

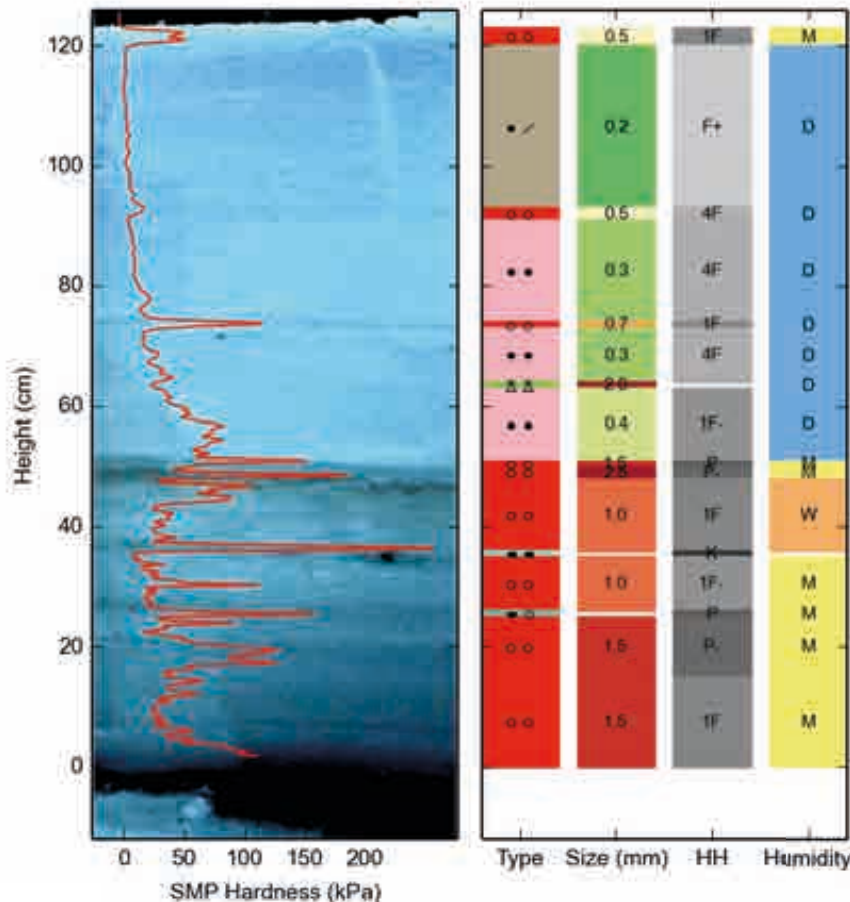


Caractérisation de la neige par test de pénétration du cône

Pascal Hagenmuller, CEN, CNRM, Météo-France - CNRS
Atelier Neige OSUG, le 8/03/2019

Le test de pénétration du cône

- Principe : mesurer la force nécessaire pour enfoncer un cylindre avec une pointe conique dans un matériau

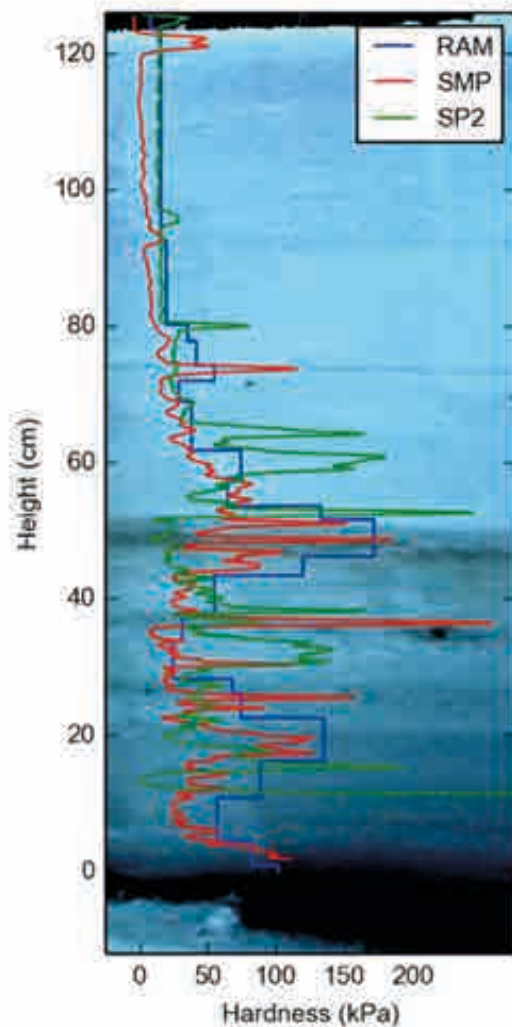


- Très utilisé en mécanique des sols, utilisé depuis 1930 pour caractériser la stratigraphie du manteau neigeux, principalement à des fins de prévision d'avalanche.
- Mesure objective d'une propriétés mécaniques très sensible aux propriétés structurales (densité, ponts, etc.) et thermiques (teneur en eau liquide) des couches
- Test « simple » compatible avec des mesures terrain

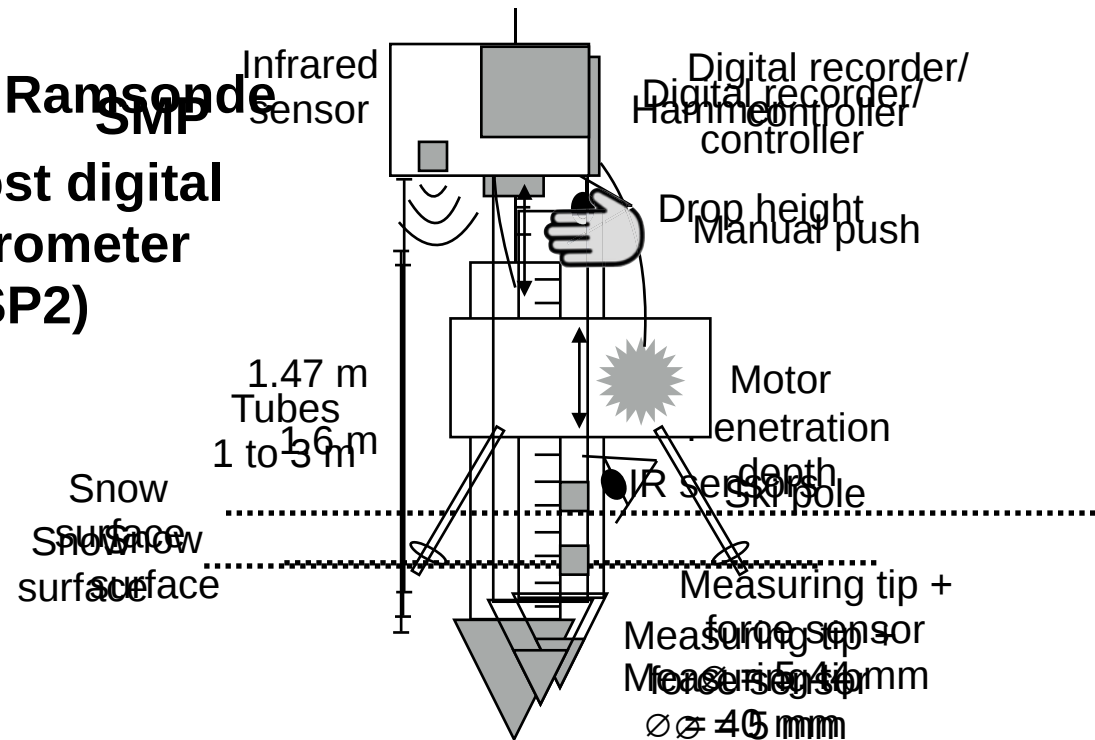
Plan de la présentation

- Différents pénétromètres
- Caractérisation de la variabilité du manteau neigeux
- Inversion du profil de résistance à l'enfoncement vers des propriétés microstructurelles

Différents pénétromètres



Ramsonde SMP Low cost digital penetrometer (SP2)



Weight: 0.5 kg

Price: 5000 €

Instrument size : 150 x 100 x 100 mm

Measurement duration: 100 s

Drawbacks:

Very fragile and size
low resolution
Time consuming
Time consuming

Quantification de la variabilité spatiale du manteau neigeux

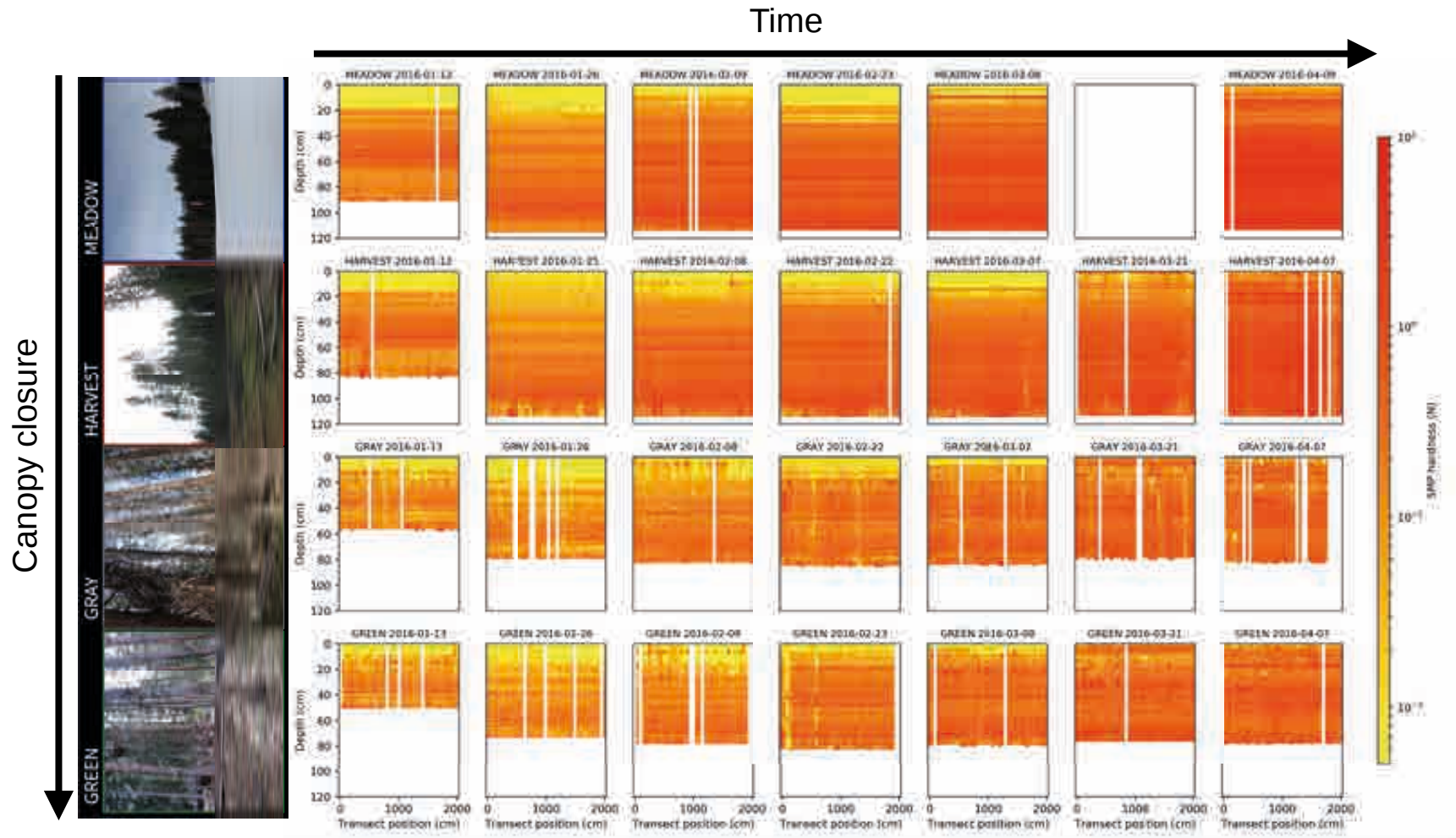
(collab. M. Teich, Utah State University)

- Question : comment les attaques de scarabée (bark beetle) peuvent affecter les fonctions de protection passive des forêts contre les avalanches ?

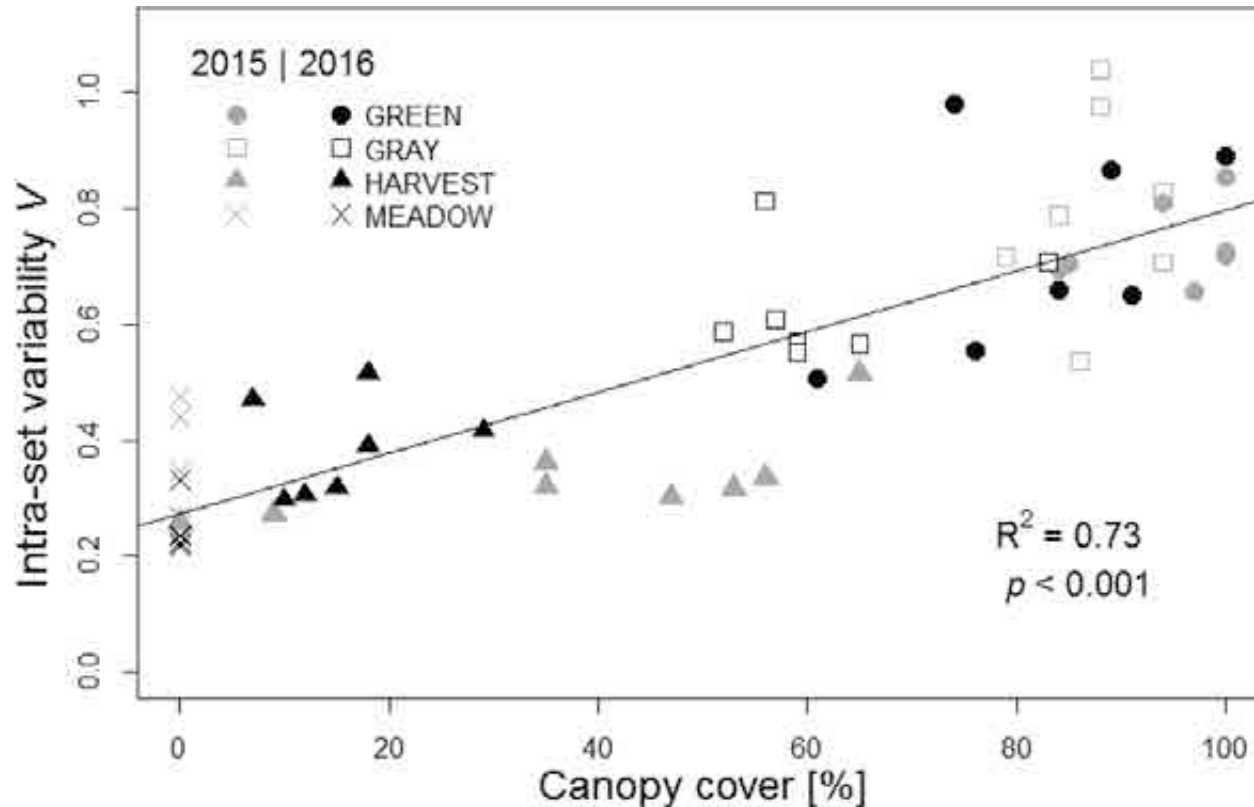


- Hypothèse : un manteau homogène le long de la pente est plus propice à la formation d'avalanche (continuité de la structure de plaque)
- Question spécifique : quelle est l'influence de la présence de scarabées sur la variabilité spatiale du manteau neigeux?

Quantification de la variabilité spatiale du manteau neigeux (collab. M. Teich, Utah State University)

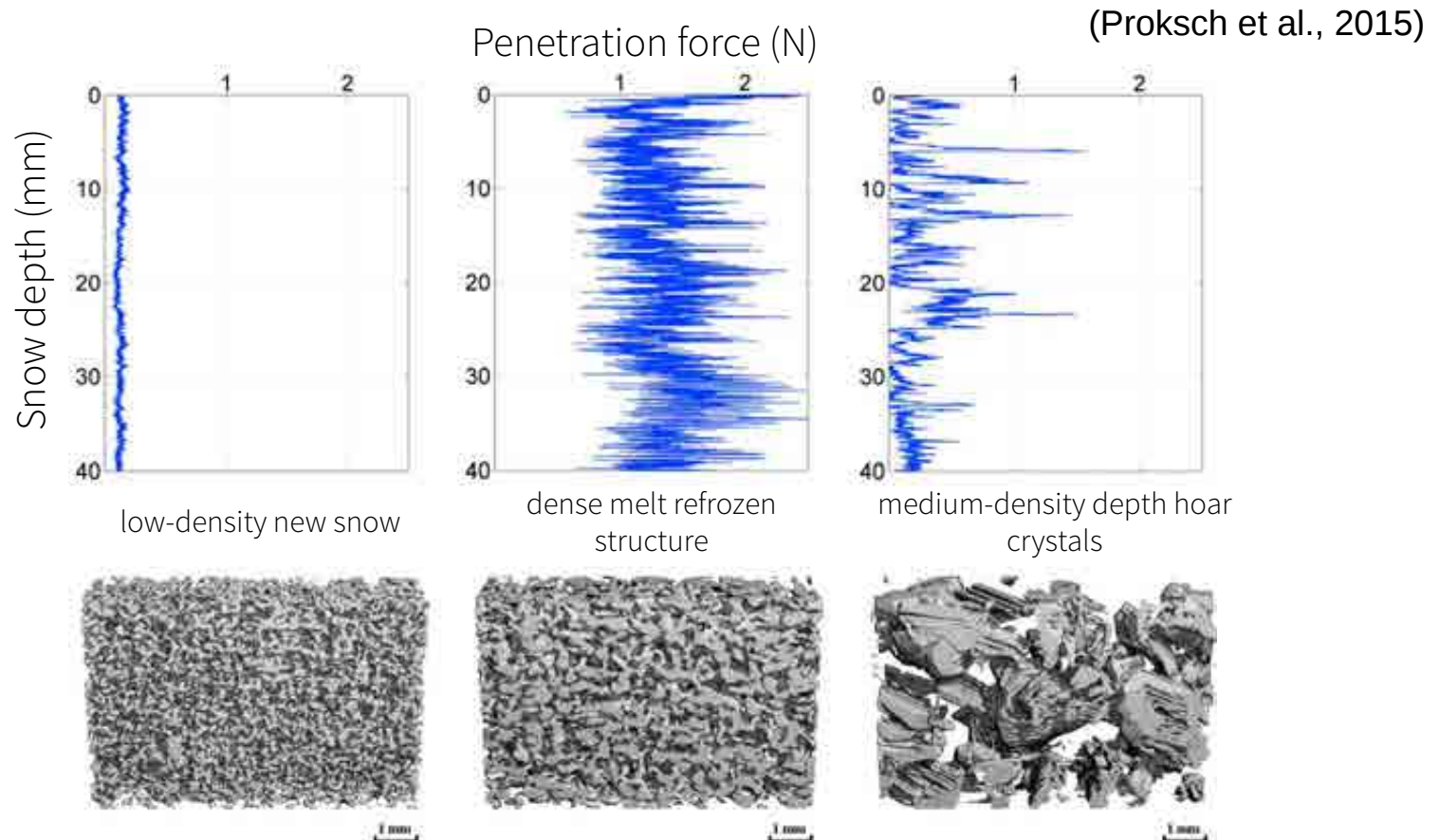


Quantification de la variabilité spatiale du manteau neigeux (collab. M. Teich, Utah State University)



- Résultat :
 - la variabilité spatiale du manteau neigeux croît avec le couvert forestier.
 - l'impact des scarabées se traduit par une diminution du couvert forestier sans effet propre marqué.

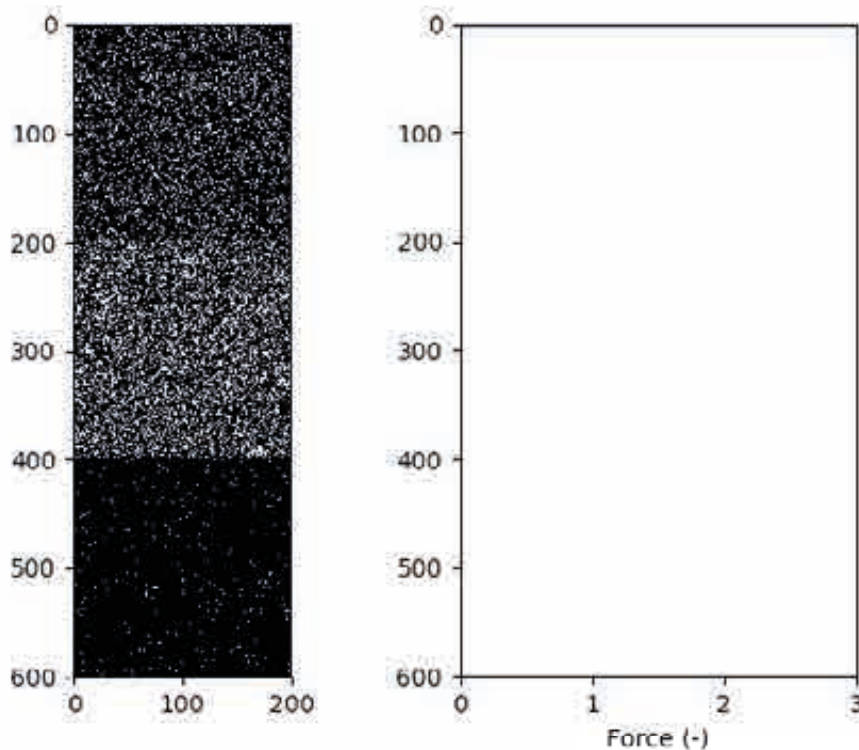
Inversion du signal de résistance (PhD I. Peinke)



- Question : comment exploiter les fluctuations de résistance à l'enfoncement pour remonter à des informations sur la microstructure de la neige ?

Inversion du signal de résistance (PhD I. Peinke)

- Modèle existant = shot noise model by Löwe and van Herwijnen (2011):
 - force = la somme de ruptures indépendantes
 - ruptures distribuées aléatoirement selon une loi de Poisson (lambda)
 - ruptures identiques, élastiques fragiles (f0, delta)
 - (lambda, f0, delta) constant par morceau



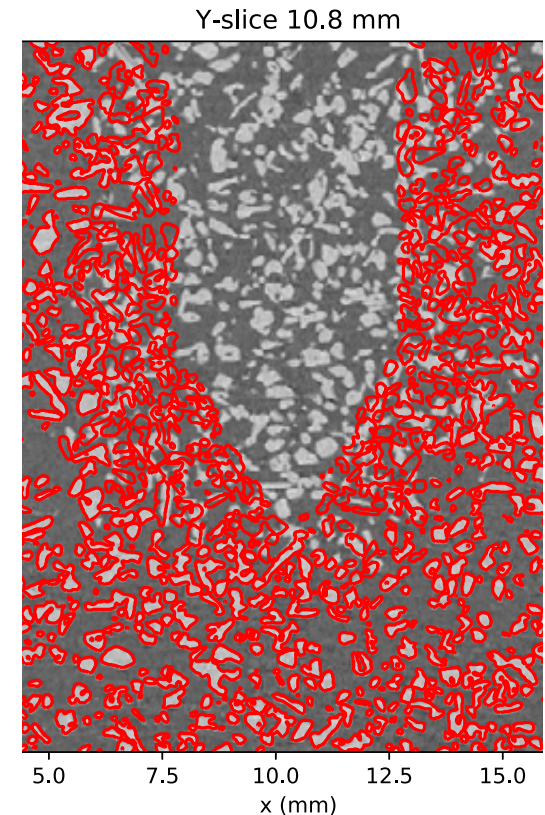
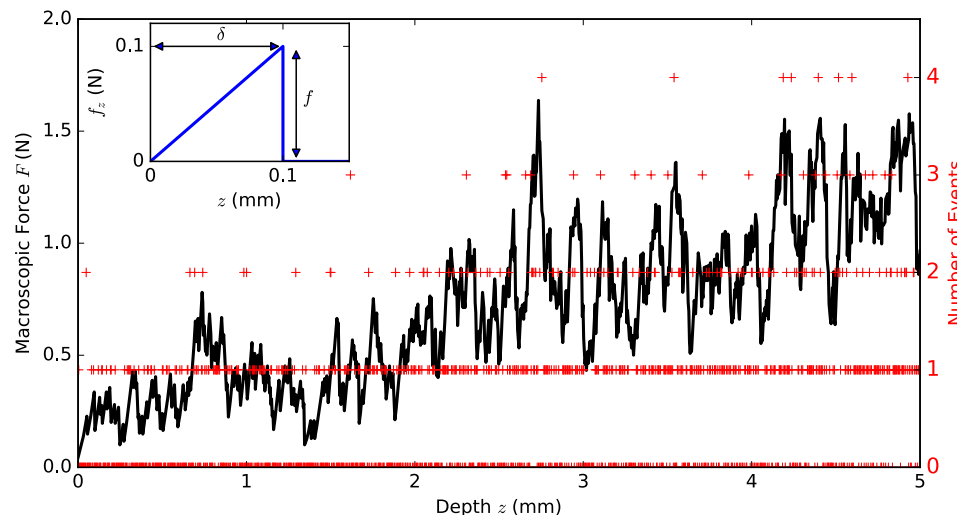
$$\kappa_n(z) = \frac{f^n \delta \lambda}{n + 1}$$

$$C(z, z + r, |r| < \delta) = f^2 \delta \lambda \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{2} \frac{|r|}{\delta} + \frac{1}{6} \frac{|r|^3}{\delta^3} \right)$$

Inversion du signal de résistance (PhD I. Peinke)

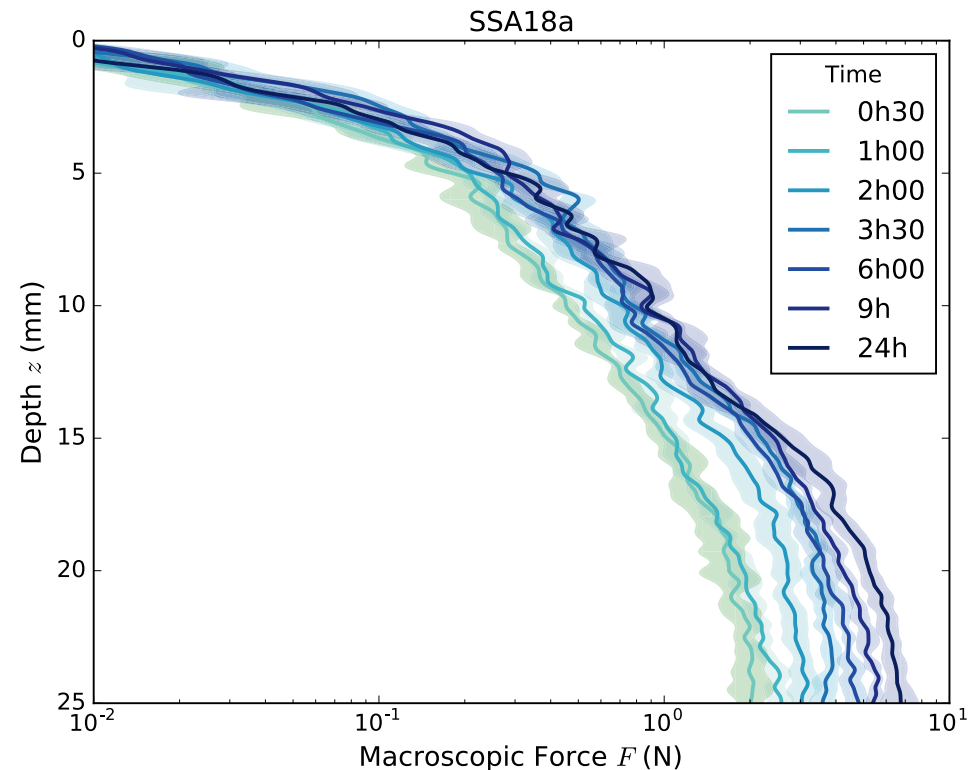
- Modèle proposé
 - zone de compaction se forme progressivement en pointe du cône (~40 mm)
 - augmentation progressive de la force bien que les propriétés des ponts soient constantes
 - nombre de rupture n'est plus nécessairement constant avec la profondeur
 - -> modèle de Poisson non homogène

$$\kappa_n(z) = \frac{f^n \delta \lambda_z(z)}{n+1} \quad \text{and} \quad C(z, z+r, |r| < \delta) = f^2 \delta \lambda_z(z) \left(\frac{1}{3} - \frac{1}{2} \frac{|r|}{\delta} + \frac{1}{6} \frac{|r|^3}{\delta^3} \right)$$

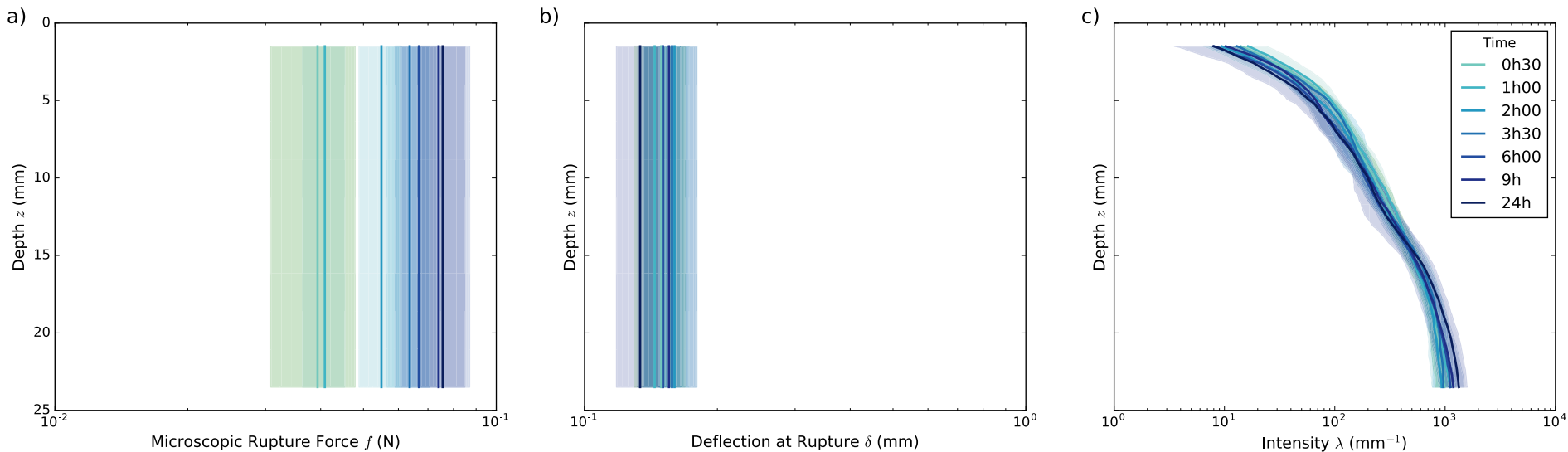


Inversion du signal de résistance (PhD I. Peinke)

- Evaluation sur une expérience de frittage
 - Neige à gros grains fins (RGIr)
 - Après tamisage, SMP pour t entre 0.5 et 24h sur plusieurs échantillons
 - Sur ce type de neige, uniquement une évolution de l'adhésion entre ponts



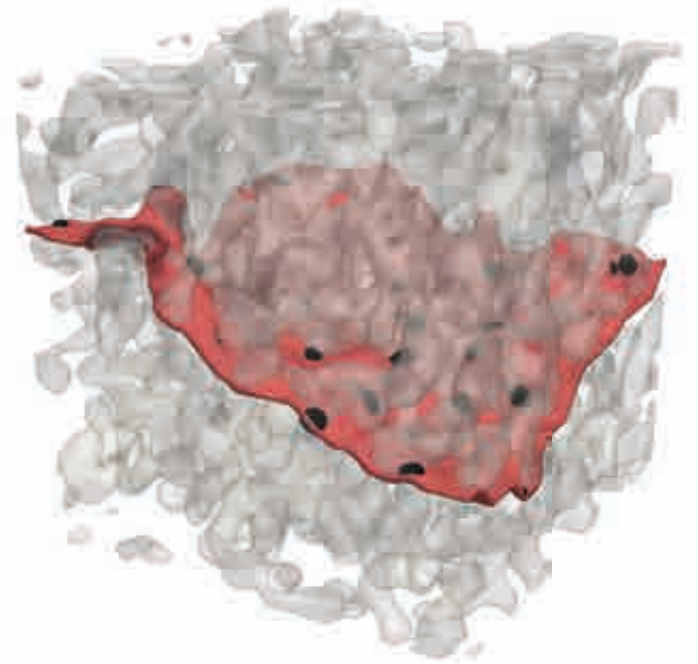
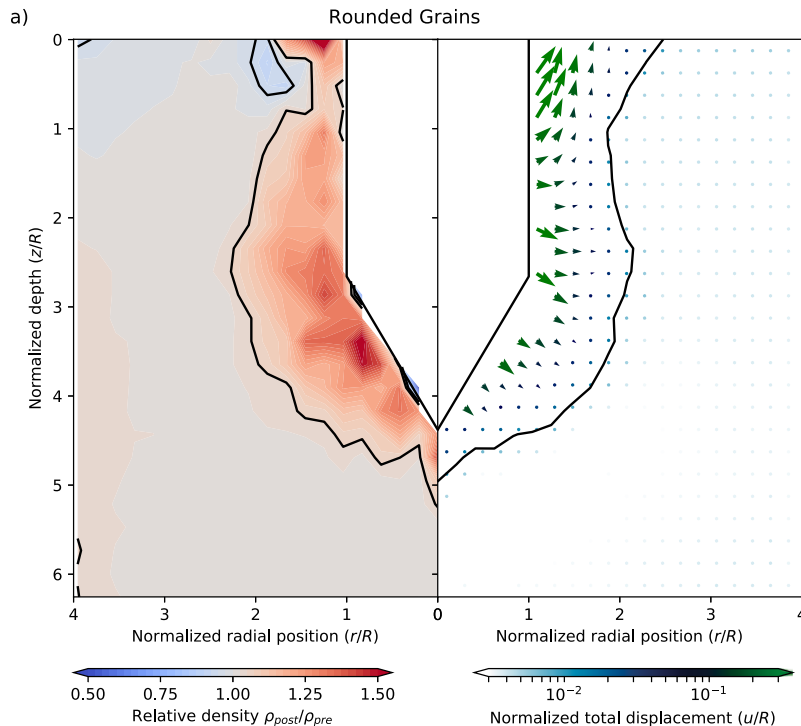
Inversion du signal de résistance (PhD I. Peinke)



- Résultat : partition de l'évolution verticale et temporelle en
 - hétérogénéité verticale expliquée par l'évolution de λ (nombre de cassure / par pas d'enfoncement) -> cohérent avec la formation d'une zone de compaction en pointe de cône
 - évolution temporelle portée uniquement par l'évolution de f_0 (force à la rupture des contacts) -> cohérent avec le frittage de grains dont la forme n'évolue pas.

Inversion du signal de résistance (PhD I. Peinke)

- Perspectives (voir soutenance I. Peinke)
 - champ de déformation en pointe de cône
 - expériences couplées tomographie / SMP : taille des ponts explicite



Conclusion

- Différents pénétromètres:
 - Réseau vivo-météo : sonde de battage robuste faible résolution
 - Recherche : SMP fragile, haute résolution
 - Entre : rien de satisfaisant
- Caractérisation de la variabilité du manteau neigeux
 - SMP : test rapide répétable, compatible terrain
 - Méthode avancée pour quantifier variabilité
- Inversion du profil de résistance à l'enfoncement vers des propriétés microstructurelles
 - Etat de l'art = shot noise
 - Découplage évolution propriétés ponts et évolution nombre de rupture
 - Evaluation indirecte sur frittage : ok
 - Evaluation avec tomographie : en cours

Merci de votre attention

Questions

Annexe

