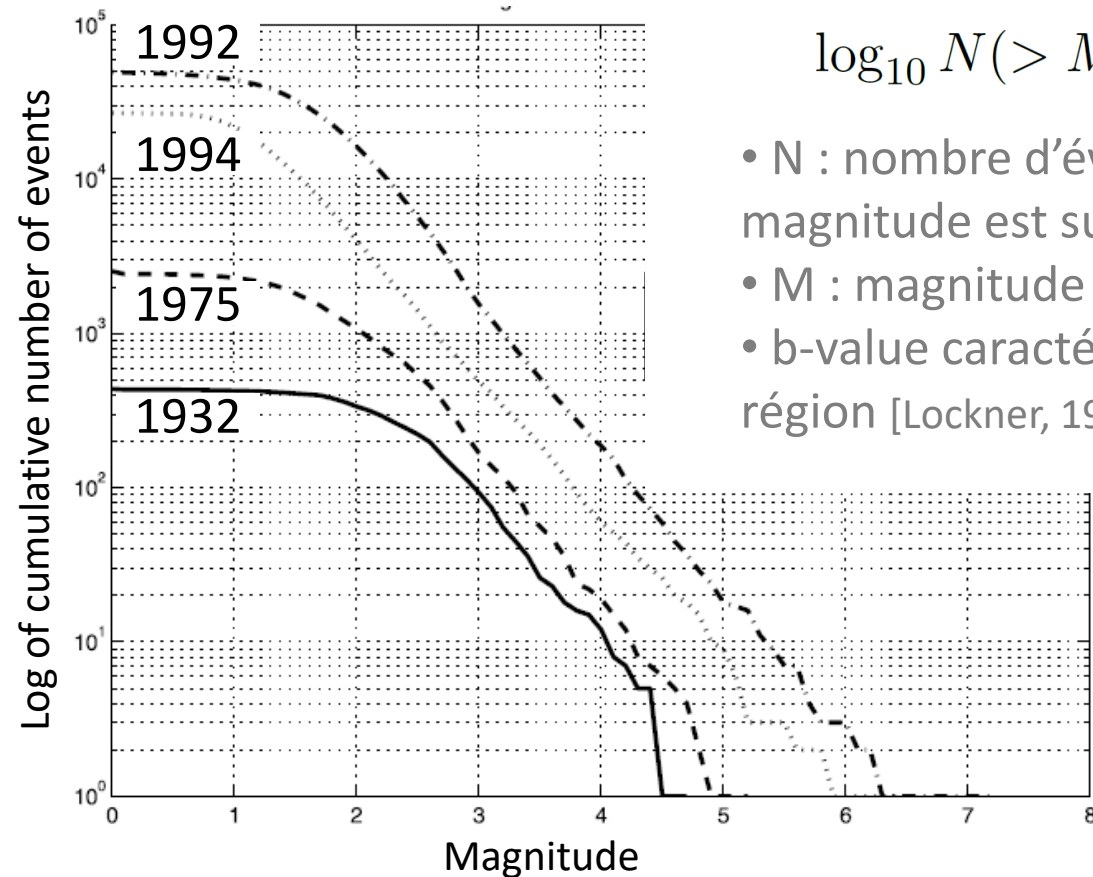
# Lois d'échelle: Analyse temporelle

- Répliques: Lois D'Omori (1894):  
 $N(t) \sim t^{-p}$ 
  - $p$ : (p-value) caractérise l'amortissement du nombre de réplique au court du temps
- Notez que la loi statistique couramment utilisée pour caractériser les événements indépendants est une loi de poisson



[Hainzl, 2006]

# Lois d'échelle: Analyse en Magnitude



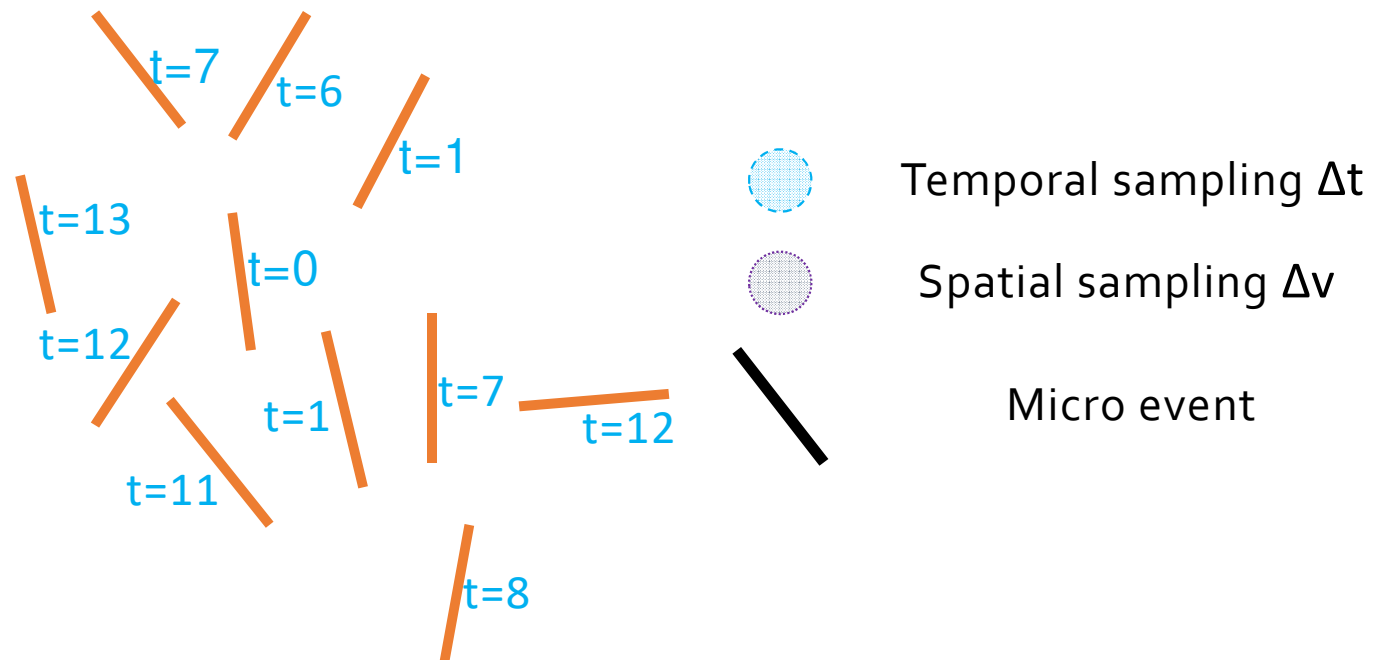
$$\log_{10} N(> M) = a - b M$$

- N : nombre d'événements dont la magnitude est supérieur à M
- M : magnitude
- b-value caractérise la sismicité d'une région [Lockner, 1993]

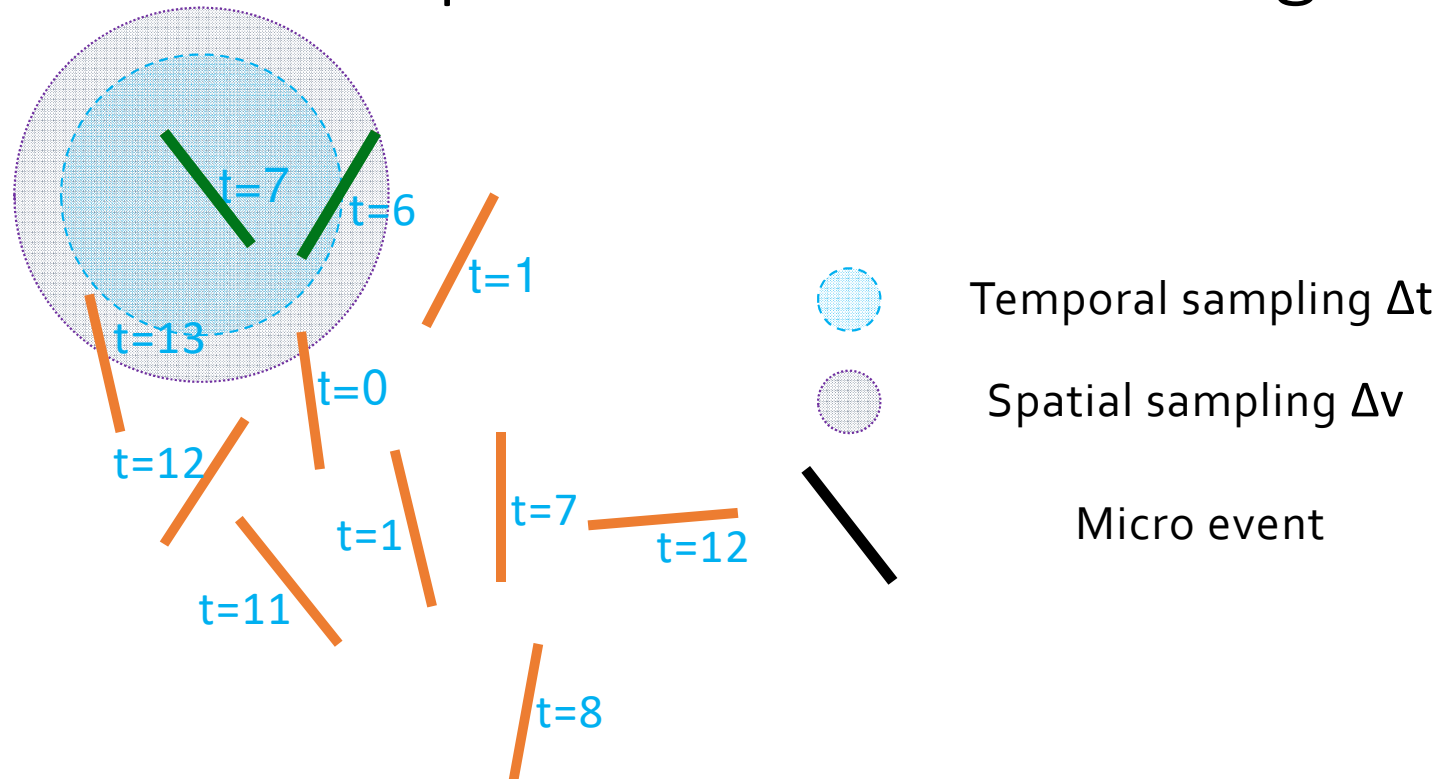
Data from South  
Californian seismic  
catalog

[Ouillon et al., 2005]

# Isolement des séquences ... declustering

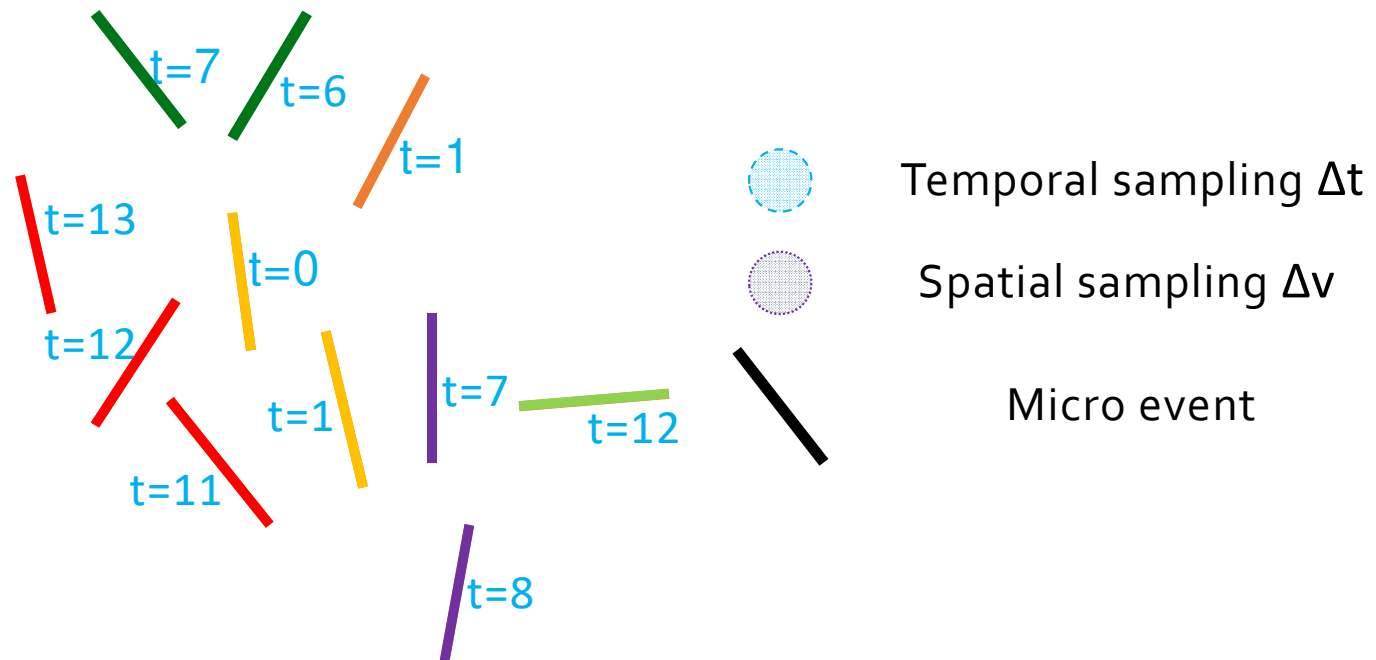


# Isolement des séquences ... declustering

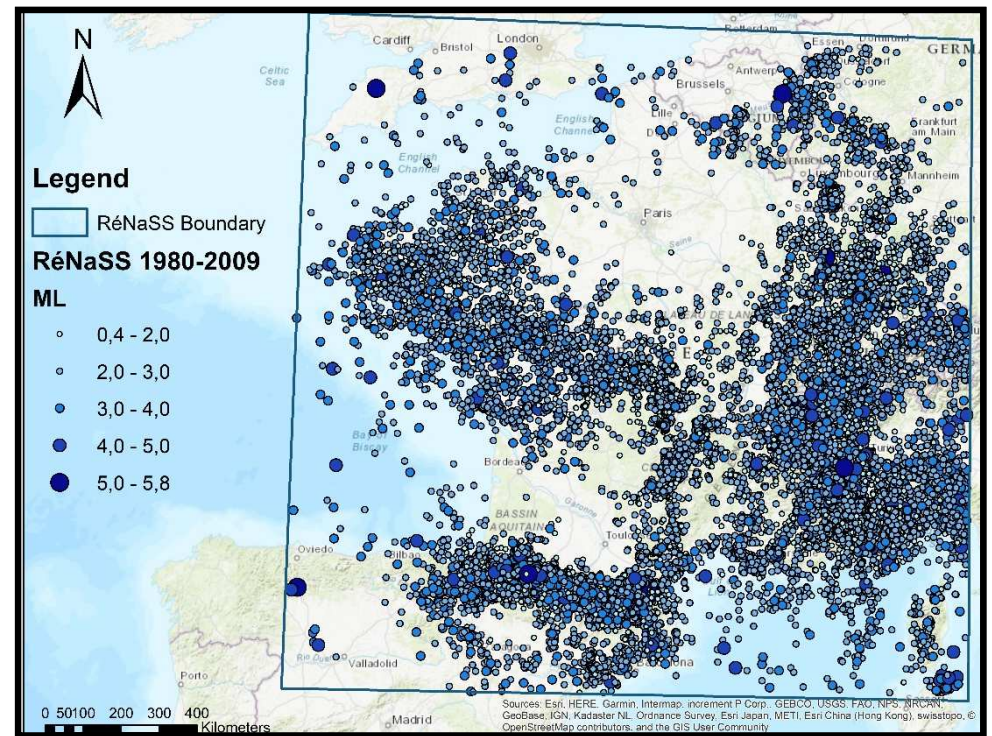




# Isolement des séquences ... declustering



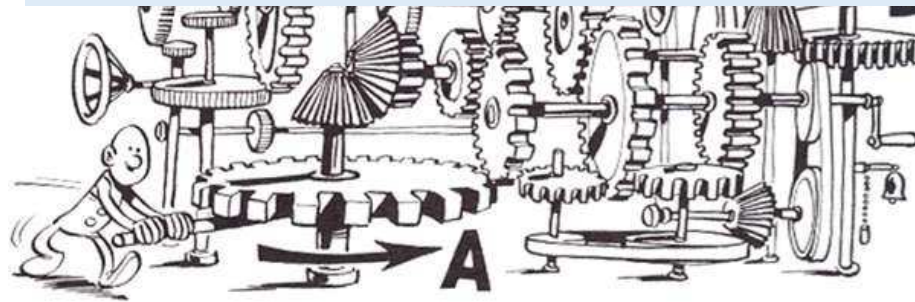
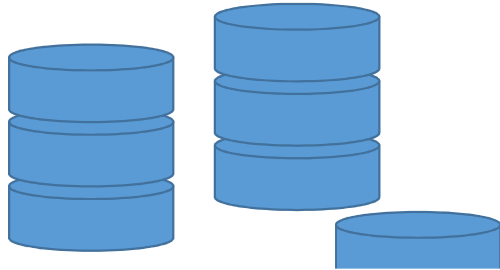
# Catalogue Sismique: Réseau National de Surveillance Sismique (RéNaSS)



# Big Data ... how big?

Data analysis / Declustering / Uncertainty management

Data



Process

Catalogue de séismes

X	Y	Z	Time	Magnitude
...	...	...	...	...
...	...	...	...	...

Time



Responsive time

# Sismicité naturelle - Problèmes à résoudre

- Filtrer le catalogue pour en extraire des informations pertinentes.
  - Extraire une séquence particulière
  - Extraire la sismicité de fond (séismes isolé hors séquences)
  - Extraire les main shocks (plus fort séismes d une séquences)
- Discuter l'homogénéité des données.
  - Proposer et discuter d'éventuels régionalisation
  - Visualiser les différentes populations et leurs caractéristiques.

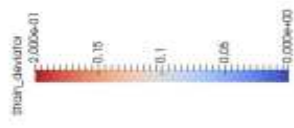
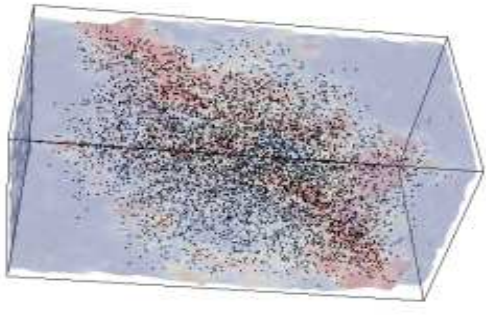
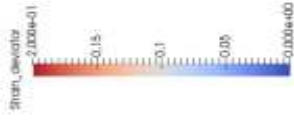
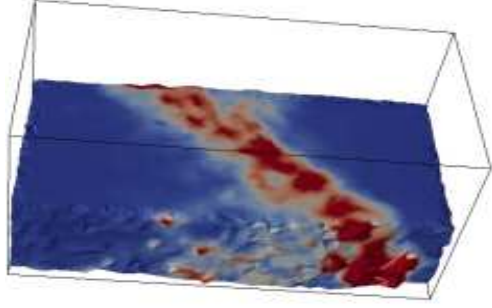
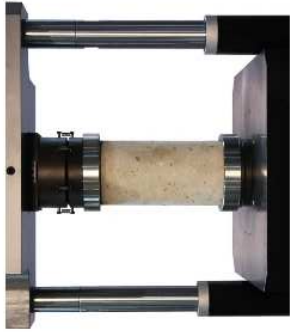
# Simuler la sismicité

Introduction aux éléments discrets (DEM)

Simulation de la réponse sismique à une sollicitation mécanique

Problèmes à résoudre

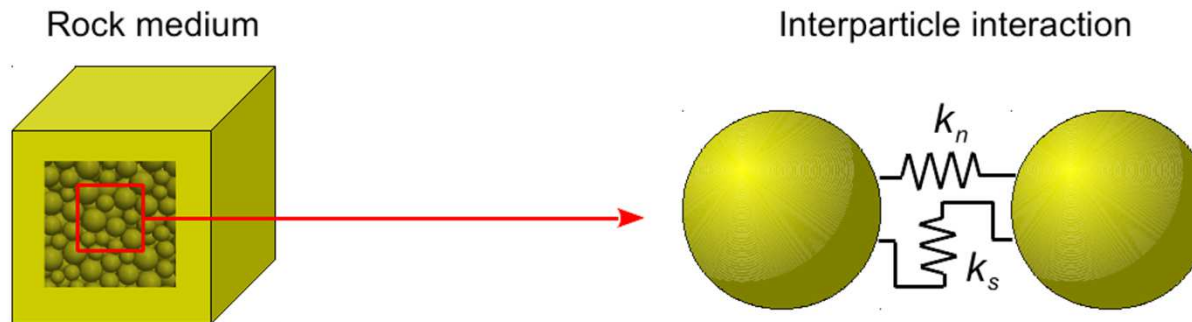




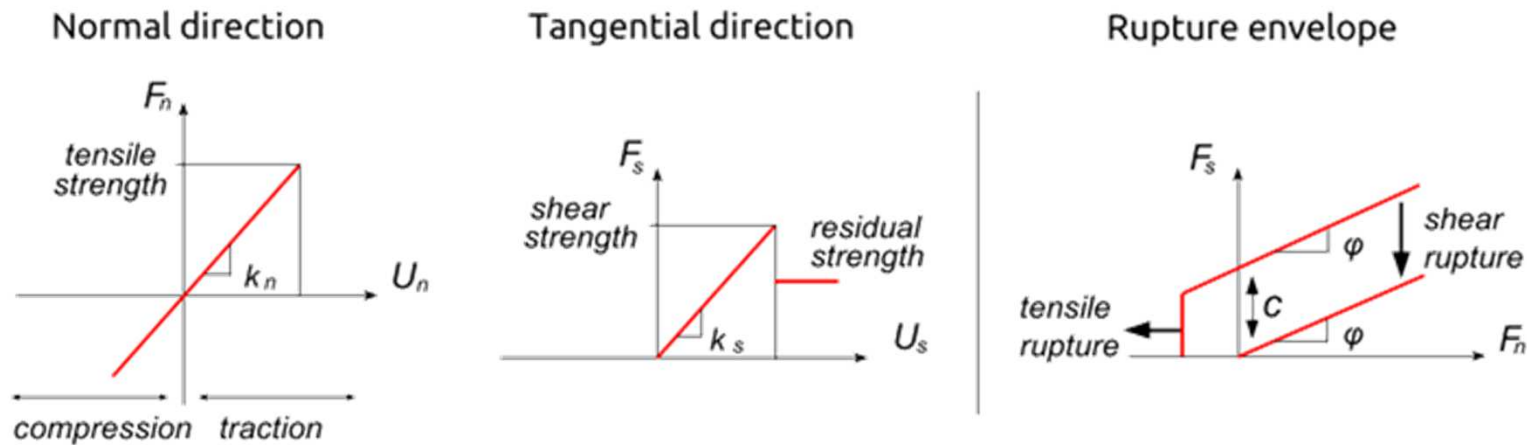
Cross-section of deformed state

Map of seismic events

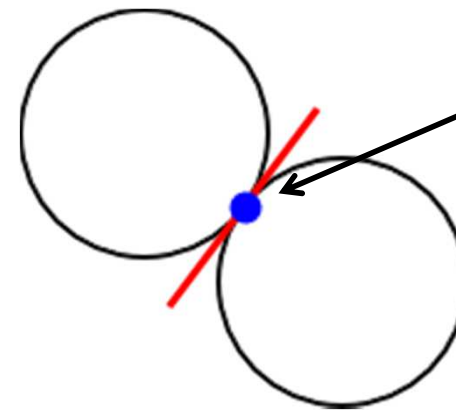
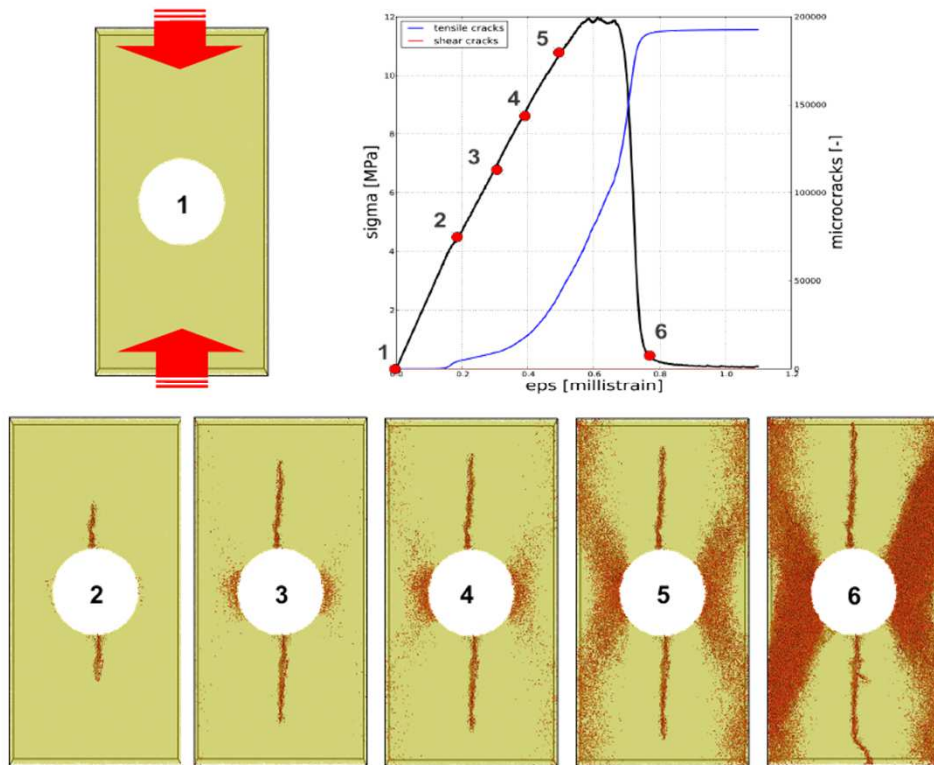
# Introduction au simulations DEM



- Lois de contacts entre particules



# Compression uni-axial par simulation DEM



**VOS INPUTS...**

**i:** itération d'occurrence

**p0, p1, p2:** position dans l'espace (x,y,z)

**t:** type d'événement (0 → mode I, 1 → mode II, 2 → glissements)

**s:** taille géométrique de l'événement

**norm 0, 1, 2:** vecteur normal au plan de rupture.

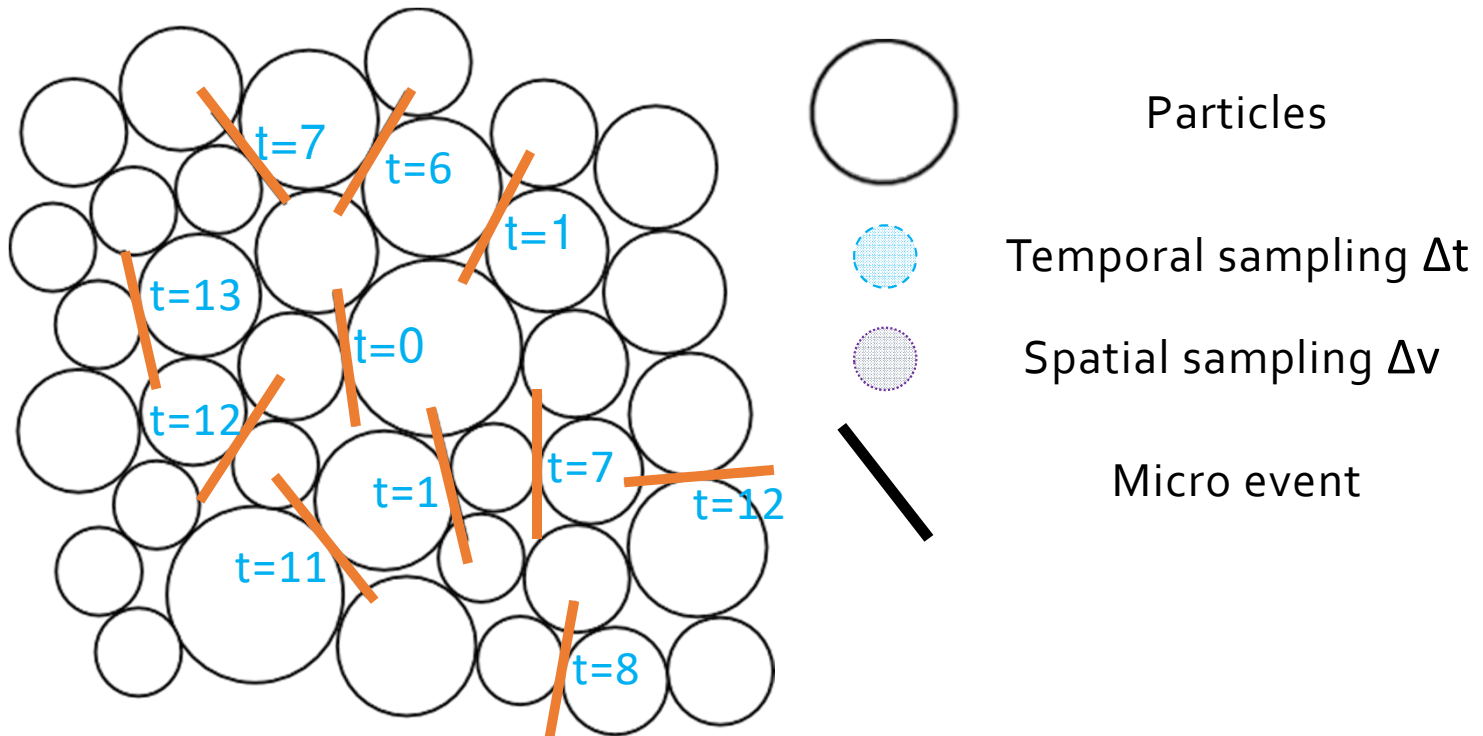
**E:** Energie libérée.

# Du microcrack à l'événement sismique

- Notion d'échelle:
  - Microcrack ... événement unitaire non enregistrable à cause de la sensibilité des capteurs.
  - Calculons la sismicité associée en regroupant les microcracks:
    - X,Y,Z de l'émission acoustique = barycentre des microcracks
    - t0 de l'émission acoustique = min (t0) des microcracks
    - E de l'émission acoustique = sum(E des microcracks)
- De l'énergie à la magnitude:
$$M_e = \frac{2}{3} \log E - 3.2$$

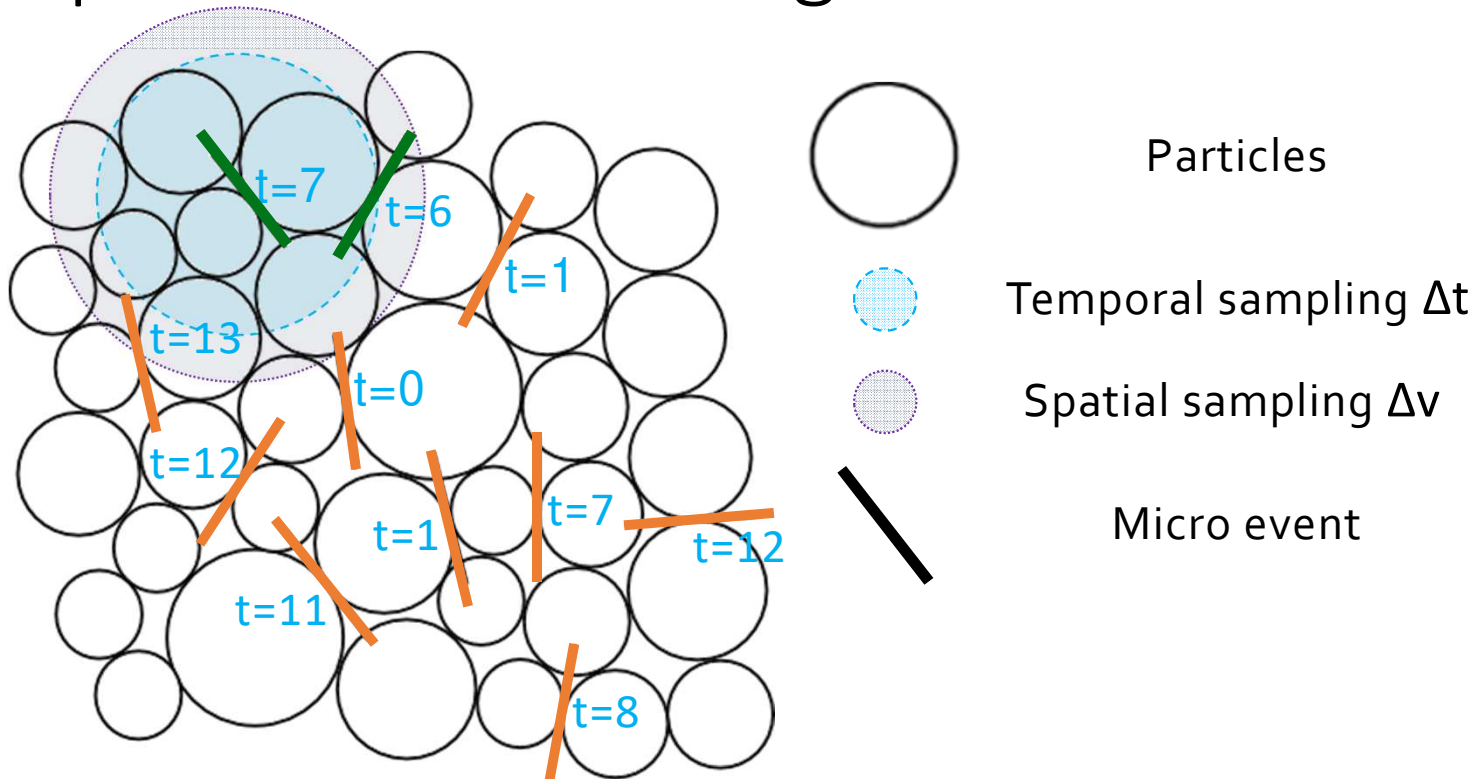
[Kanamori, 1977]

# Regroupement... clustering



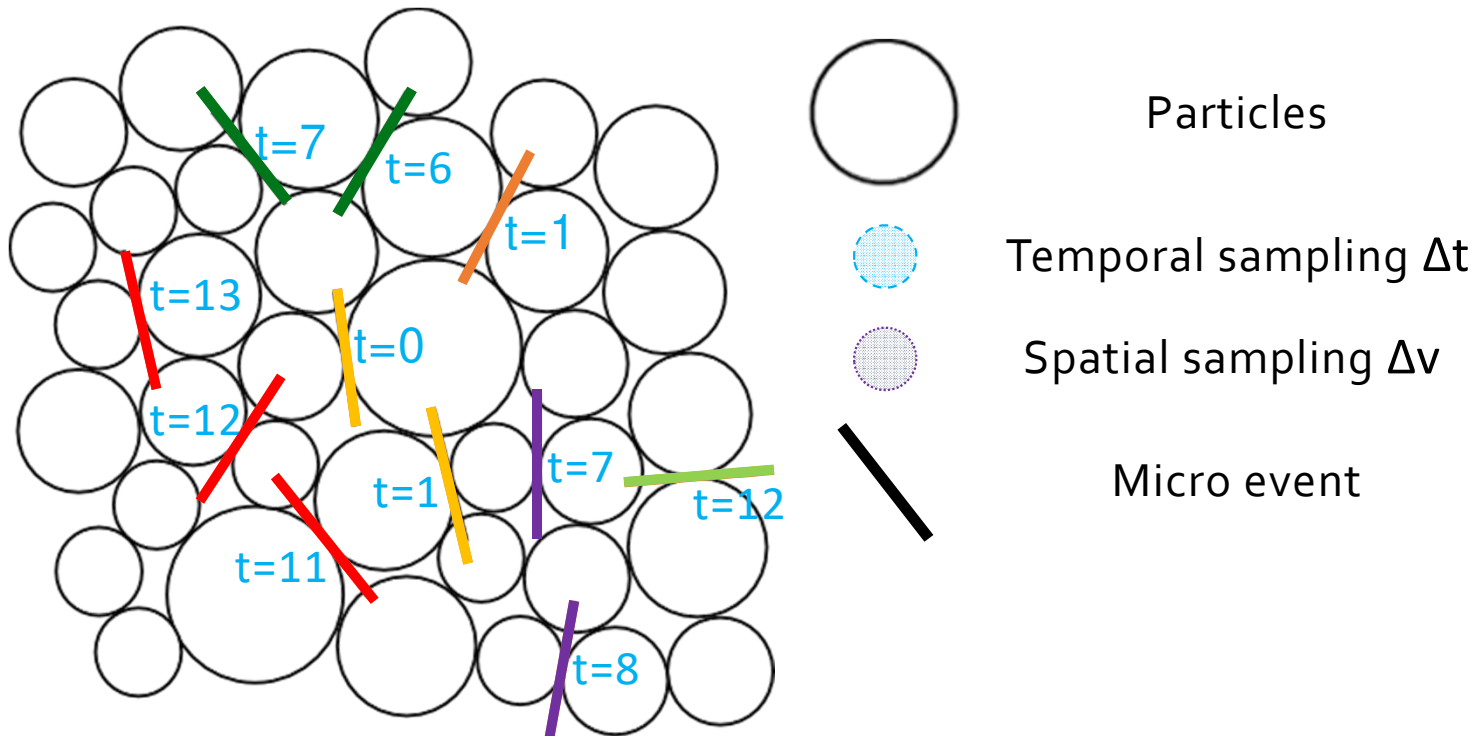
Modified from [Raguenel et al., 2015]

# Regroupement... clustering



Modified from [Raguenel et al., 2015]

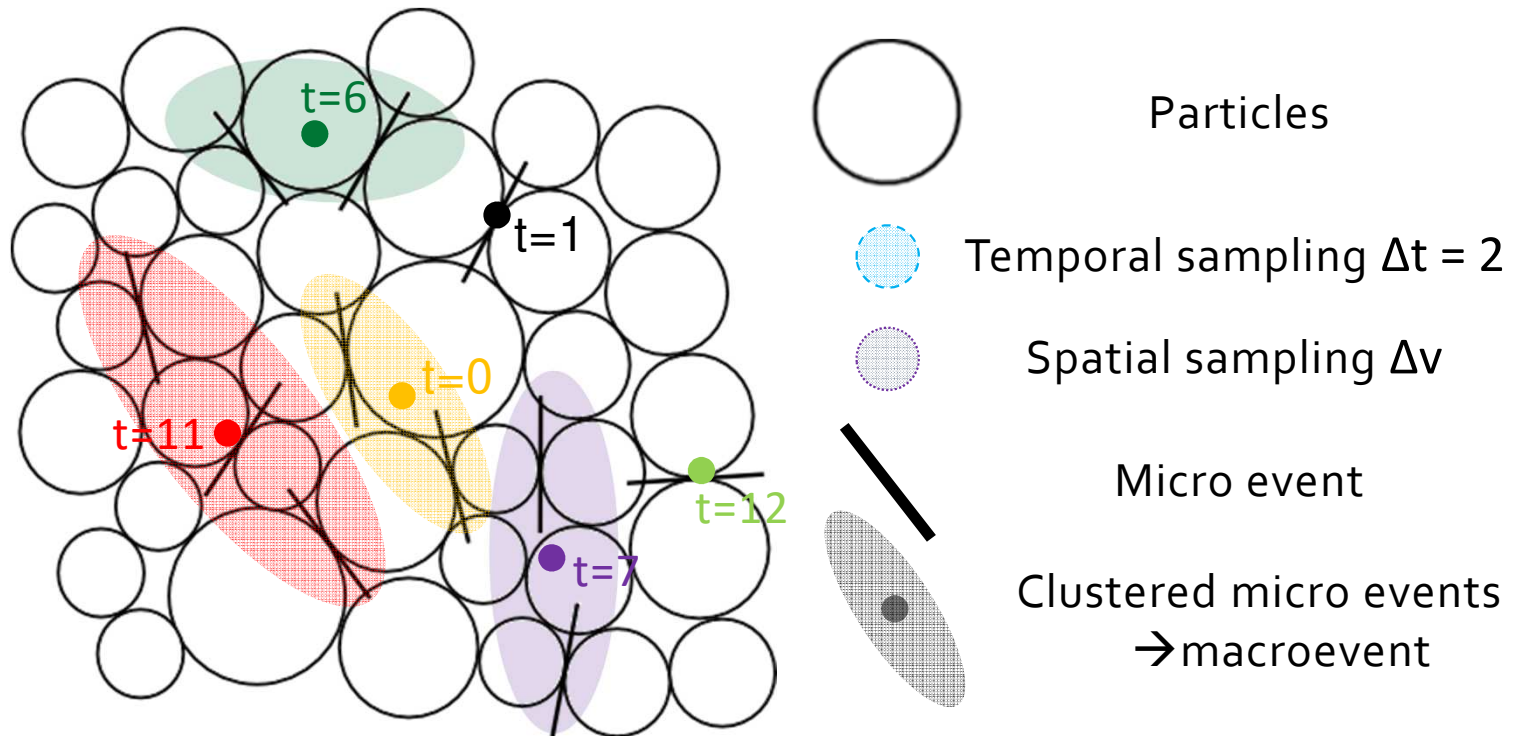
# Regroupement... clustering



Modified from [Raguenel et al., 2015]



# Regroupement... clustering



Modified from [Raguenel et al., 2015]

# Simulation DEM - Problèmes à résoudre

- Analyser les corrélations entre les événements générés
  - Fichiers sans les glissements entre particules 1609Ko (~100 000 microcracks)
  - Fichiers avec les glissements entre particules 5 Go (??? Pas d'ouverture possible avec un éditeur de texte)
- Pistes de réflexions
  - Calculer et afficher les lois d'échelle à partir des émissions acoustiques modélisées. Est-ce représentatif des lois d'échelles classiquement observé dans la nature?
  - Visualiser la géométrie des clusters, identifications des fissures de l'échantillon.

# Déroulement du projet

- 5 séances:
  - 04/01/2021: 14h-18h (4h)
  - 05/01/2021: 16h-18h (2h)
  - 06/01/2021: 14h-18h(4h)
  - 11/01/2021: 14h-18h(4h)
  - 18/01/2021: 16h- 18h(2h)
- Fin: 19/01/2021: 14h-18h (4h) → soutenance oral
- Travail en groupe: 5 groupes (3 personnes)

À vous de jouer...