



Universiteit Utrecht

Epaisseur des transitions de phase, couches à faible vitesse et rapport V_p/V_s dans la zone de transition sous l'ouest des USA

Benoît Tauzin
Jeannot Trampert

Universiteit Utrecht,
The Netherlands



Universiteit Utrecht

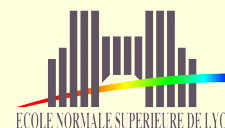
Rob van der Hilst

Massachusetts Institute of Technology,
Boston, U.S.A.



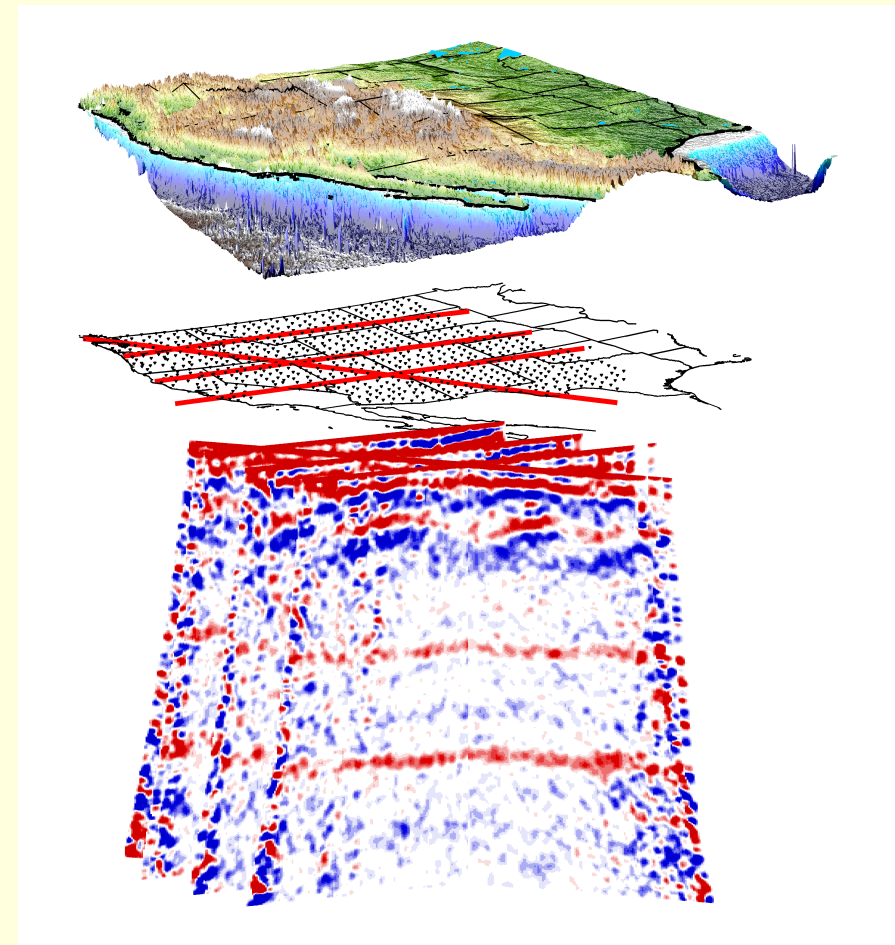
Eric Debayle

Ecole Normale Supérieure de Lyon,
France

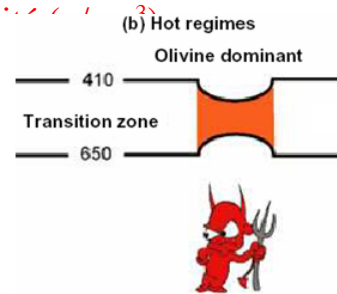
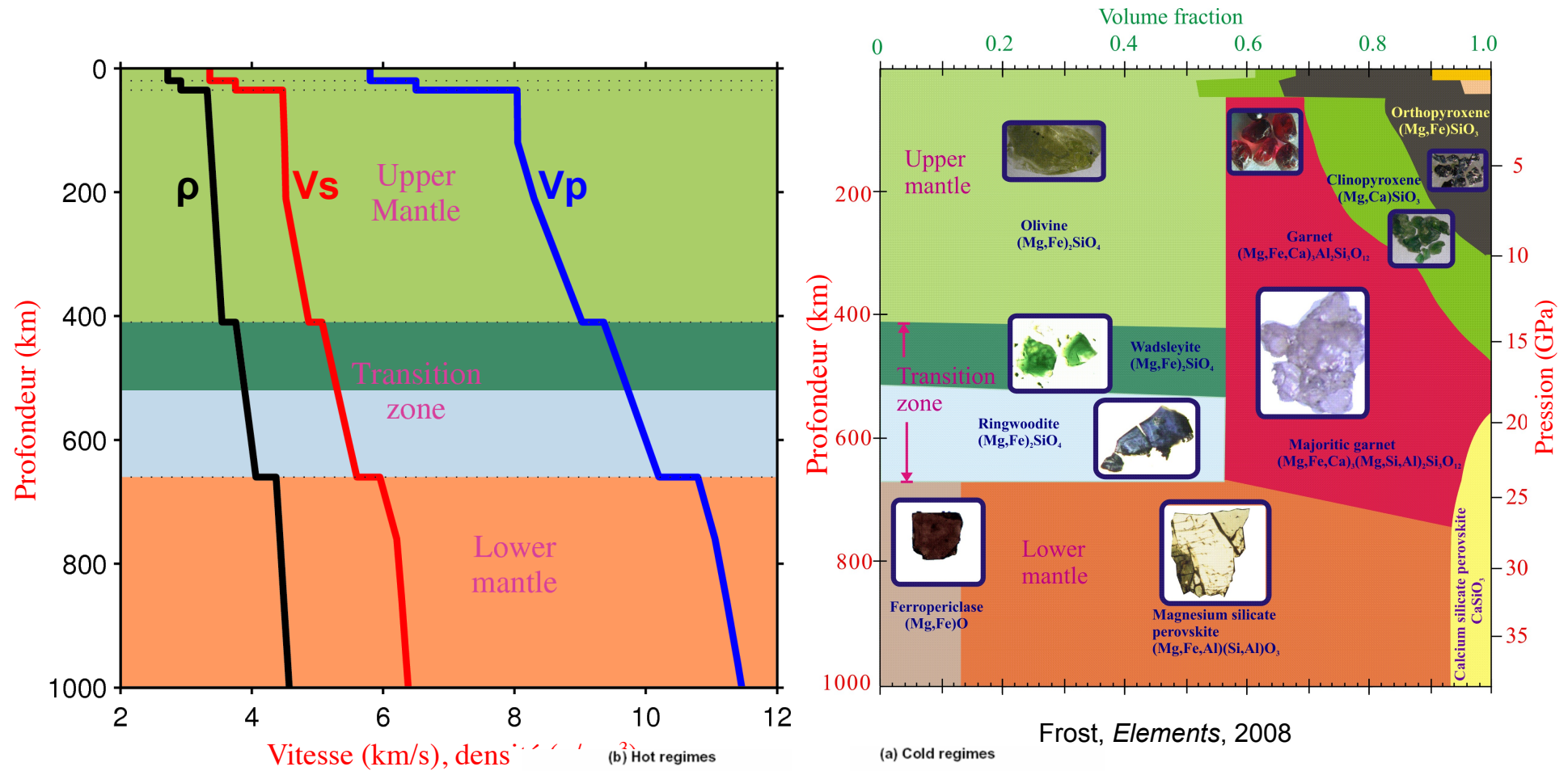


Gérard Wittlinger

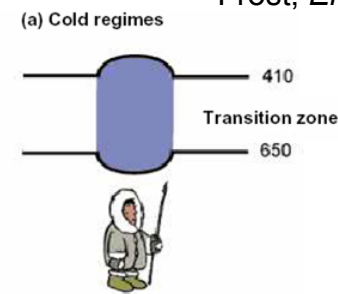
Institut de Physique du Globe de Strasbourg,
Université de Strasbourg, France



La zone de transition du manteau (MTZ)



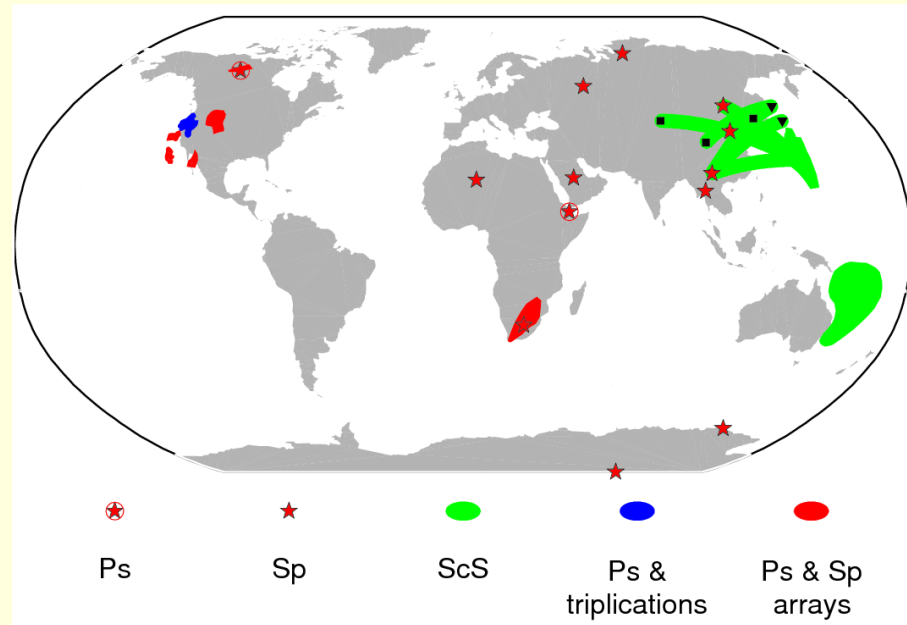
Foulger,
www.mantleplume.org



Foulger,
www.mantleplume.org

Le sommet de la MTZ : Une région énigmatique

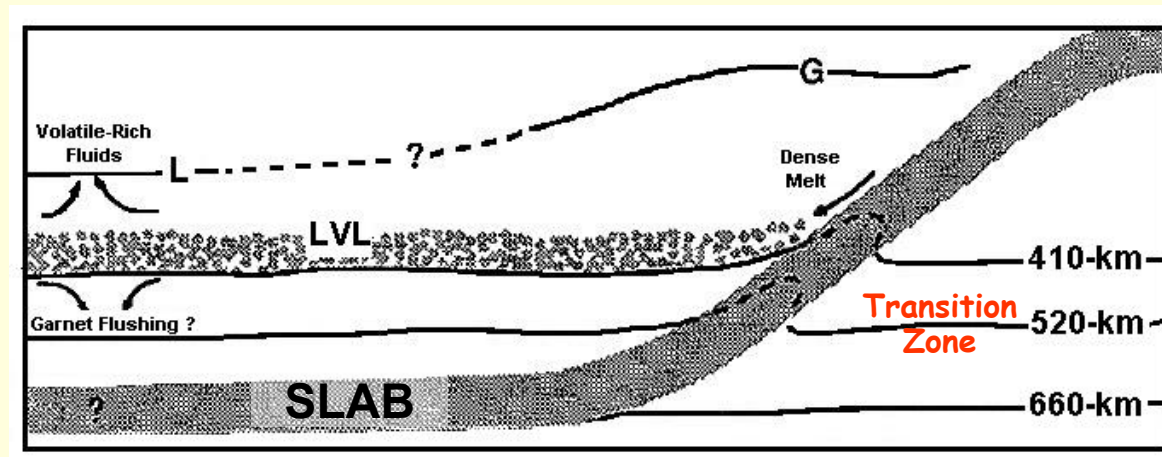
Couches à faible vitesse (LVL)



Fusion partielle.

Revenaugh & Sipkin, *Nature*, 1994; Vinnik & Farra, *EPSL*, 2007; ...

Le sommet de la MTZ : Une région énigmatique



Revenaugh & Sipkin, *Nature*, 1994

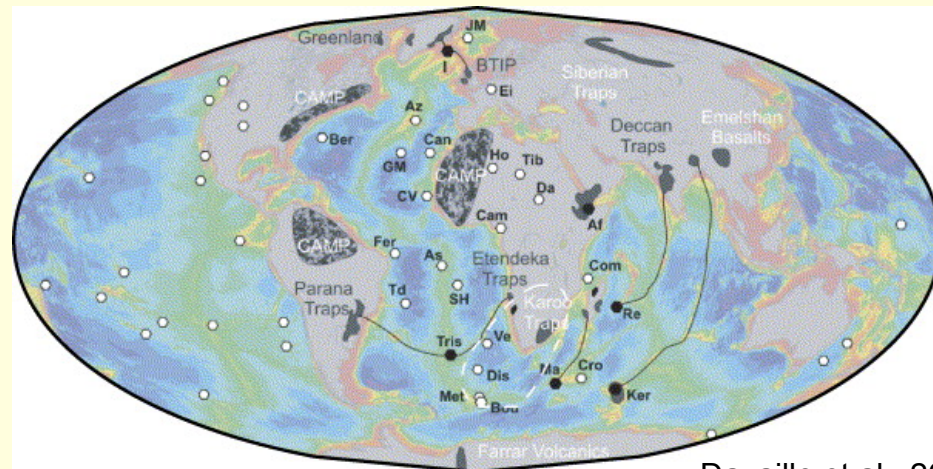
Déshydratation de plaques subductées.

Revenaugh & Sipkin, *Nature*, 1994; Song & Helmberger, *Nature*, 2004; ...

→ Corrélation géographique avec zones de subduction profonde

Le sommet de la MTZ : Une région énigmatique

Grandes provinces ignées (LIPs)



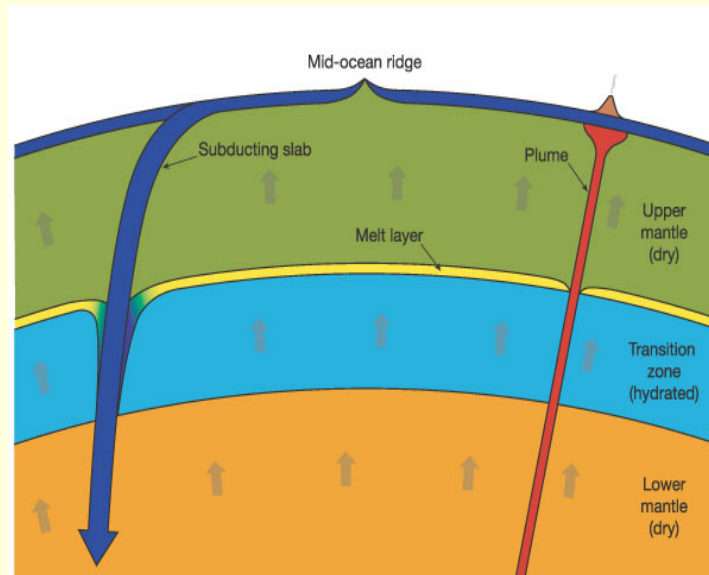
Davaille et al., 2005

Effet de l'eau et de températures élevées

Vinnik & Farra, EPSL, 2007

→ Corrélation géographique avec les LIPs, les panaches mantelliques au voisinage des plateformes continentales.

Le sommet de la MTZ : Une région énigmatique



Le modèle de filtre en eau de la zone de transition (TZWF)

Bercovici & Karato, *Nature*, 2003

Une couche de fusion partielle presque omniprésente au-dessus de la "410"

- Due à un contraste de capacité de stockage de l'eau dans les minéraux du manteau.
- Fine couche au-dessus de la "410" (< 20 km).
- Amincissement de la couche au voisinage des panaches mantelliques.

Mais aussi des couches à faible vitesse dans la zone de transition !!!

(Vinnik et al., *GRL*, 2004; Vinnik et al., *GJI*, 2005; Vinnik & Farra, *GRL*, 2006; Heit et al., *GJI*, 2010; ...)



Plan

Résultats

Partie I : Couches à faible vitesse au-dessus de la discontinuité à 410-km, une perspective globale.

Partie II : Couches à faible vitesse sous l'ouest des USA.

Perspectives

Partie III : Epaisseur des discontinuités de la zone de transition sous l'ouest des Etats-Unis.

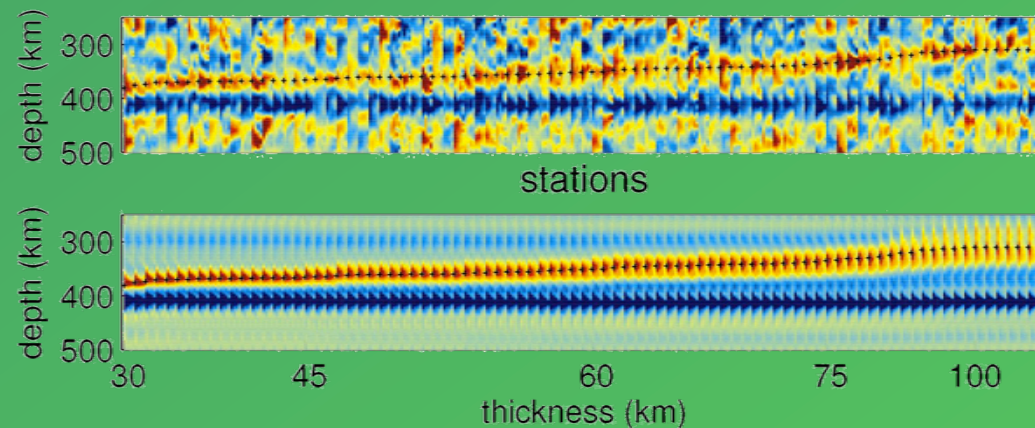
Partie IV : Vers une contrainte du rapport V_p/V_s dans la zone de transition.

Et ensuite...



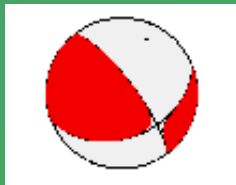
Partie I

Couches à faible vitesse au-dessus de la discontinuité à 410-km, une perspective globale.



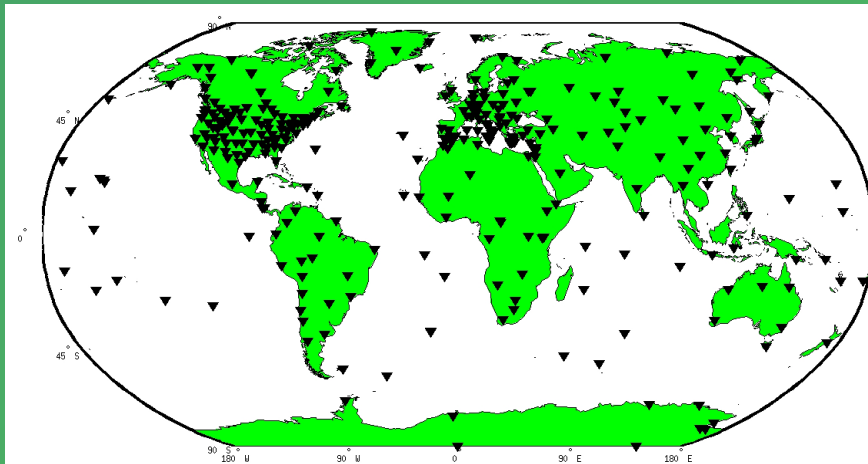
Tauzin et al., *Nature Geoscience*, 2010

Données sismologiques

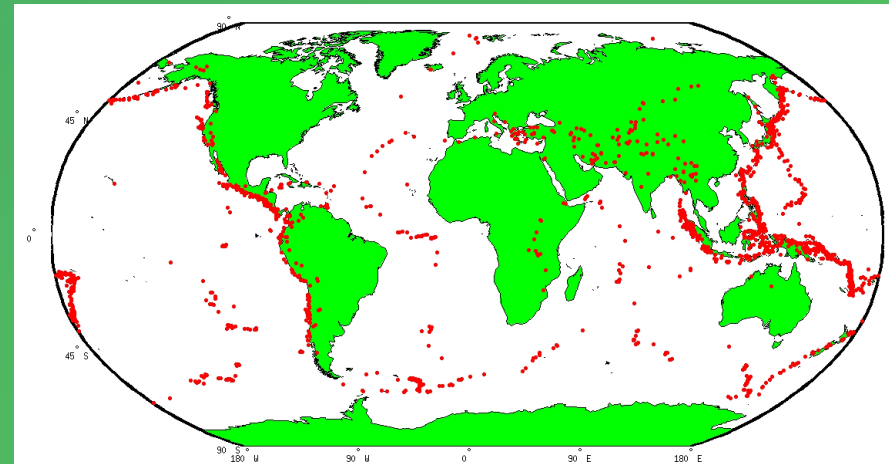


Incorporated Research Institutions for Seismology. Consortium de recherche universitaire dédié à l'exploration de l'intérieur de la Terre à travers la collecte et la distribution de données sismologiques.

Le catalogue **Global Centroid Moment Tensor**. Détermination systématique à l'échelle globale et avec un délai de 2 à 4 mois des profondeurs, localisations et tenseurs du moment pour les séismes de magnitude $M > 5$.

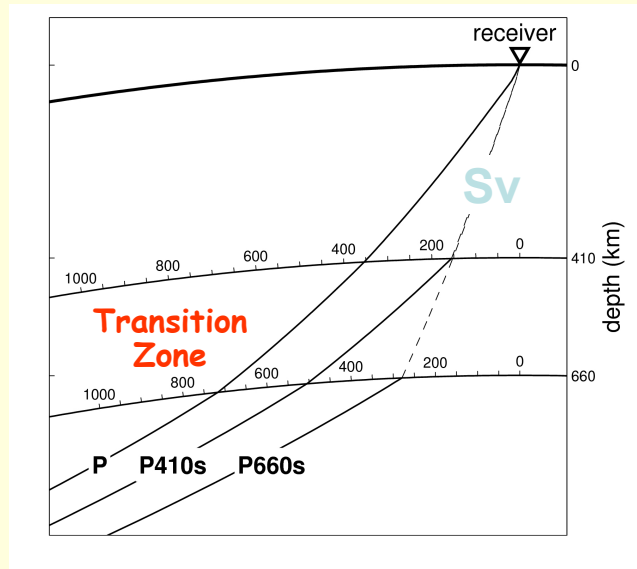


Stations provenant
d'IRIS

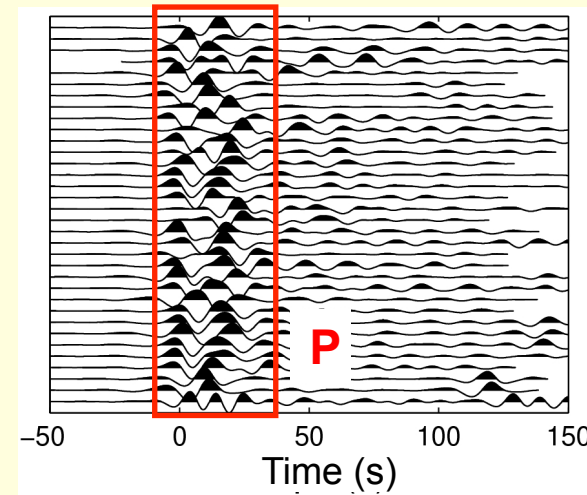


Séismes du catalogue CMT

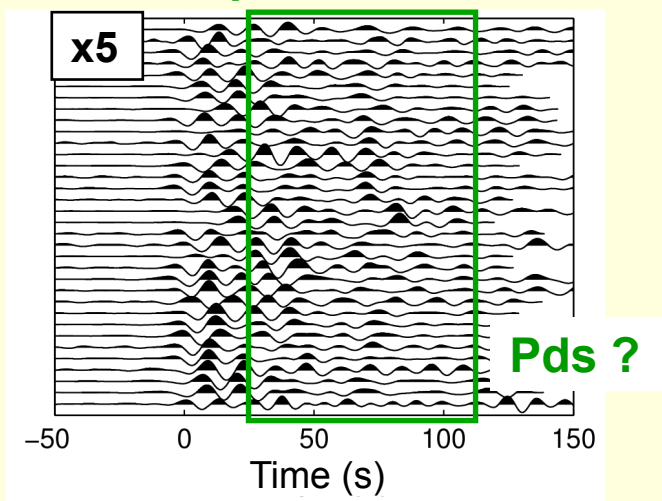
Fonctions récepteur P-S



Composantes P



Composantes Sv

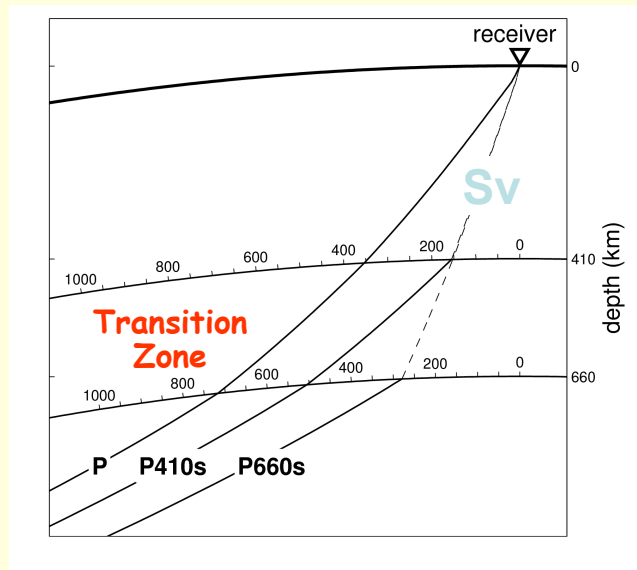


- Filtrage : passe-bas à 3, 5, 7 et 10 s
- Forme d'onde **P** compliquée
- **Sv** compliquée :

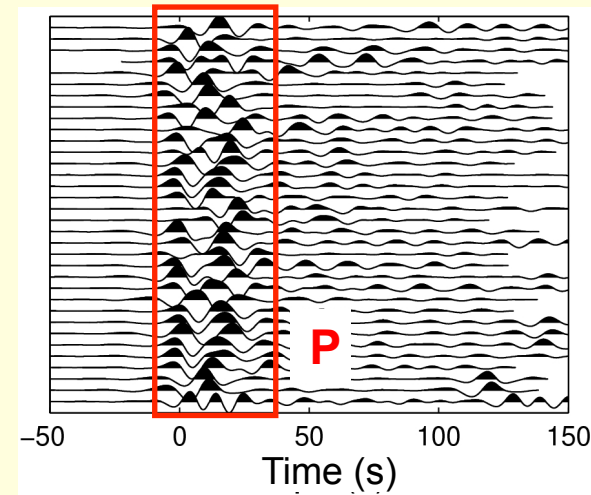
$$\text{Sv} \sim \text{P} * \begin{array}{c} \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \\ \downarrow \end{array}$$

$$\longrightarrow \text{Déconvolution Sv par P} = \begin{array}{c} \uparrow \uparrow \uparrow \uparrow \\ \downarrow \end{array}$$

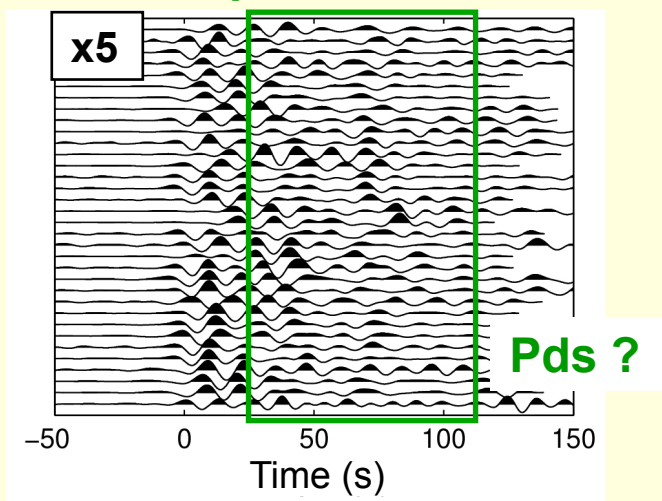
Fonctions récepteur P-S



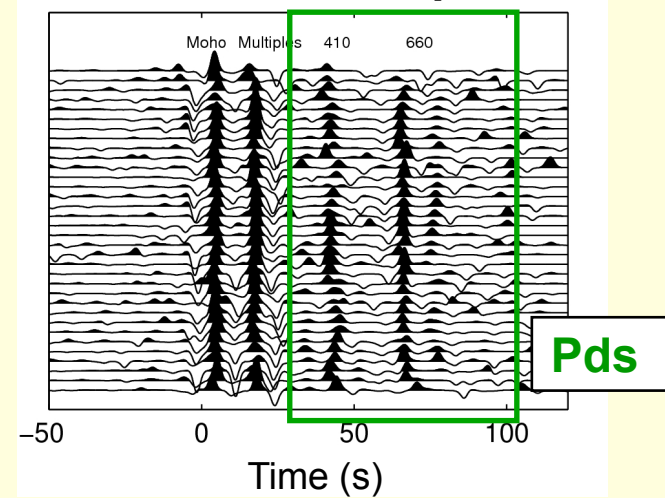
Composantes P



Composantes Sv

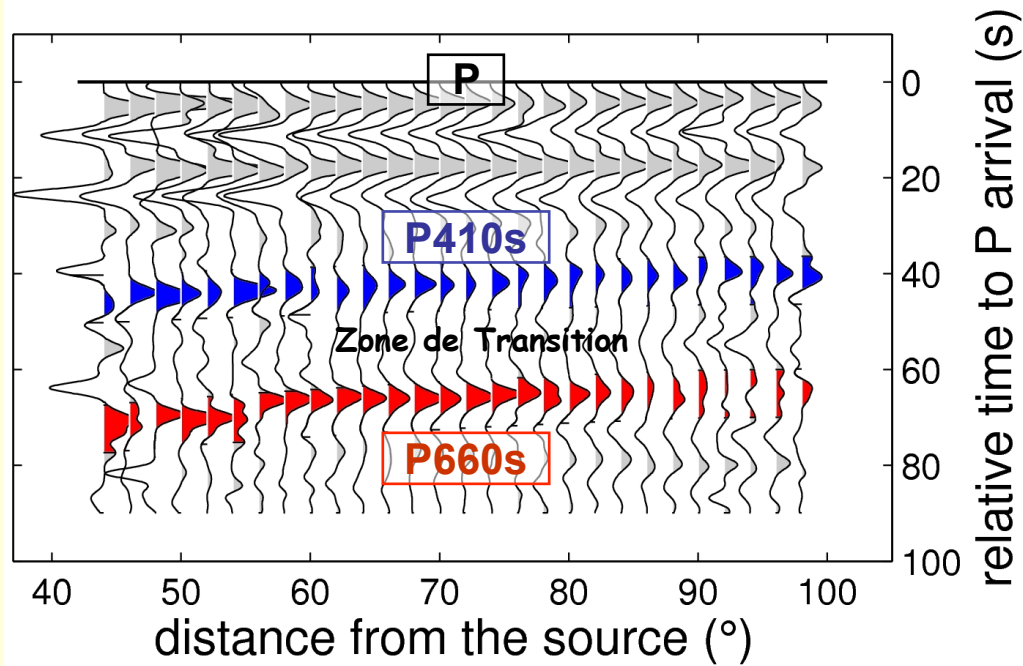


Fonctions récepteur

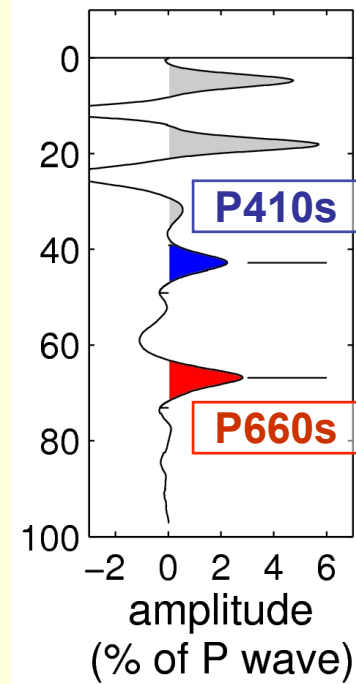


Fonctions récepteur P-S

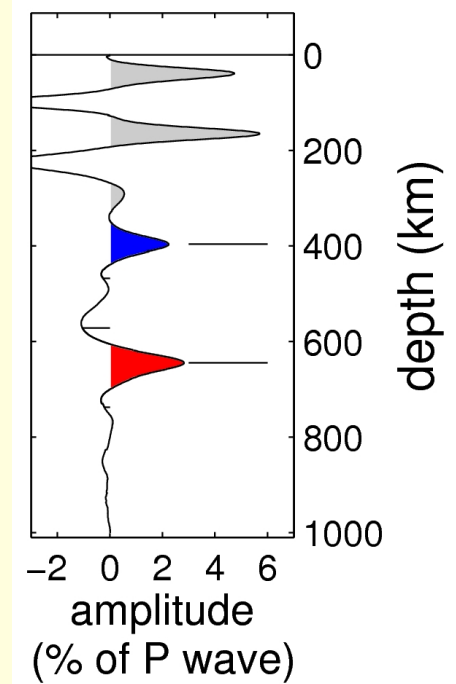
Fonctions récepteur à la station OBN



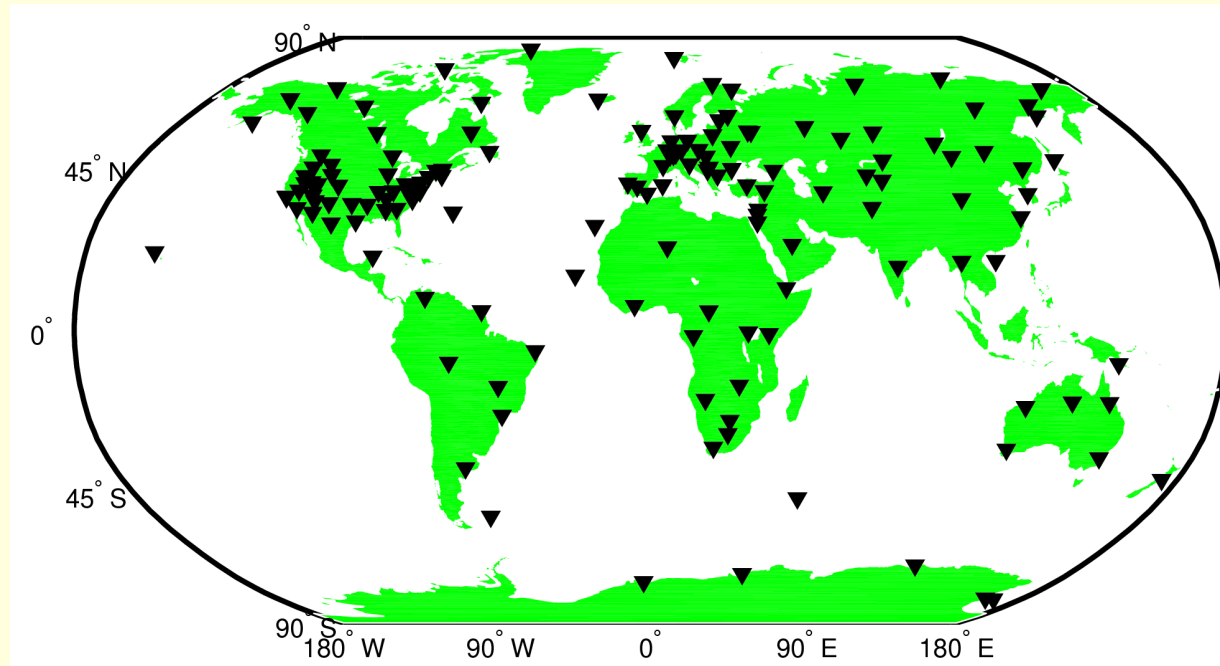
Réflectivité en temps



Réflectivité en profondeur



Fonctions récepteur P-S



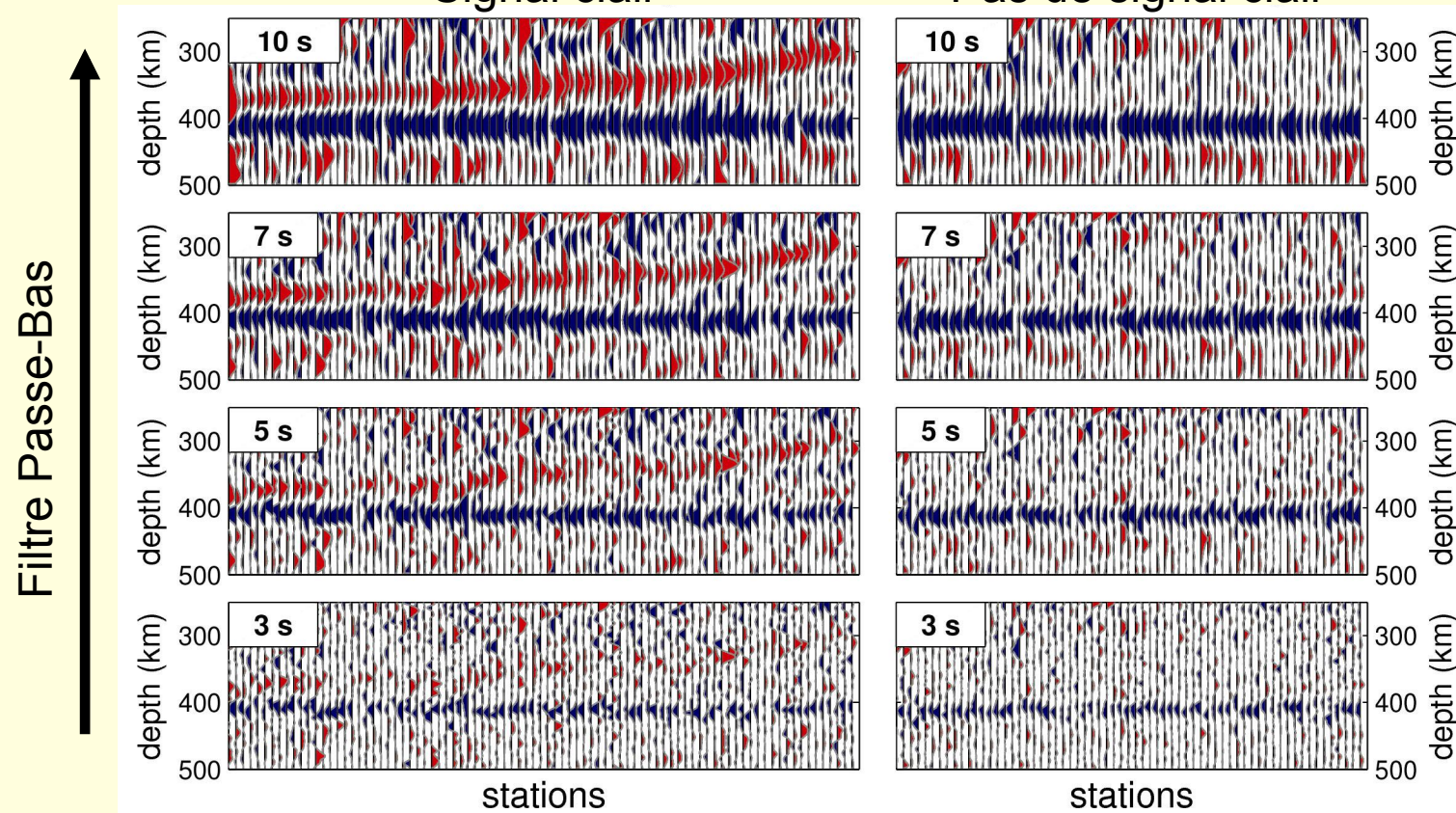
**~36,000 fonctions récepteur
152 stations**

Signal sismique

RFs P-S
sommées

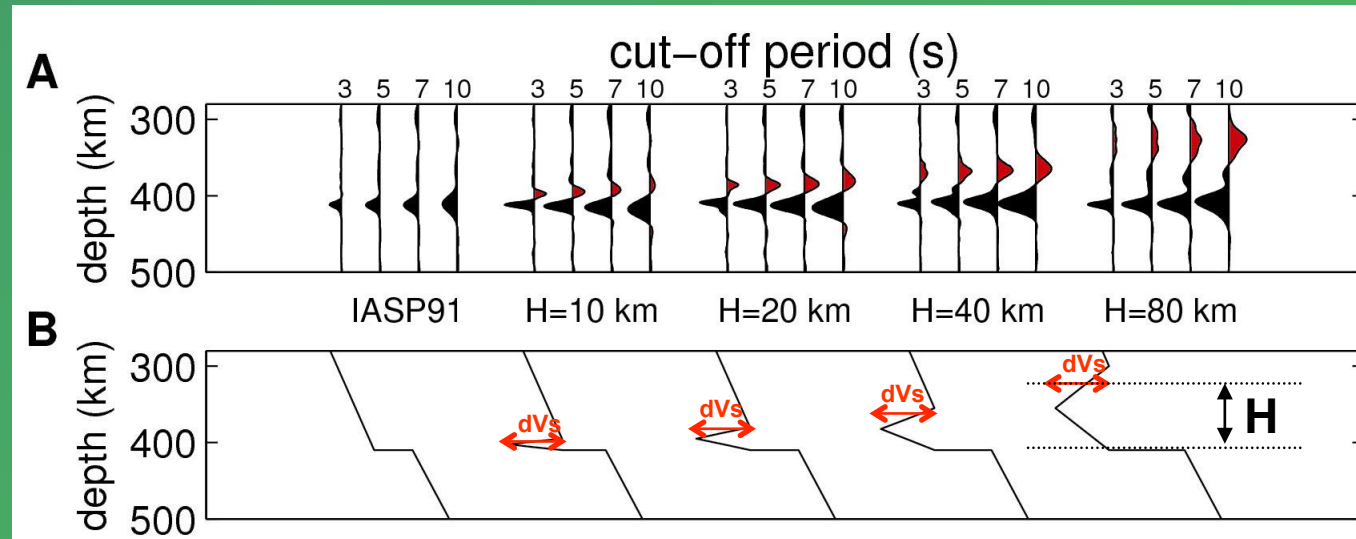
87 stations
Signal clair

65 stations
Pas de signal clair

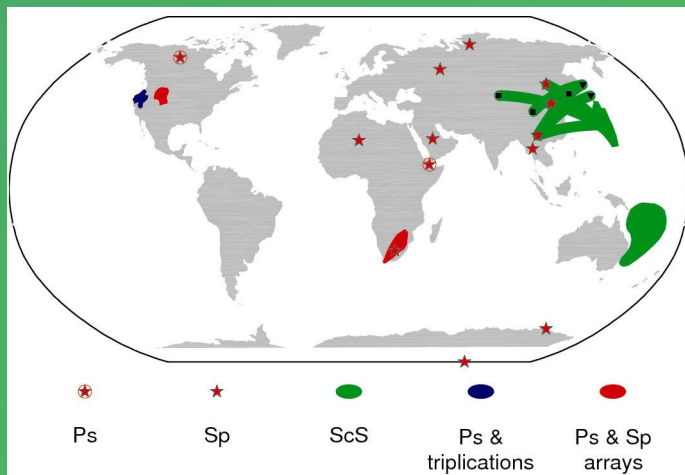


Tauzin et al., *Nature Geoscience*, 2010

Modélisation

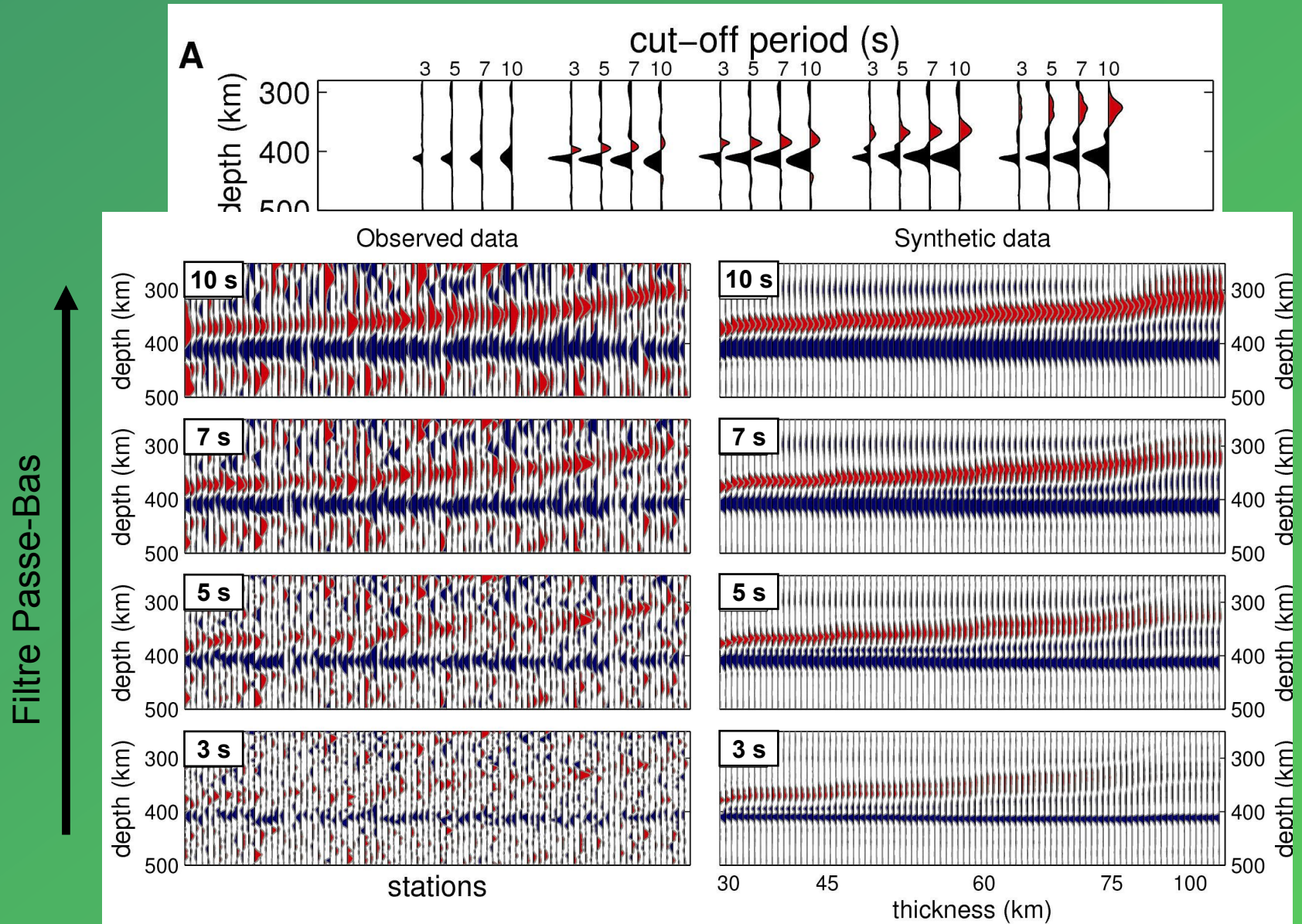


Tauzin et al., *Nature Geoscience*, 2010

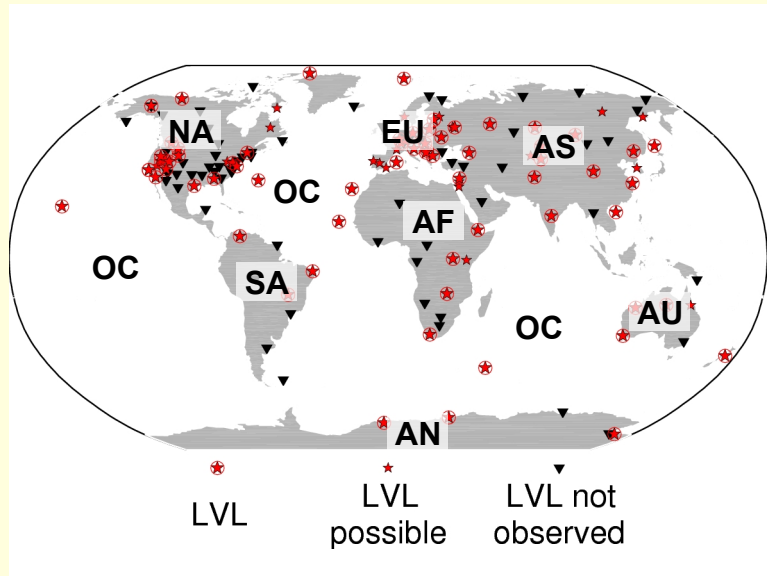


- $dVs = -0.2 \text{ km/s}$ (4%) diminution de vitesse d'onde S (Revenaugh & Sipkin, 1994; Song & Helmberger, 2004, Vinnik & Farra, 2007; etc...)
- **géométrie** d'après Vinnik & Farra, 2007
 H : épaisseur de la couche

Modélisation

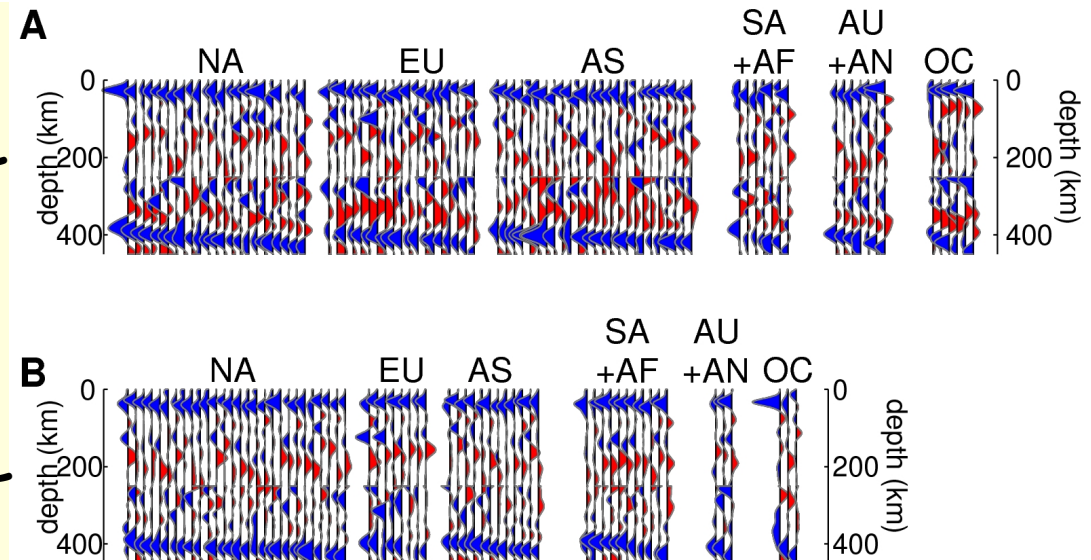


Localisation géographique



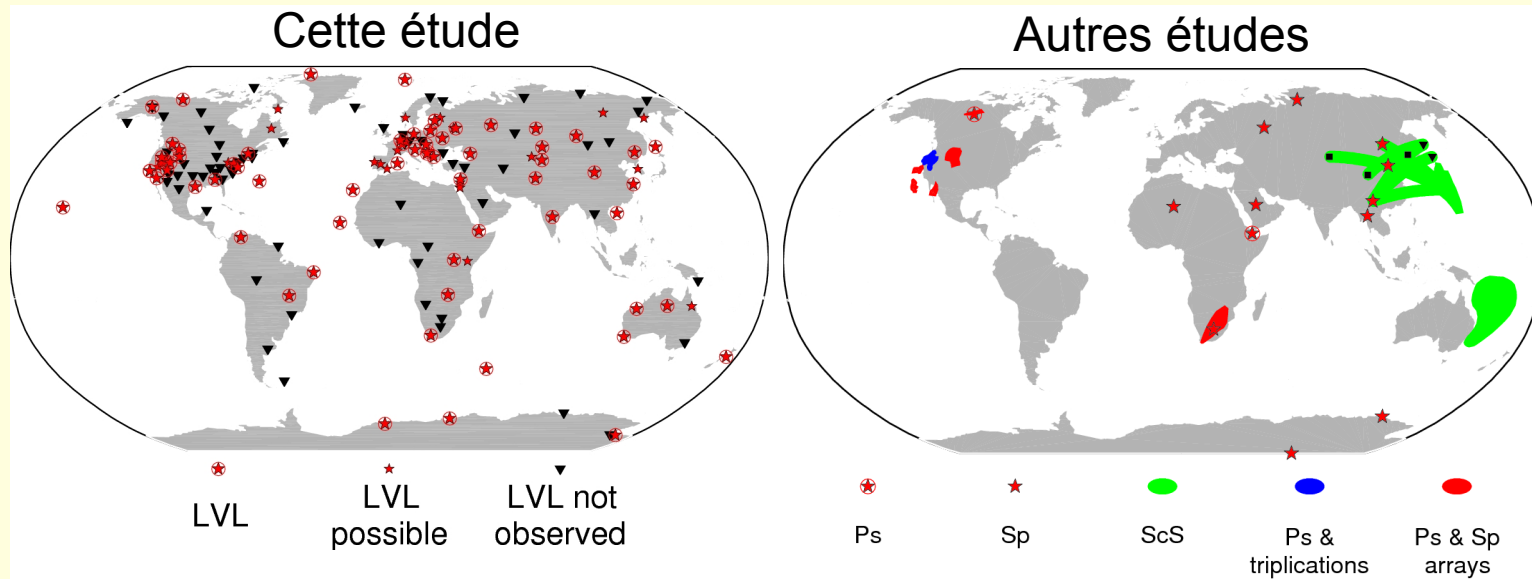
LVL = couche à faible vitesse

LVL



Pas de LVL

Localisation géographique

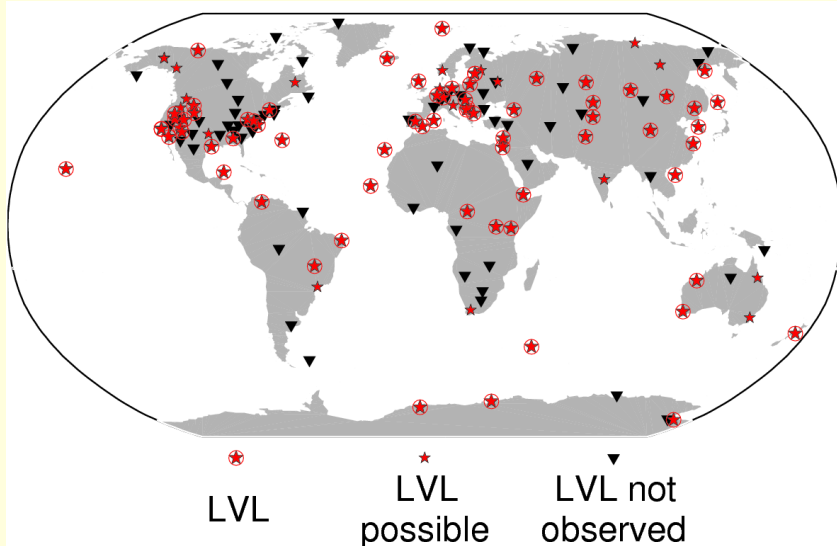


Tauzin et al., *Nature Geoscience*, 2010

- Accord au Nord-Ouest de l'Amérique du Nord, dans l'Est de la Chine.
- Observation à de nombreux autres endroits.

Epaisseur de la couche

distance inter-station minimale : 200 km



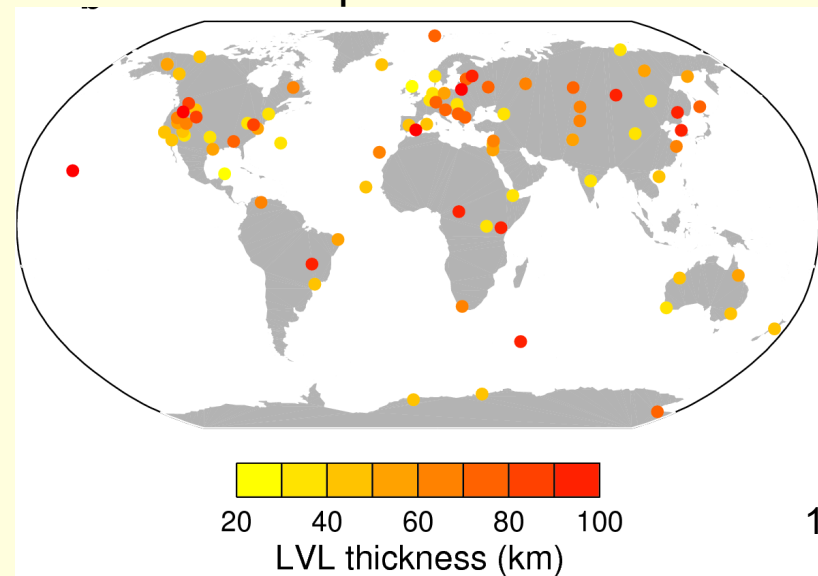
- Variabilité de l'observation à petit échelle.

- Variations latérales de l'épaisseur à petite échelle.

→ Probablement une origine compositionnelle :

Fusion partielle ?

Epaisseur





Conclusions

LETTERS

PUBLISHED ONLINE: 26 SEPTEMBER 2010 | DOI: 10.1038/NCEO969

nature
geoscience

Seismic evidence for a **global** low-velocity layer within the Earth's upper mantle

Benoît Tauzin^{1*}, Eric Debayle² and Gérard Wittlinger³

- **Attention !!!!**

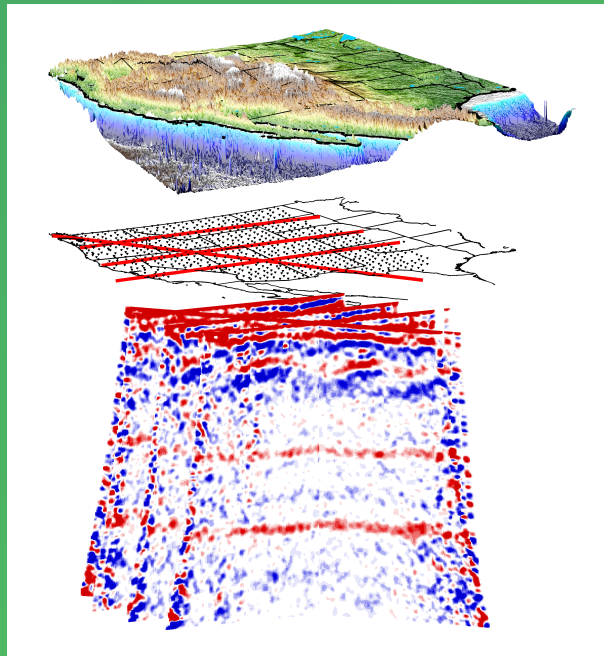
Global $\neq$ Omniprésent. Plutôt : « **Un peu partout** ».

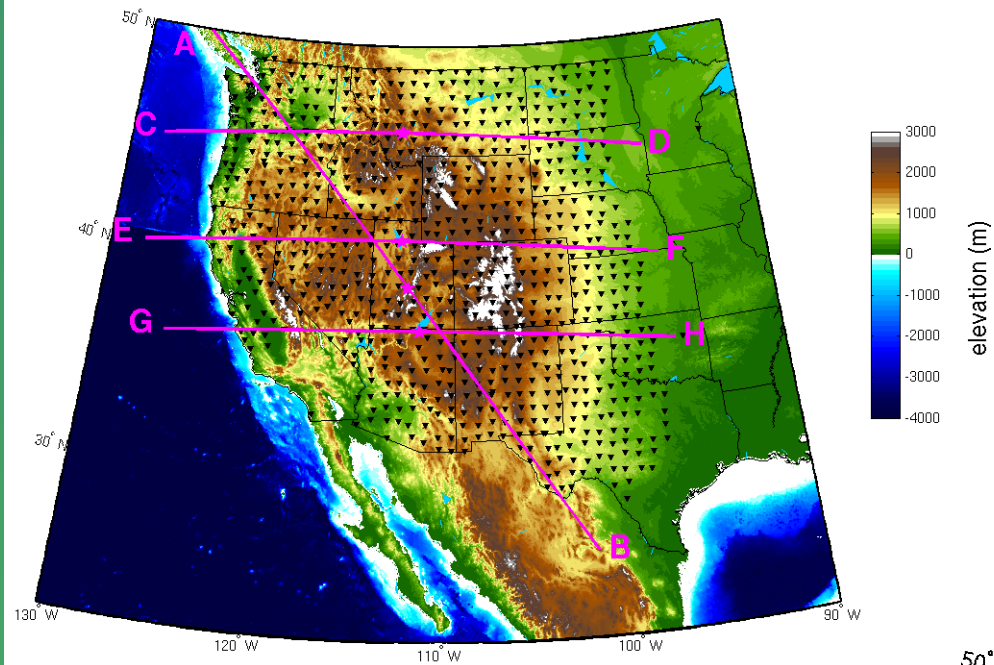
- **Distribution** difficile à associer avec **subduction** ou **panaches mantelliques** uniquement.
- Zone de transition **hydratée** et modèle du **filtre en eau** pourraient **en partie** expliquer ces observations.



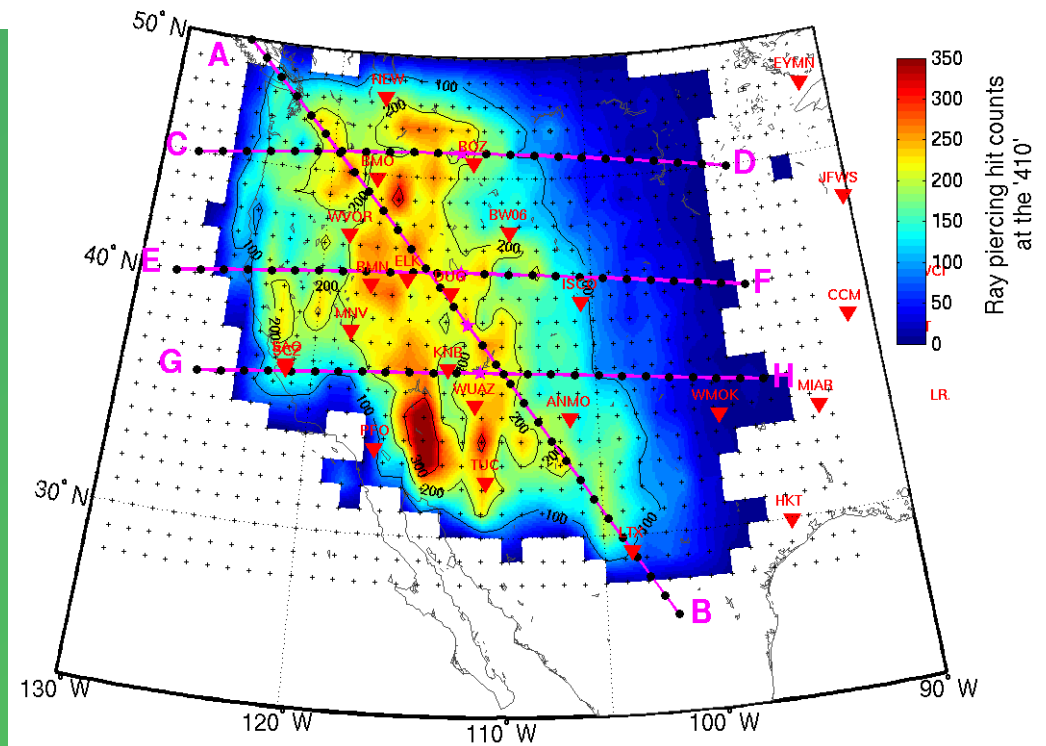
Partie II

Couches à faible vitesse sous l'ouest des Etats-Unis.

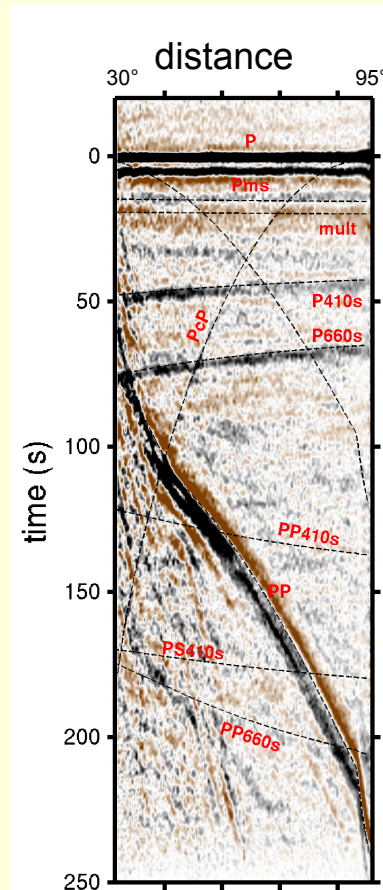




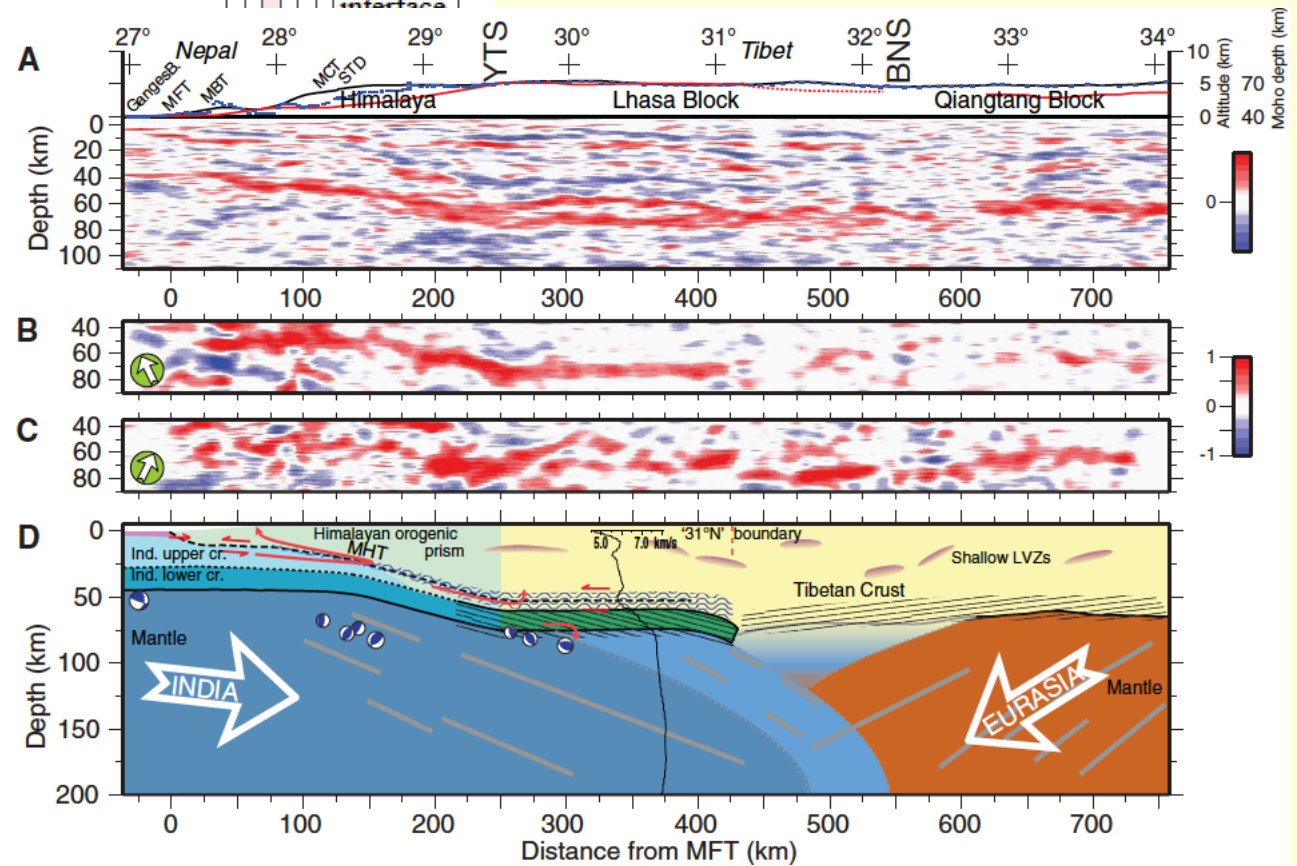
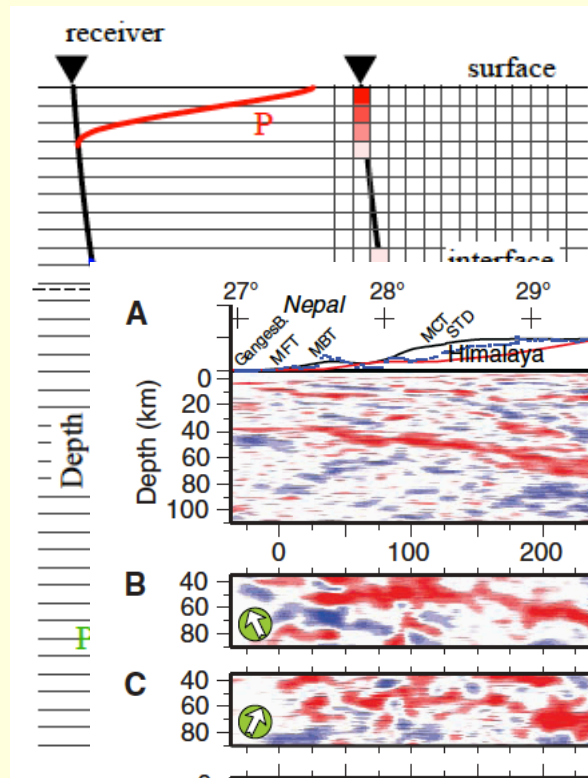
Transportable Array
 820 stations
 932 évènements
 ~60,000 fonctions récepteur



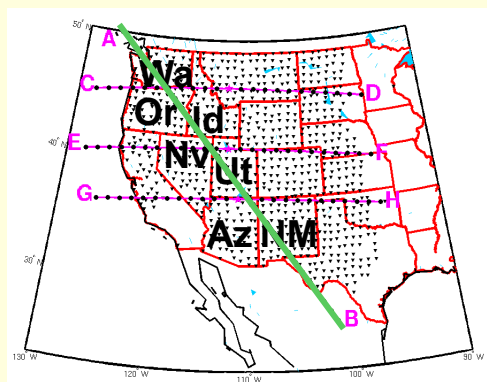
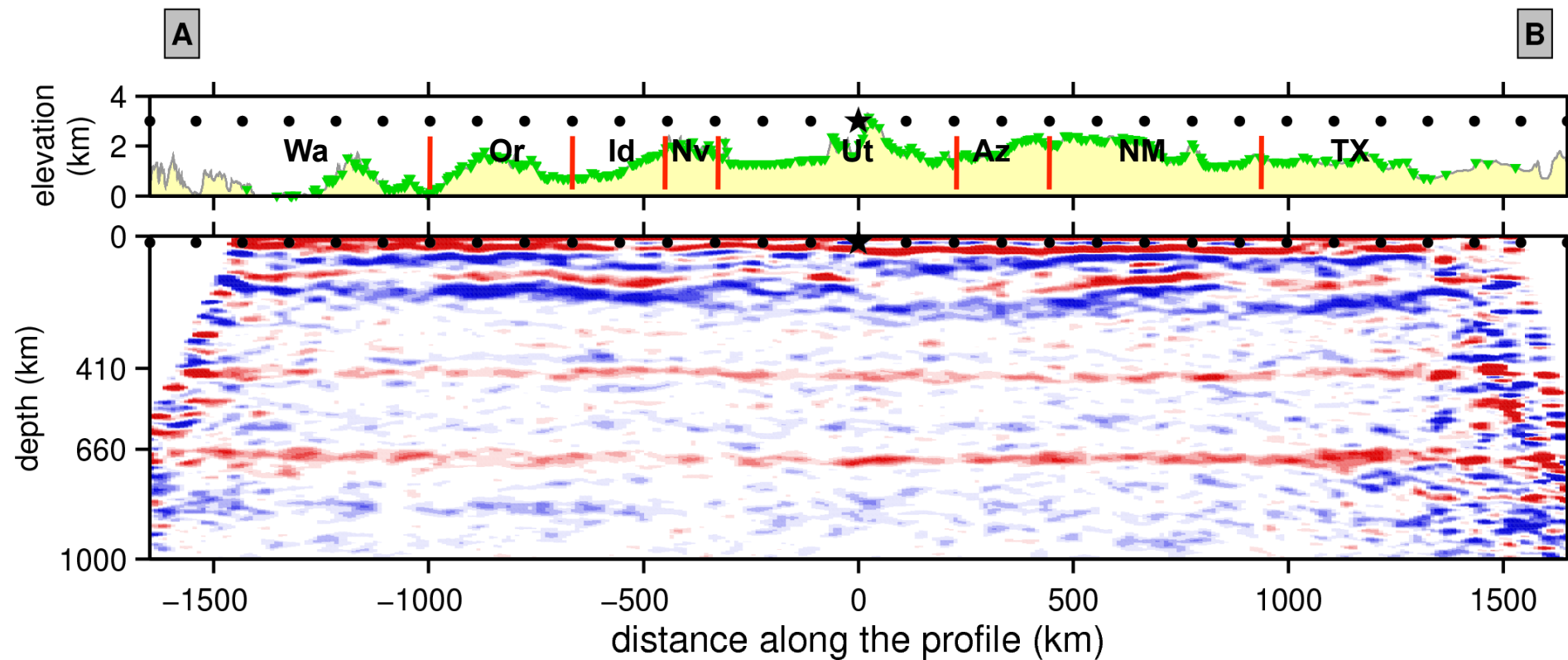
Fonctions Récepteur Migration (CCP) en points de conversion communs



0.2 Hz - 66,687 données
5 s de période

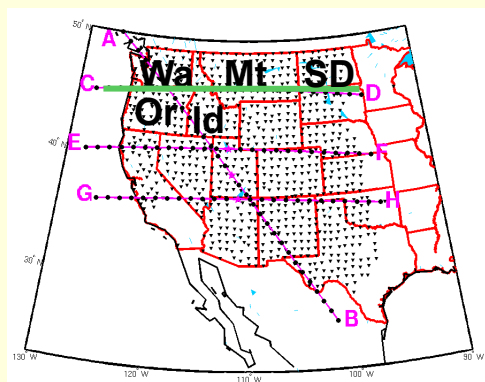
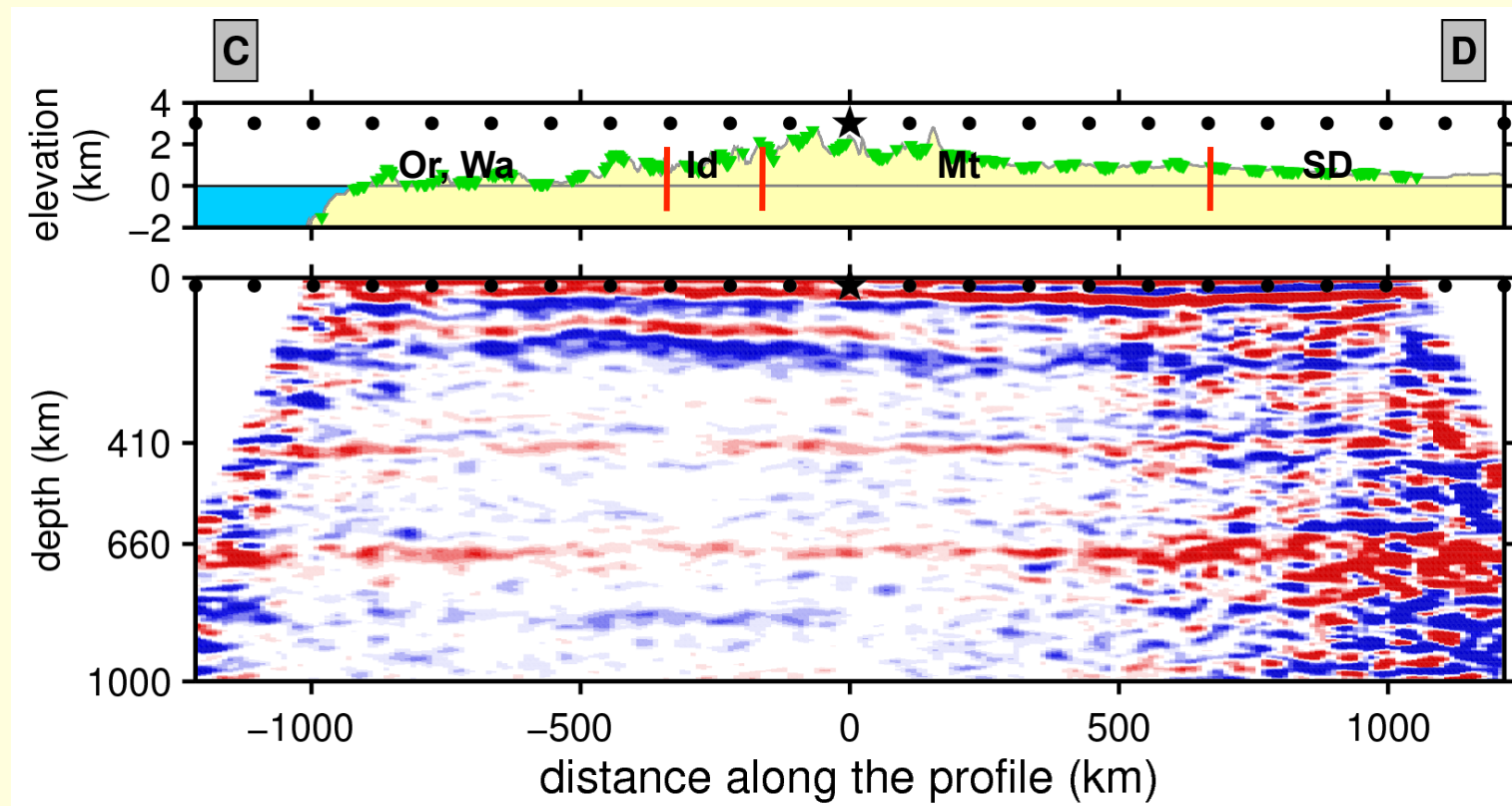


Profil A-B – 5 s période



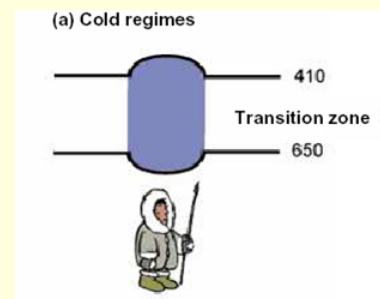
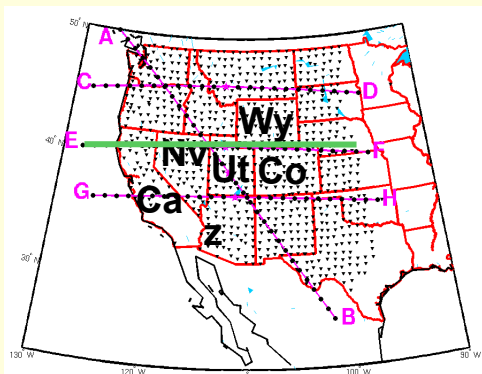
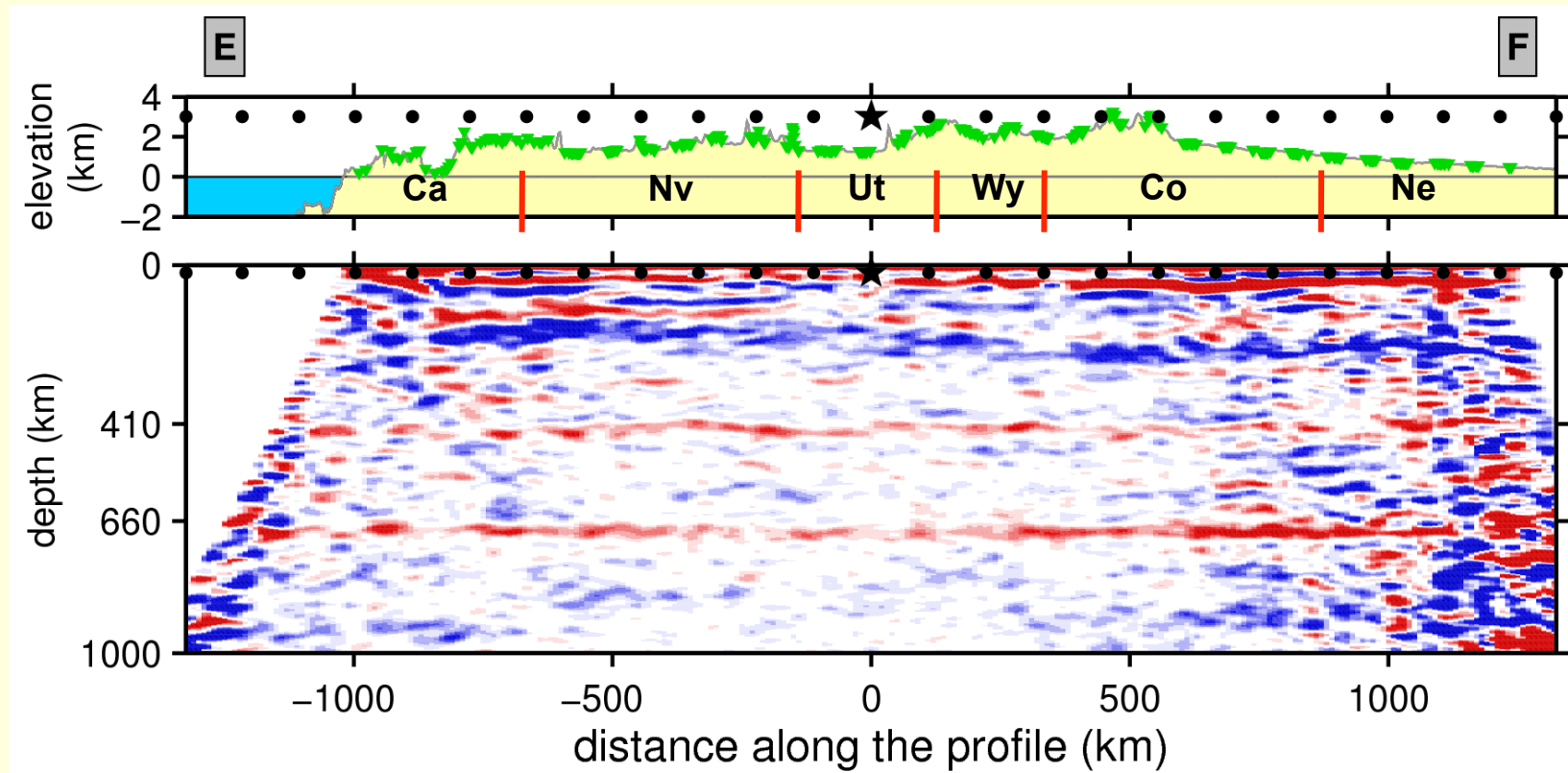
Rouge = $V_s(z)$ ↗
 Bleu = $V_s(z)$ ↘

Profil C-D – 5 s



Rouge = $V_s(z)$ ↗
 Bleu = $V_s(z)$ ↘

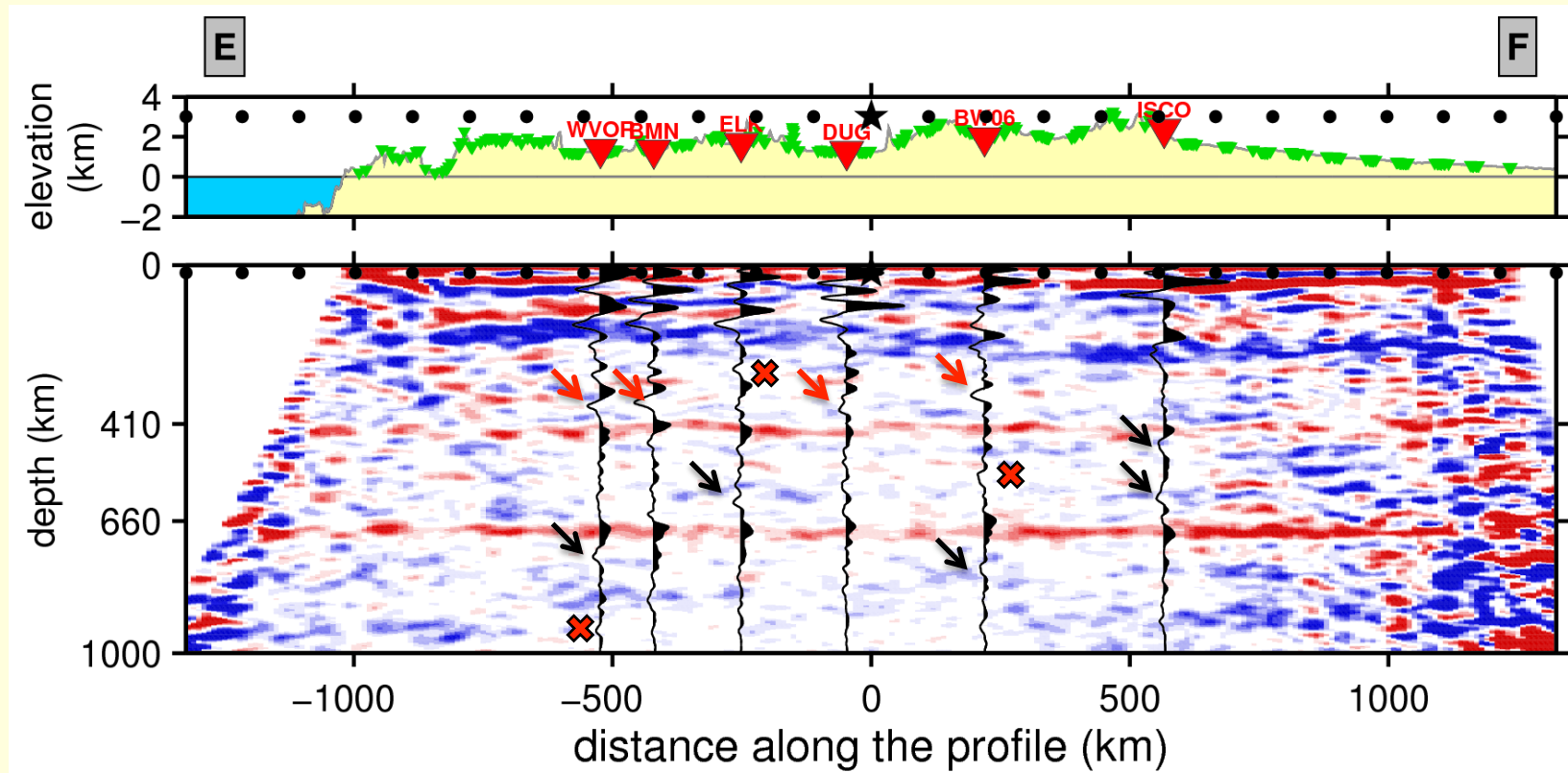
Profil E-F – 5 s



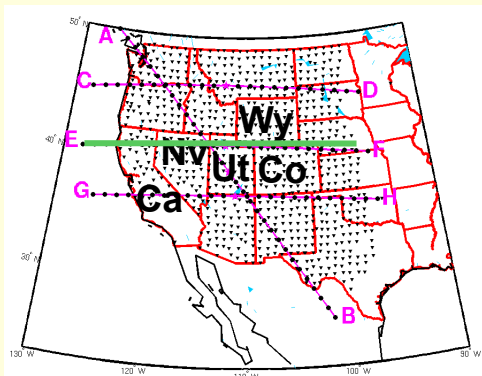
Rouge = $V_s(z)$ ↗
 Bleu = $V_s(z)$ ↘

Foulger,
www.mantleplume.org

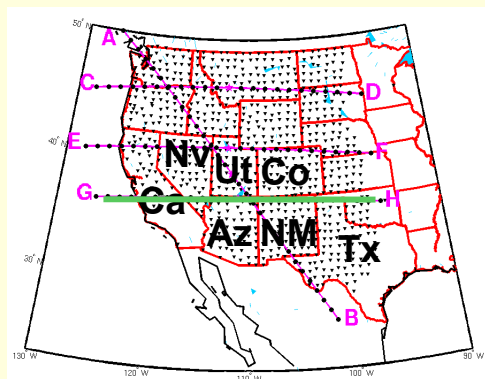
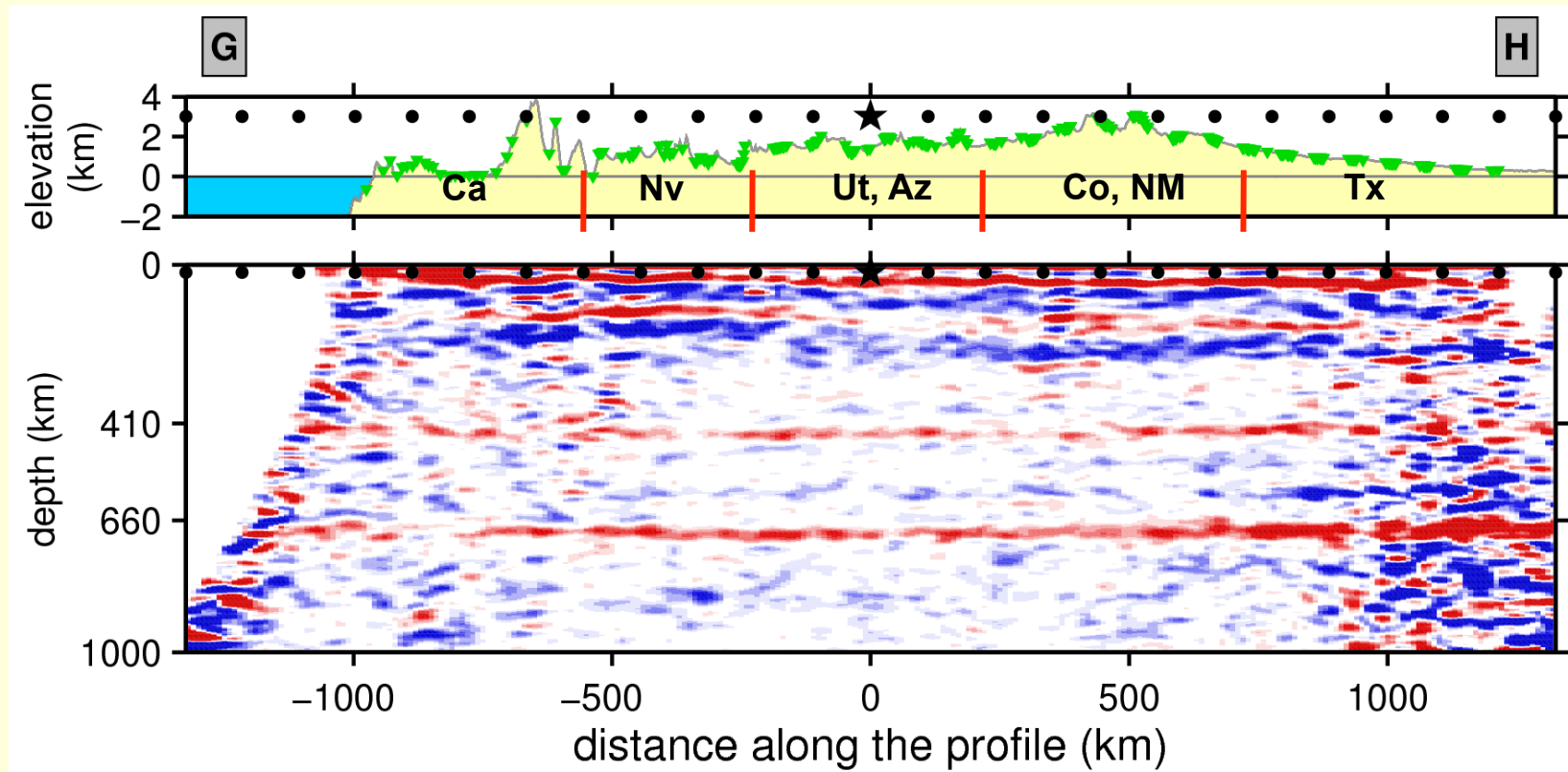
Profil E-F – 5 s



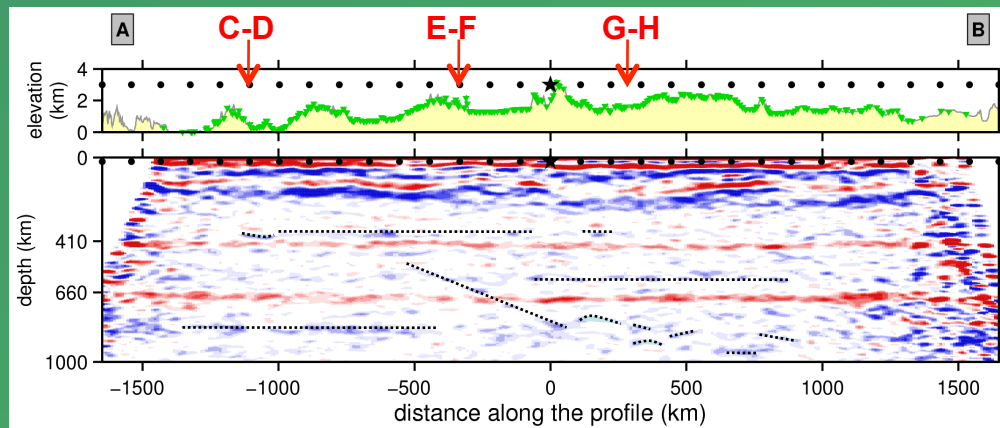
Noir : Fonctions récepteur de l'étude Tazuin et al., *Nature Geoscience*, 2010



Profil G-H – 5 s

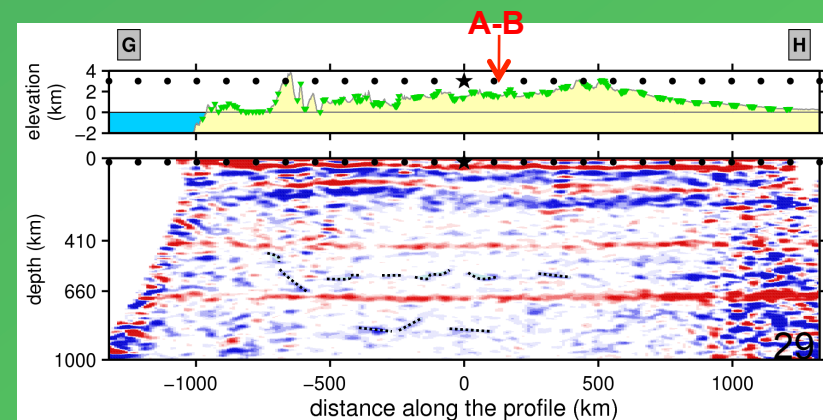
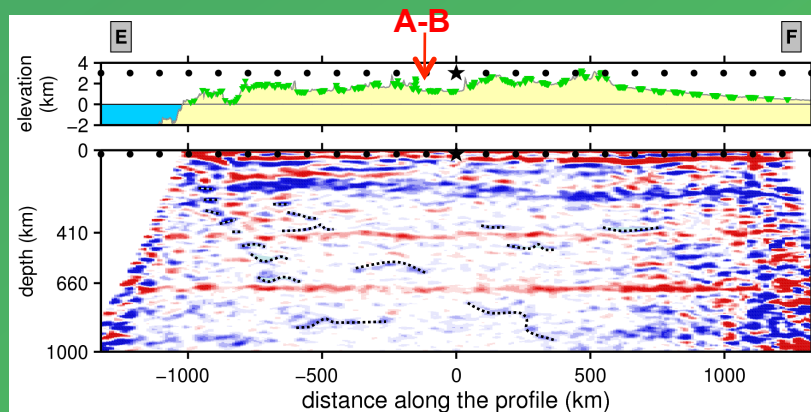
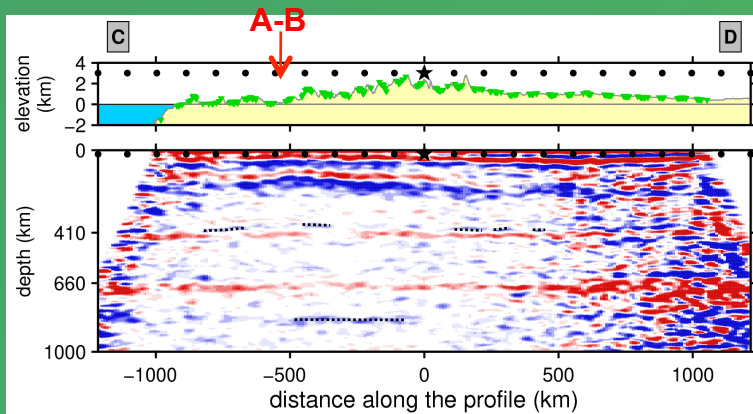


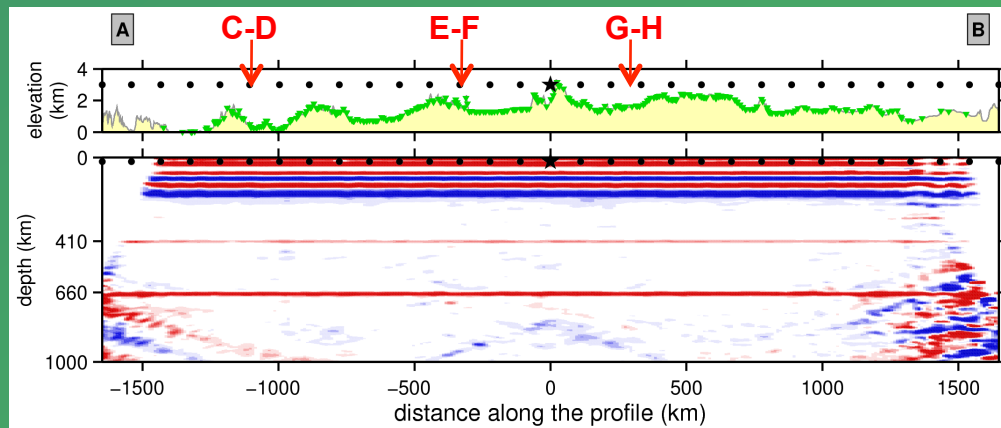
Rouge = $V_s(z)$ ↗
 Bleu = $V_s(z)$ ↘



Données réelles
5 s période

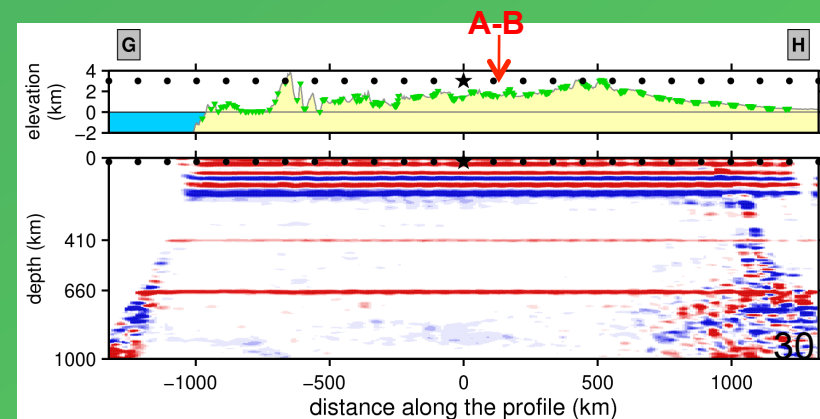
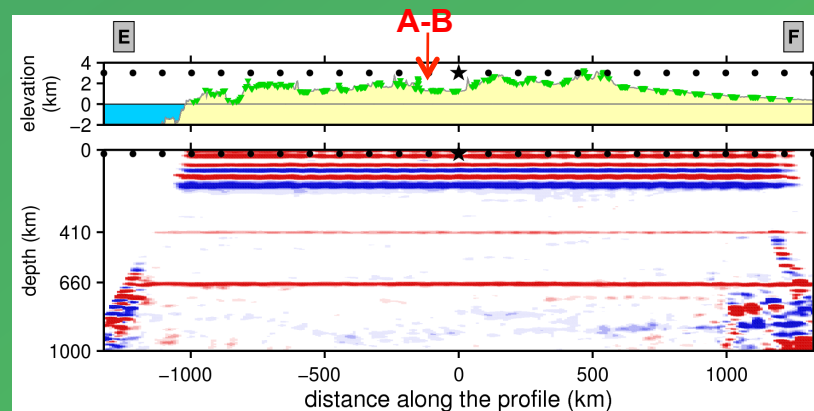
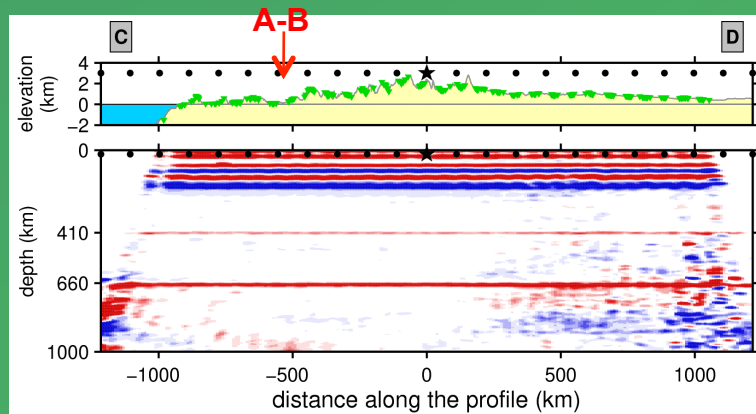
Rouge = $V_s(z)$ ↗
Bleu = $V_s(z)$ ↘

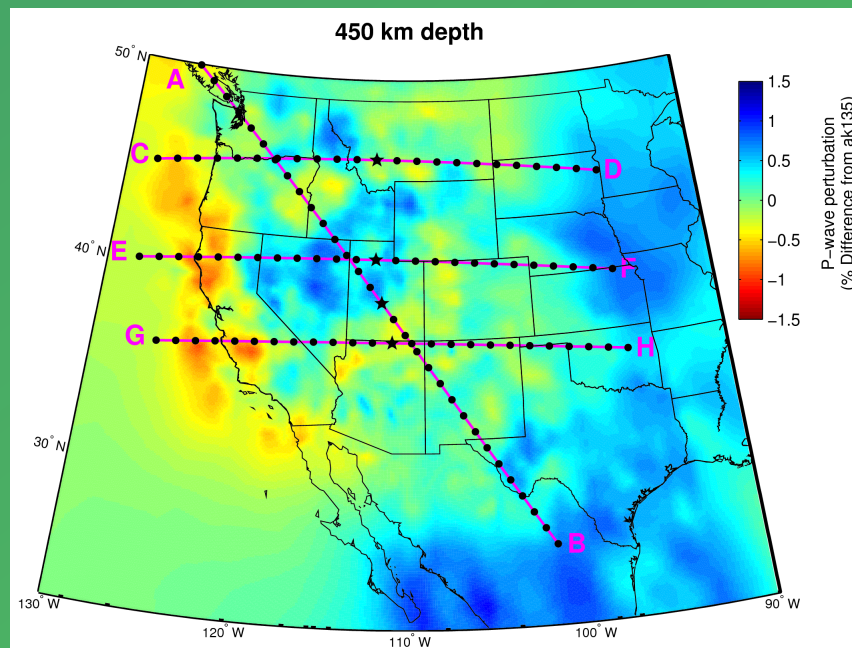
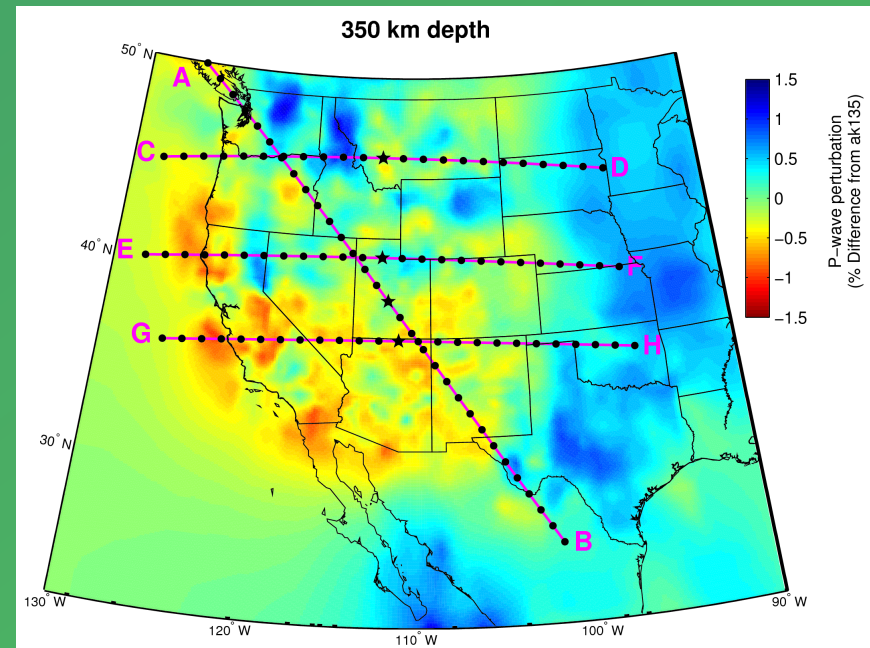
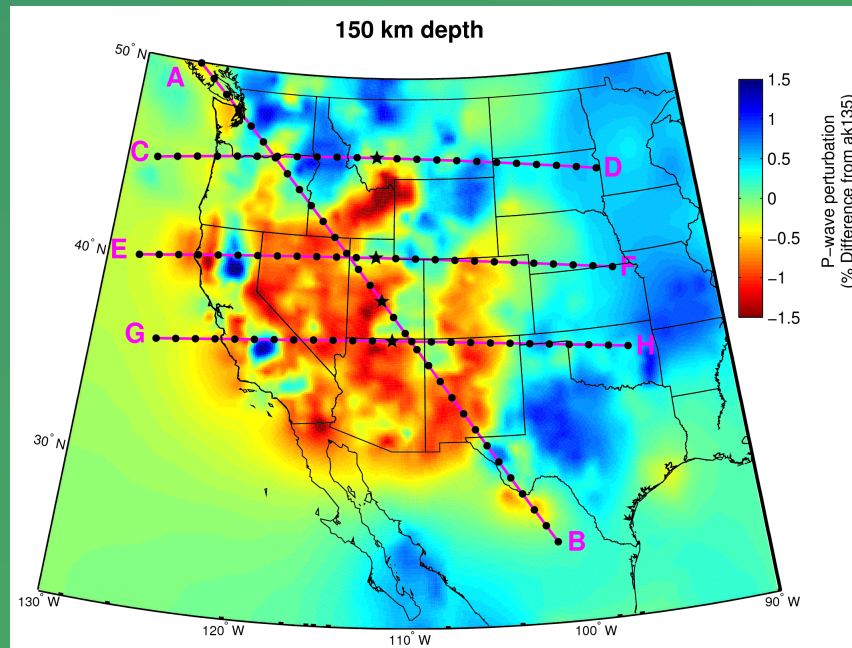




Données synthétiques
5 s période

Rouge = $V_s(z)$ ↗
Bleu = $V_s(z)$ ↘

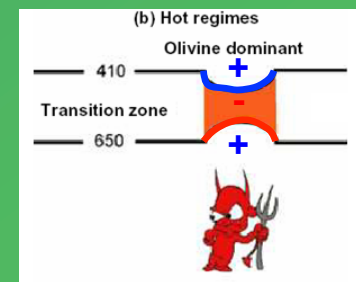
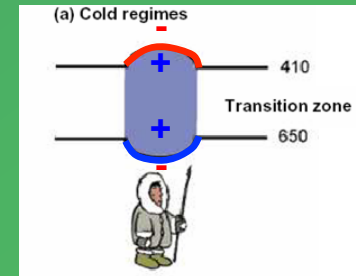
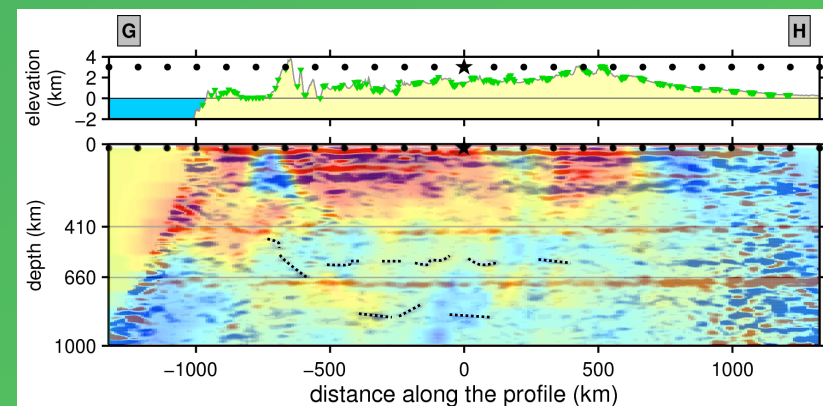
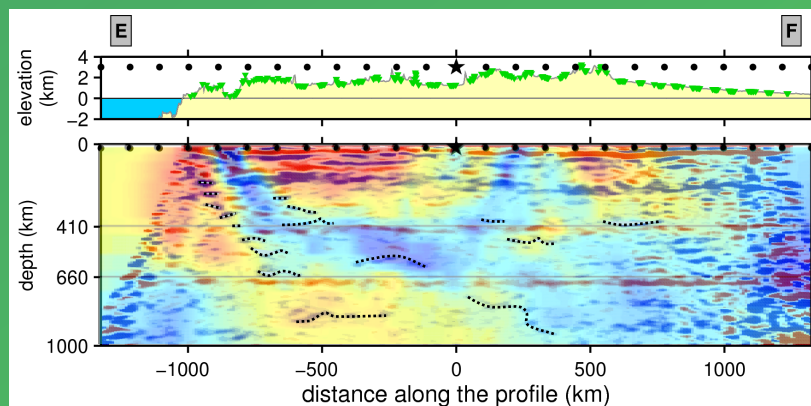
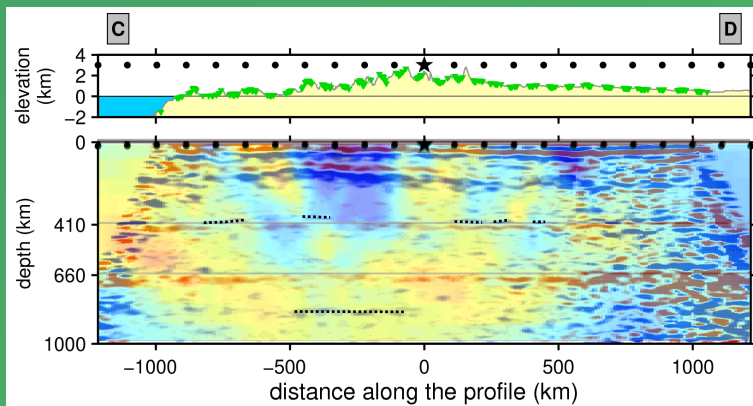
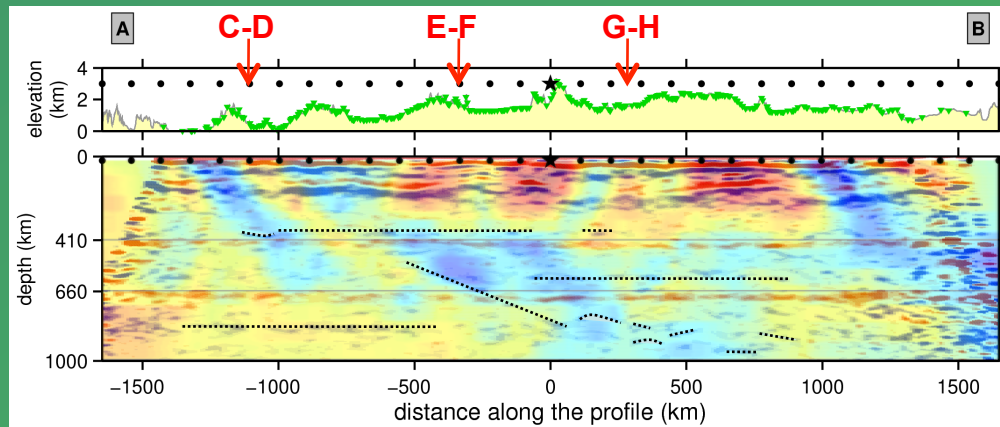




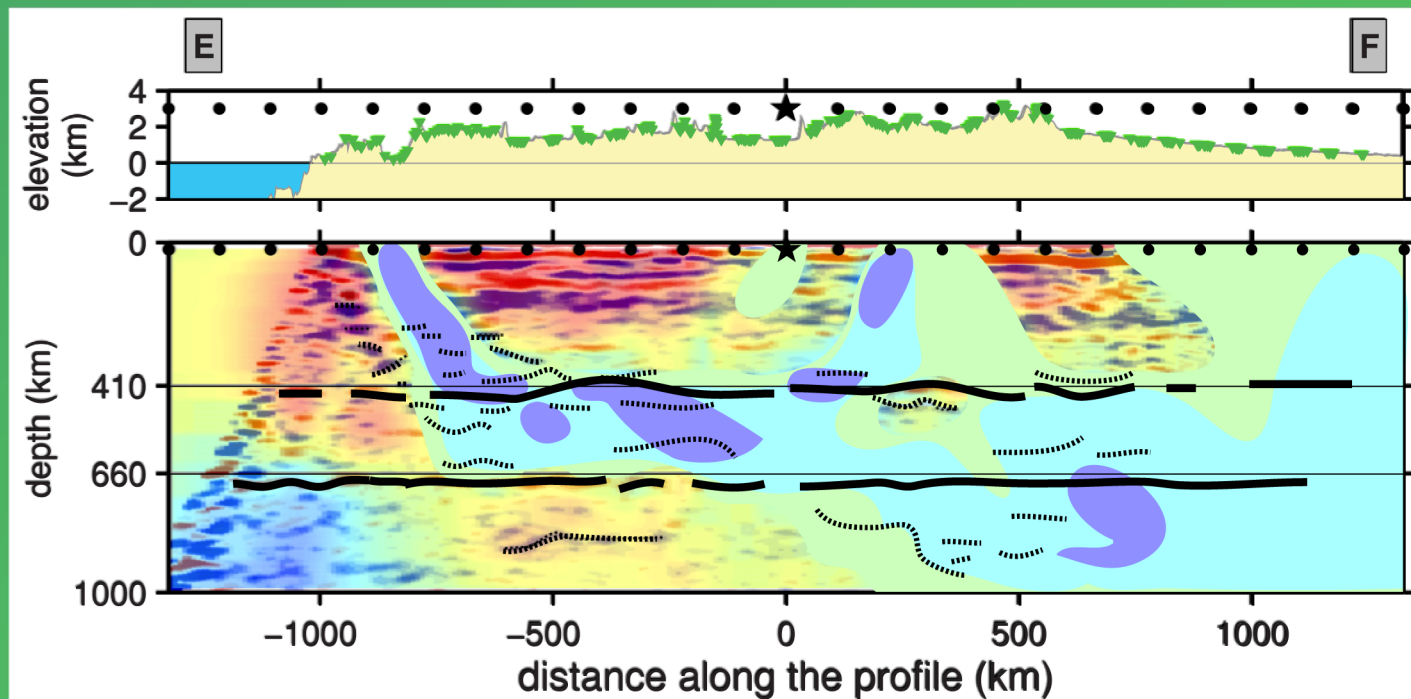
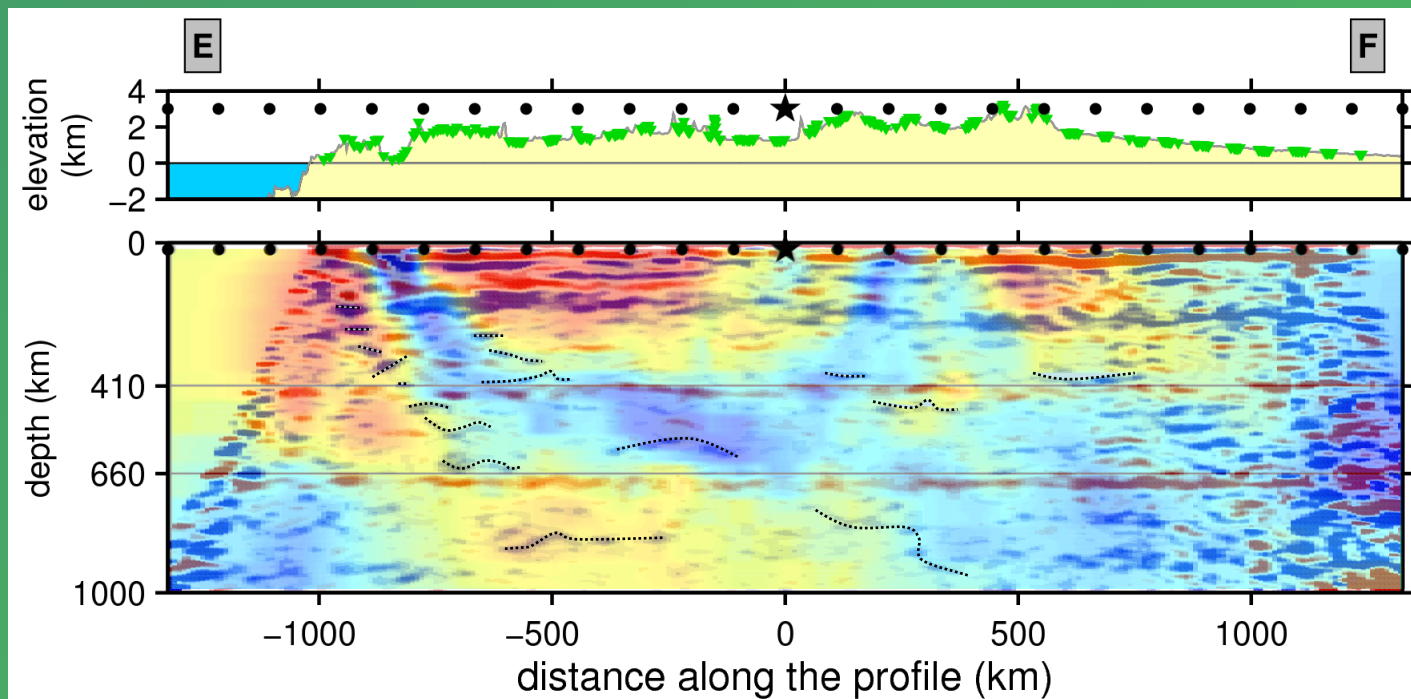
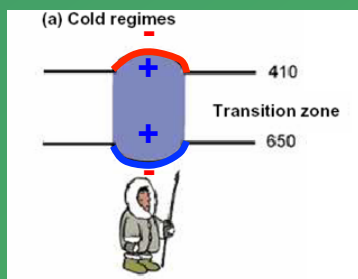
Tomographie d'onde P (Burdick et al., *SRL*, 2010)

Données réelles
5 s période

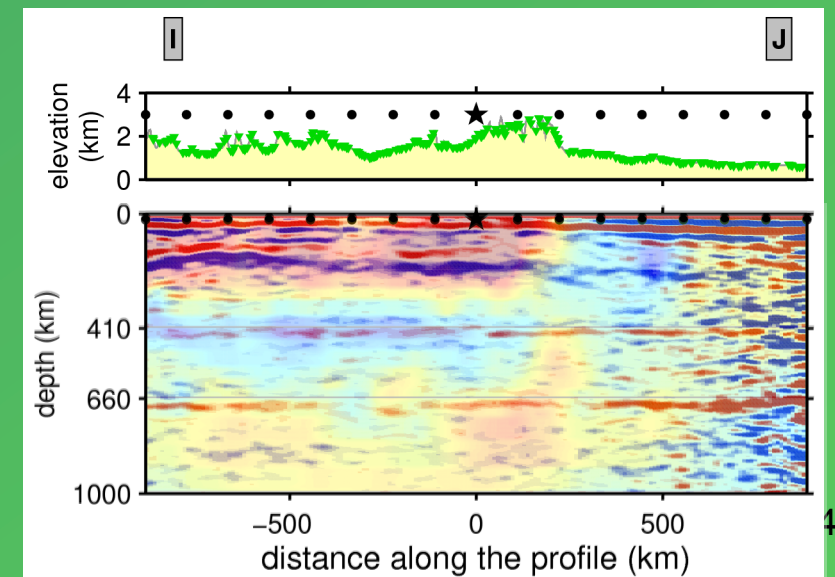
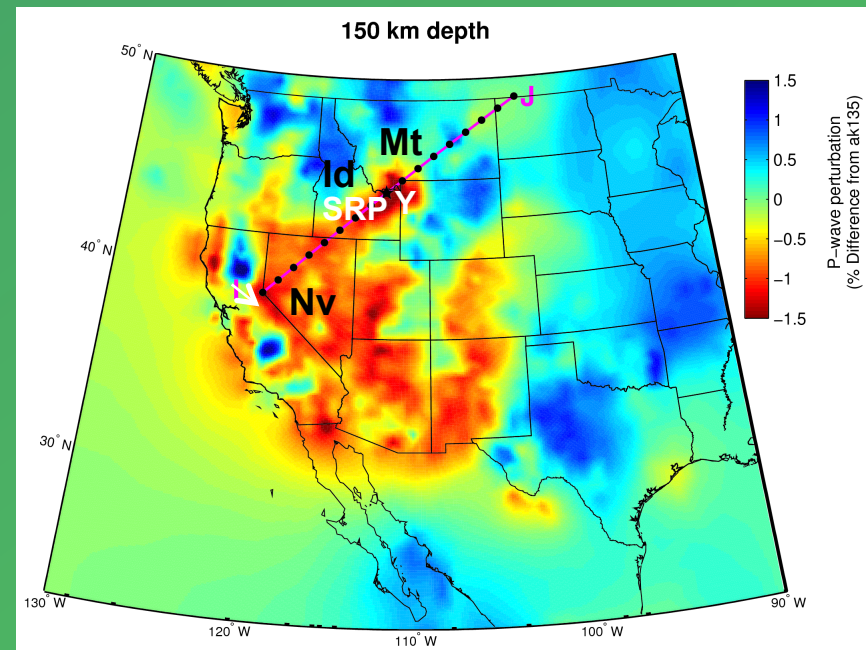
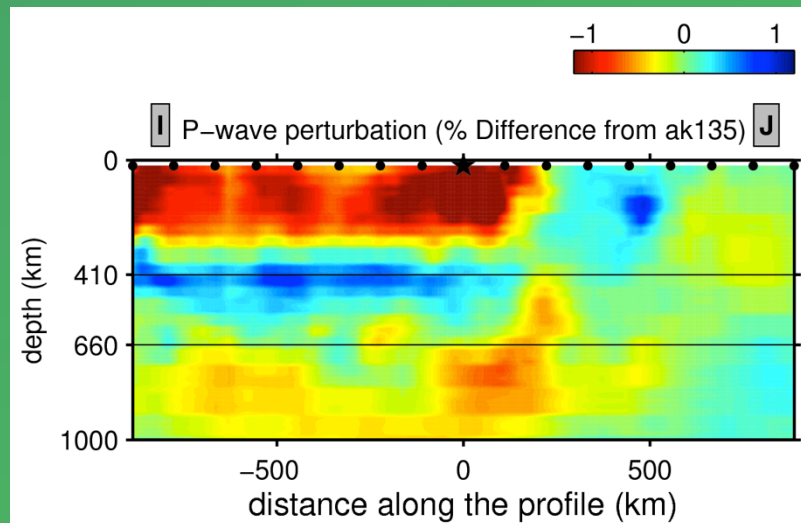
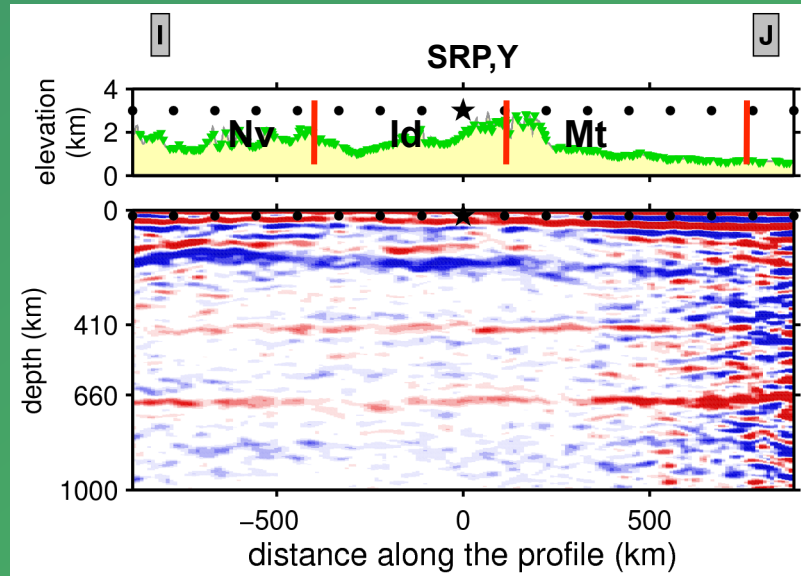
Rouge = $V_s(z)$ ↗
Bleu = $V_s(z)$ ↘

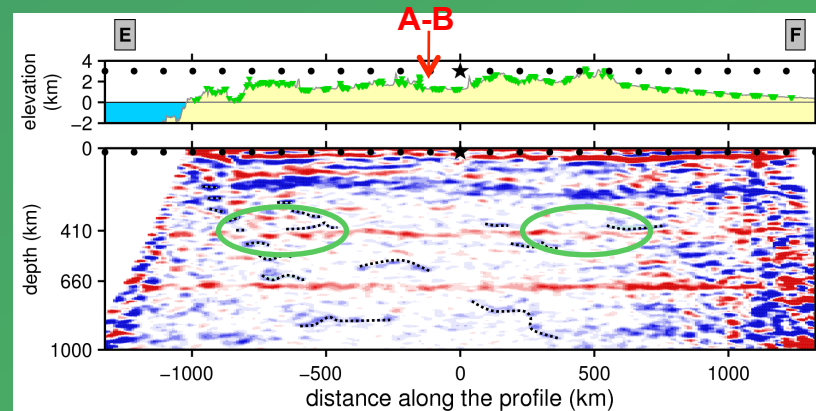
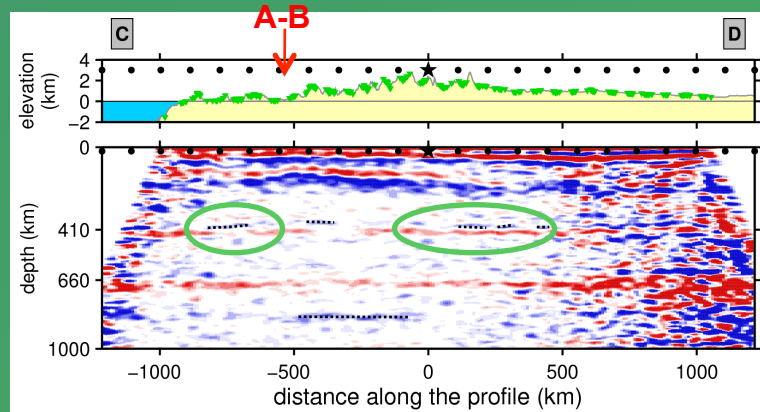


5 s de
période

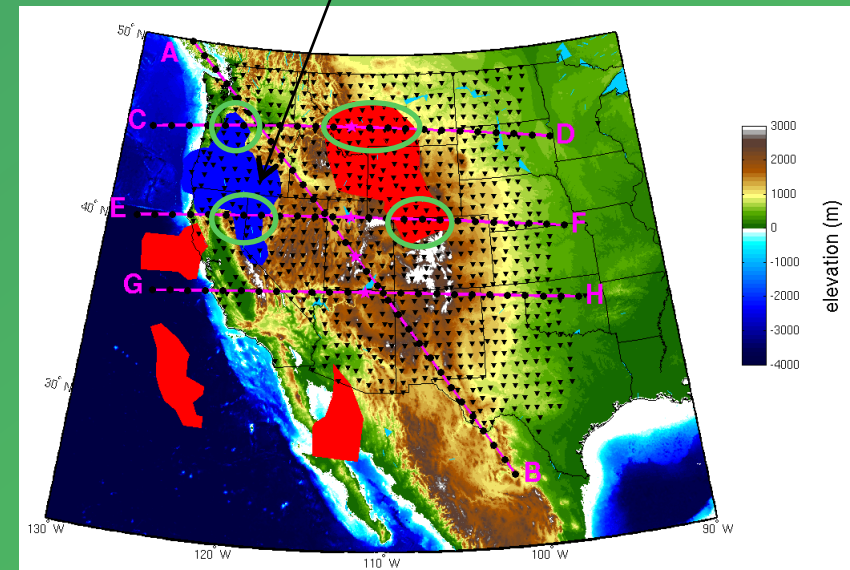


La Snake River Plain (SRP) et le point chaud du Yellowstone (Y)





Song & Helmberger, *Nature*, 2004
20 à 90 km d'épaisseur sur ~200 km



- 20 km = couche à faible vitesse sur la 410
- 90 km = couche à faible vitesse au sommet de la plaque

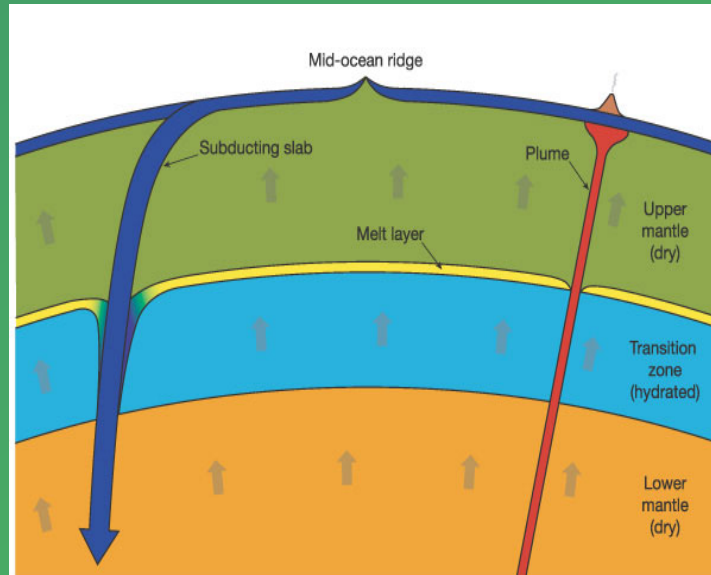


Conclusions

- Présence d'une **couche à faible vitesse** au-dessus de la 410 sous les **US**.
- Mais également, présence de **diminutions de vitesses** dans la **zone de transition !!!!**
- Possible relation entre ces **diminutions de vitesse** et la **subduction** de la **plaque Farallon** sous le continent Nord-Américain.
- Impossible d'écarter un **lien** avec le **volcanisme** observé en surface, par exemple dans la **Snake River Plain**.

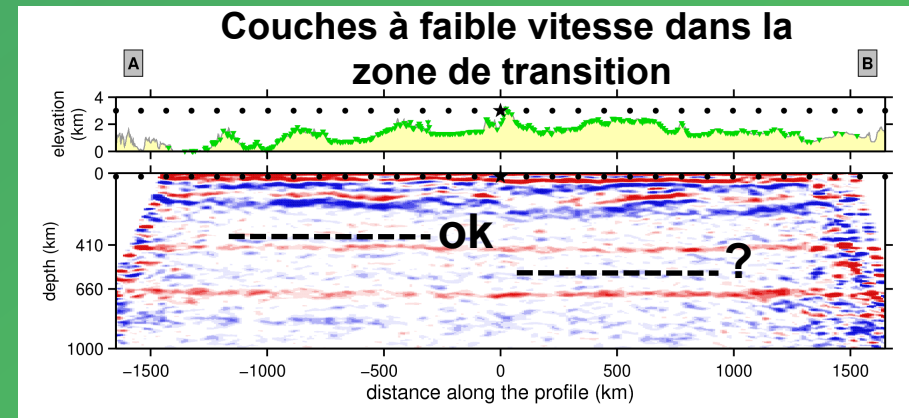


Conclusions



Le modèle du filtre en eau
de la zone de transition
(TZWF)

Bercovici & Karato, *Nature*, 2003



Température, Composition ?



Conclusions

GEOPHYSICAL RESEARCH LETTERS, VOL. 29, NO. 8, 1249, 10.1029/2002GL014768, 2002

A systematic search for mantle discontinuities using SS-precursors

Arwen Deuss and John H. Woodhouse

Department of Earth Sciences, University of Oxford, United Kingdom

Received 18 January 2002; revised 22 March 2002; accepted 26 March 2002; published 27 April 2002.

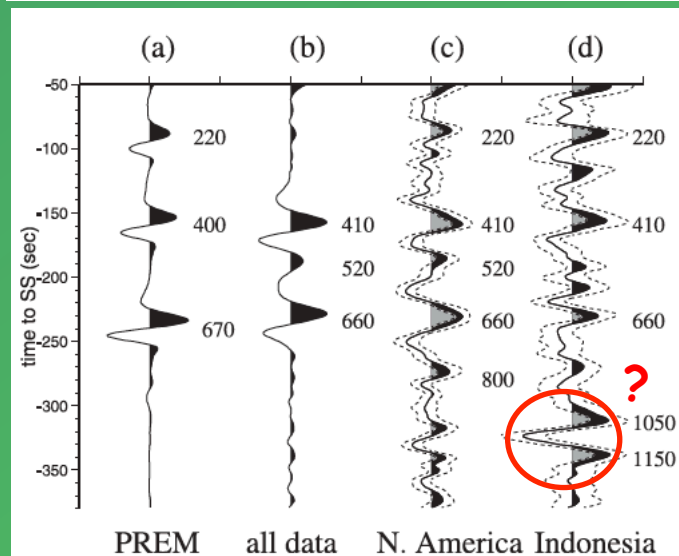


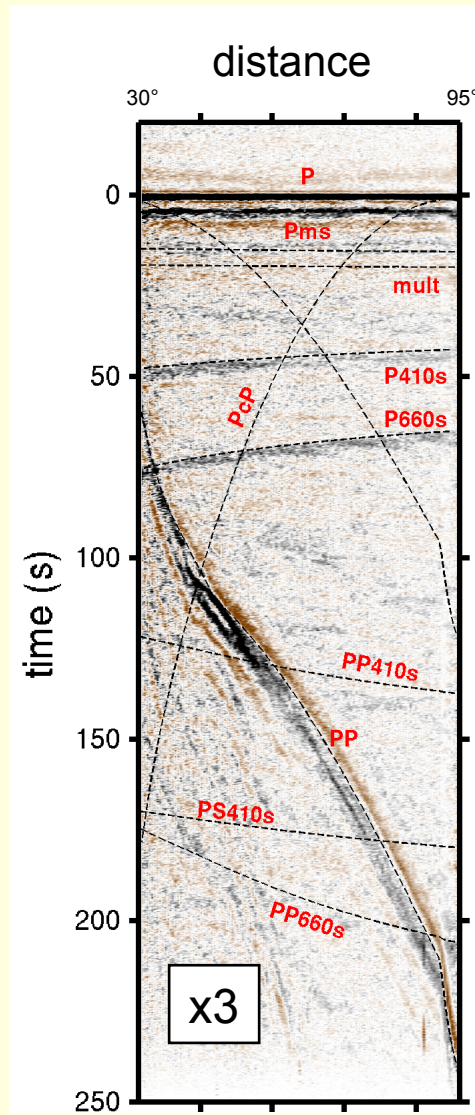
Figure 1. Stacked traces for (a) PREM synthetics, (b) the whole data set, (c) North America, 435 stacked seismograms and (d) Indonesia, 165 stacked seismograms. The dashed lines represent the 95% confidence levels for the regional stacks. The grey areas indicate robust reflections for which the lower confidence level still is above zero.



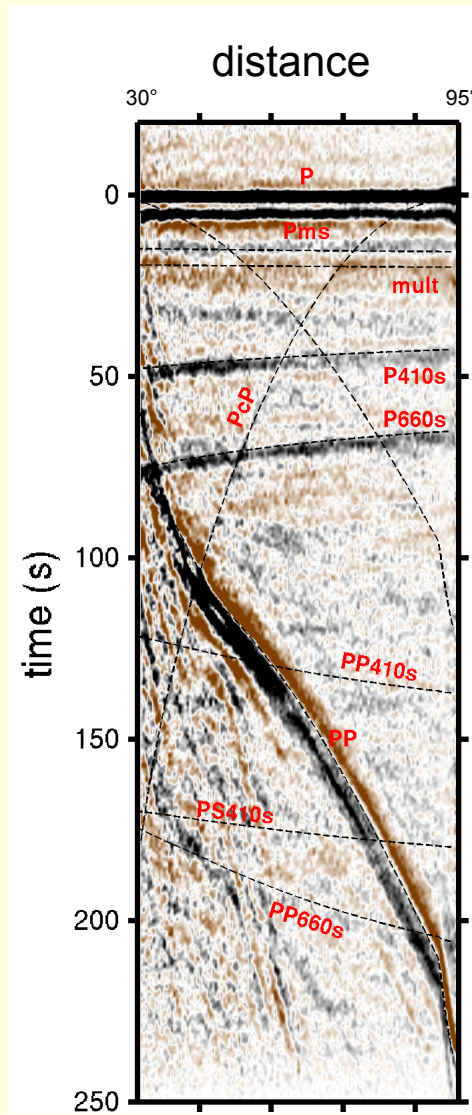
Partie III (Perspective)

Epaisseur des discontinuités sismiques
et dynamique des transitions de
phase.

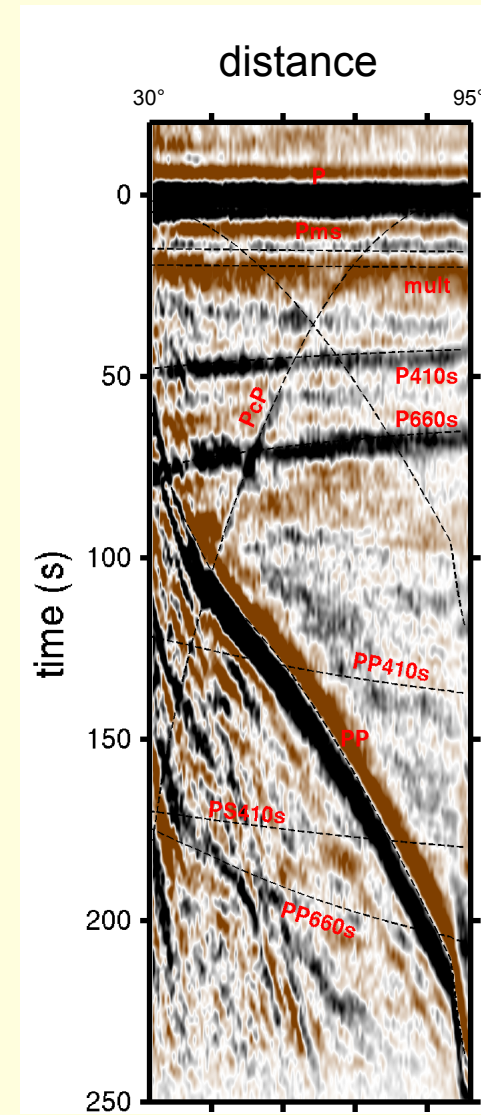
Dépendance en fréquence



1 Hz
65,184 données

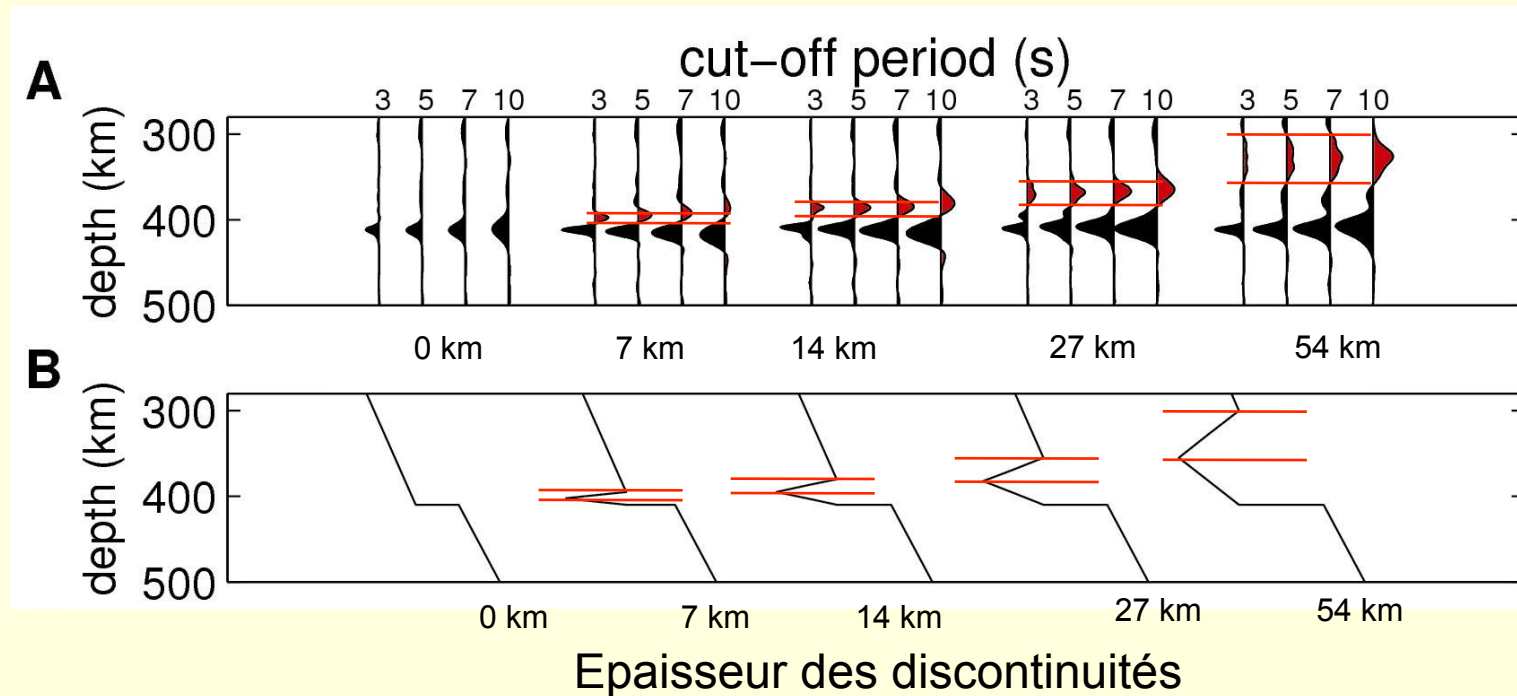


0.2 Hz
66,687 données



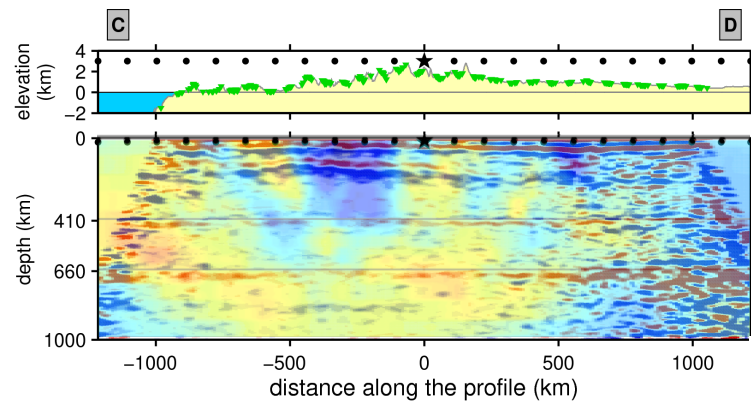
0.1 Hz
58,844 données

Pourquoi s'intéresser à la dépendance en fréquence du signal sismique ?



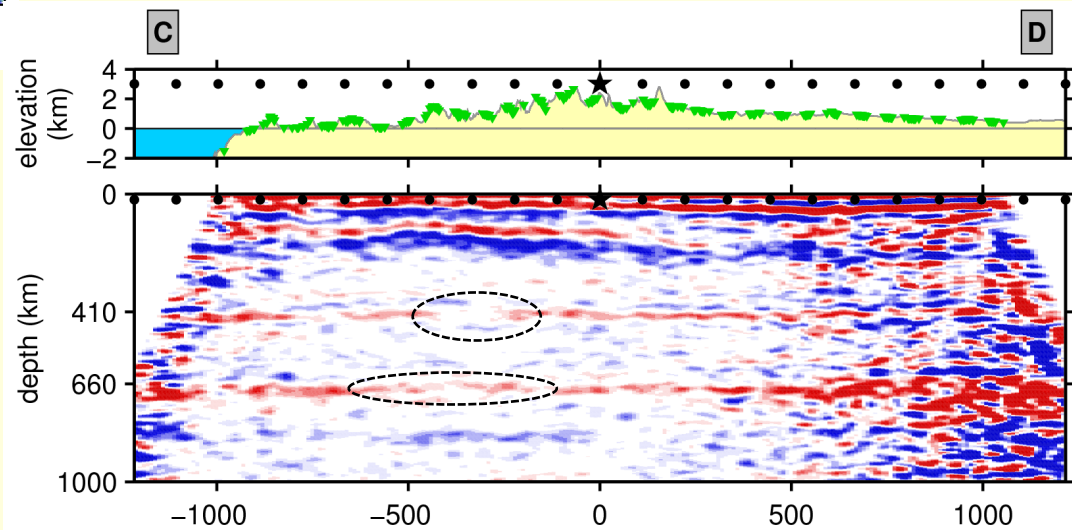
Présence d'eau = **410 + épaisseur** (Frost, *Elements*, 2008)

→ Lien avec le **contenu en eau** de la zone de transition
et le **modèle du filtre en eau**.

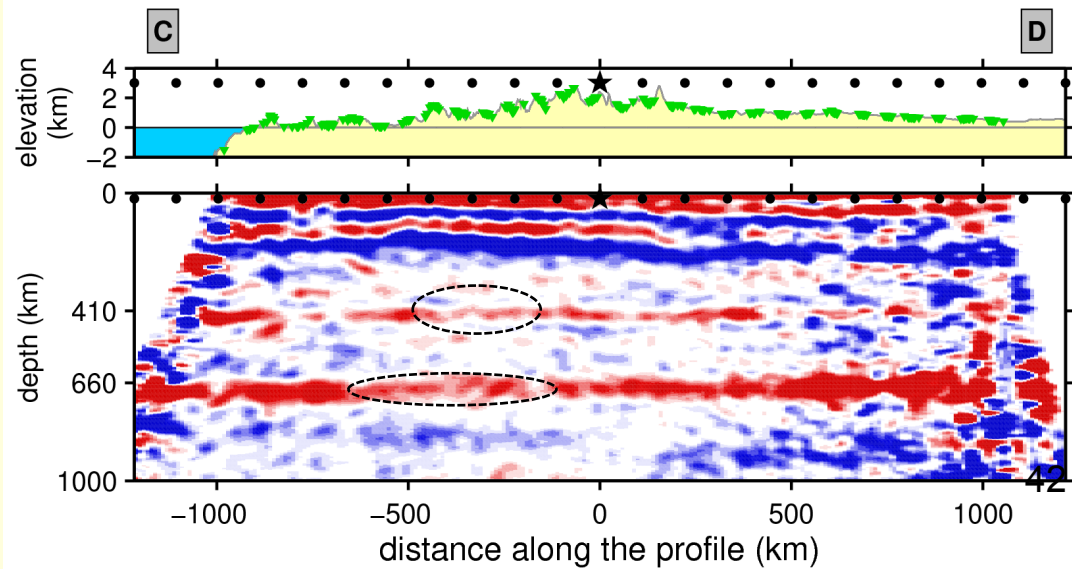


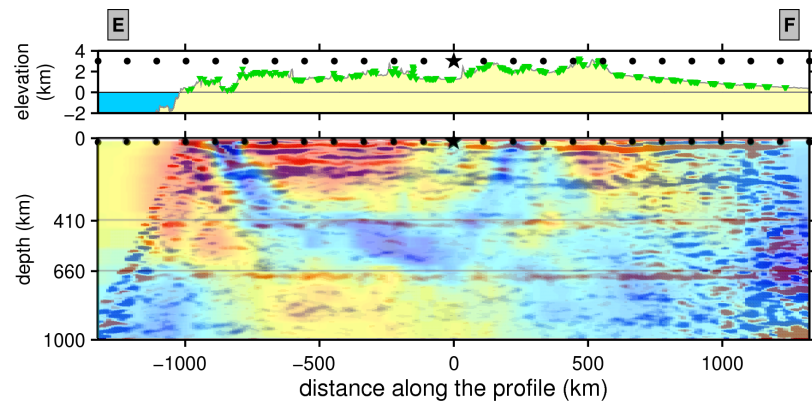
Profil C-D

0.2 Hz



0.1 Hz





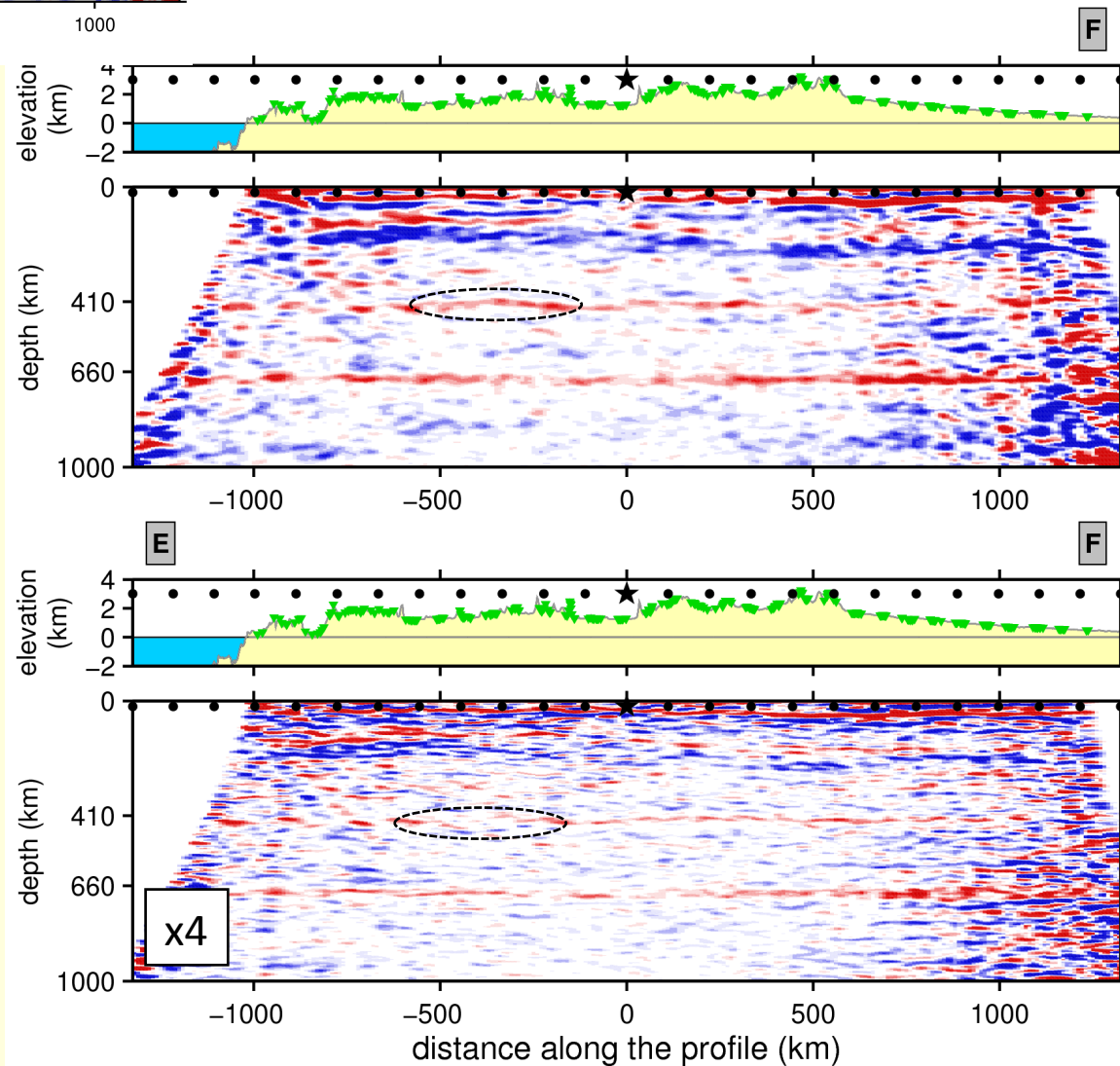
Profil E-F

La '410' est moins profonde

0.2 Hz

La '410' disparaît

1 Hz





Conclusion

Observation d'une **dépendance en fréquence du signal sismique** → Présence d'eau ?

Mais problèmes...

Effets sur les **amplitudes de migration** :

- Structure de **vitesse 3D**.
- **Fréquence finie** (zones de Fresnel).
- Forte **topographie** (diffractions, focusing-defocusing).
- **Anélasticité**.

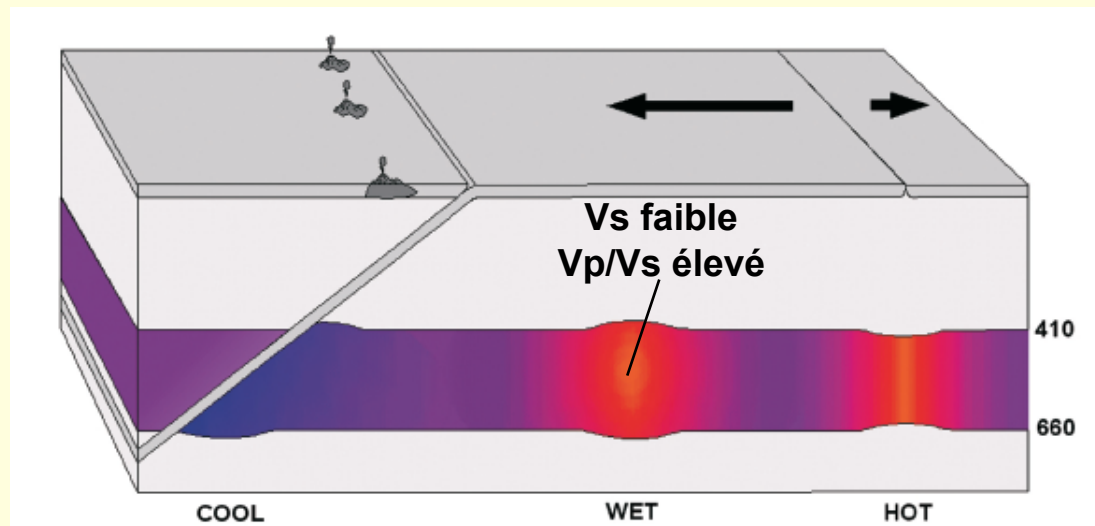
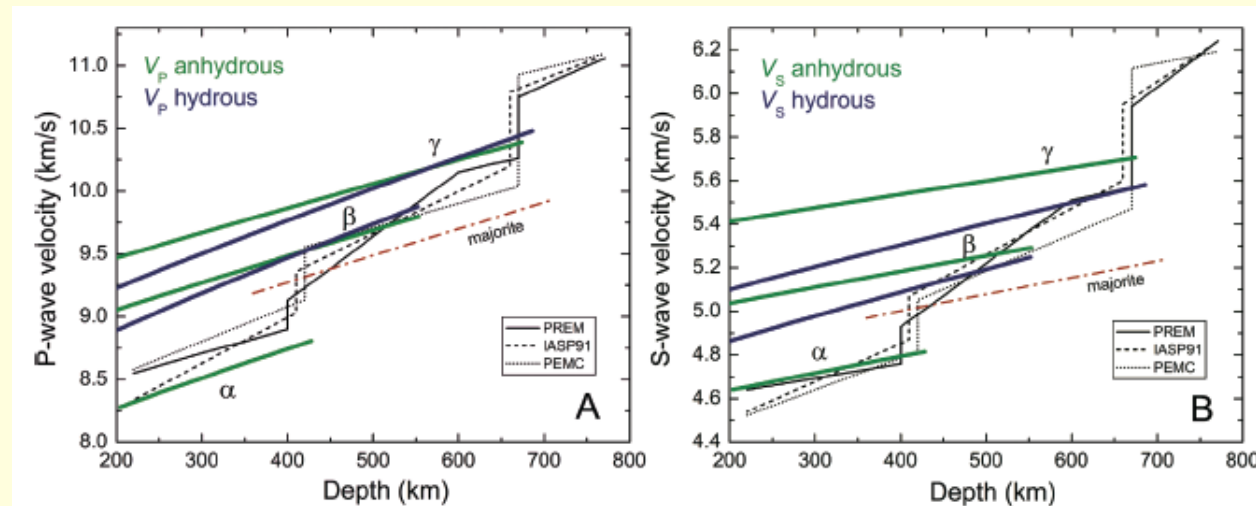


Partie IV (Perspective)

Vers une contrainte du rapport V_p/V_s
dans la zone de transition.

Pourquoi s'intéresser à V_p/V_s dans la zone de transition ?

Smyth & Jacobsen,
AGU monograph,
2006

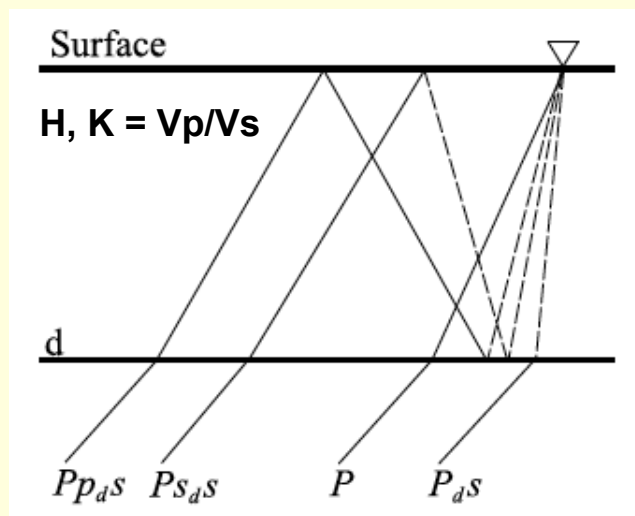


→ Lien avec le **contenu en eau** de la zone de transition et le **modèle du filtre en eau**.

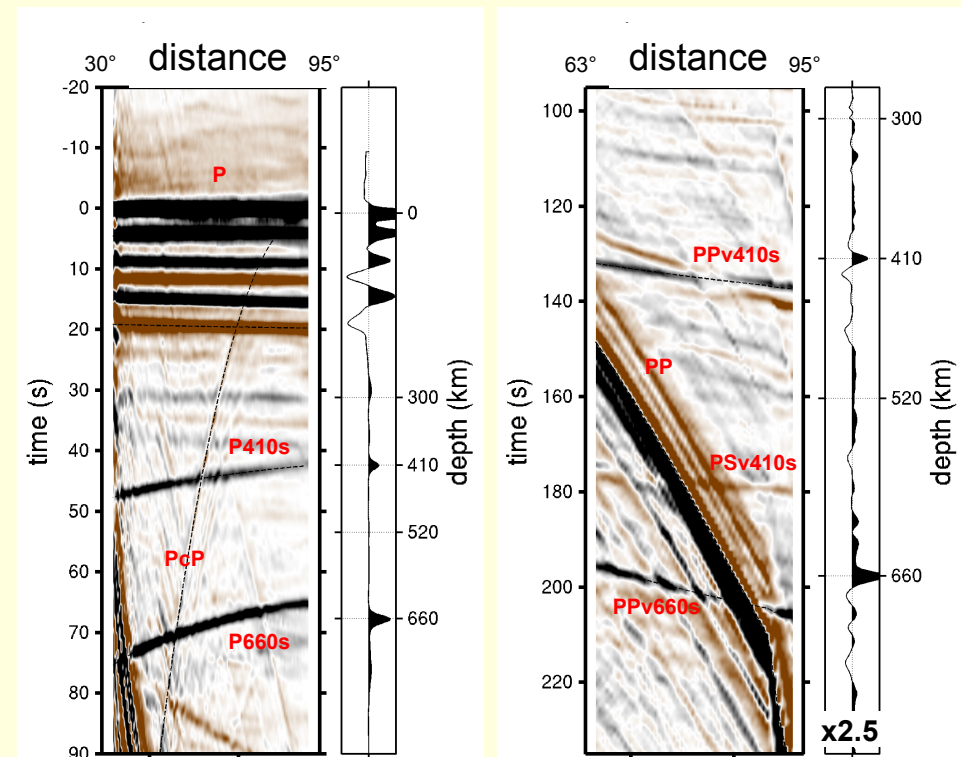
Réverbérations multiples et la méthode H-K

Initialement, appliqué à la croûte

(e.g. Zhu & Kanamori, *JGR*, 2000)

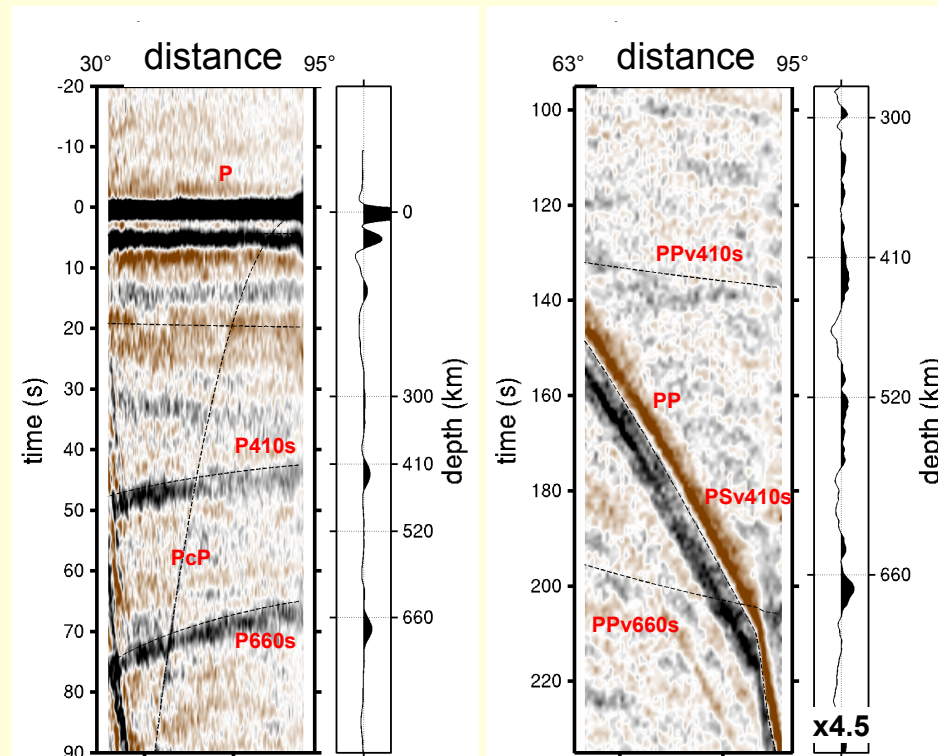


Données synthétiques



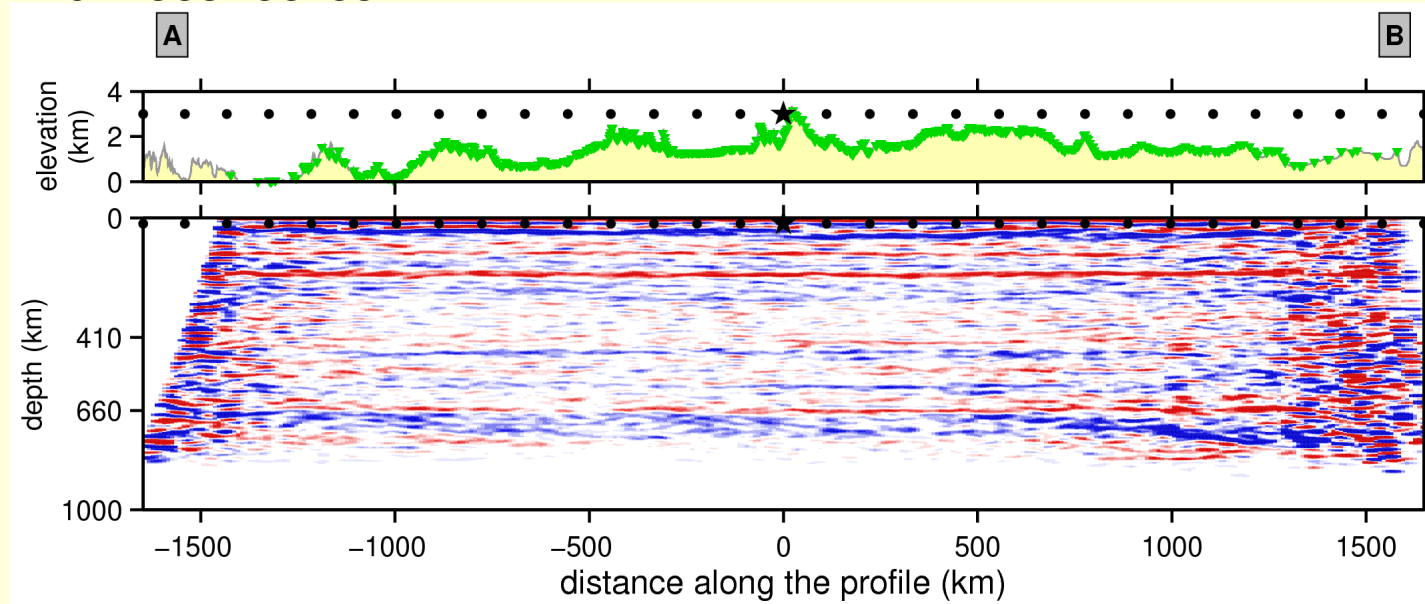
Fonctions récepteurs

Données réelles



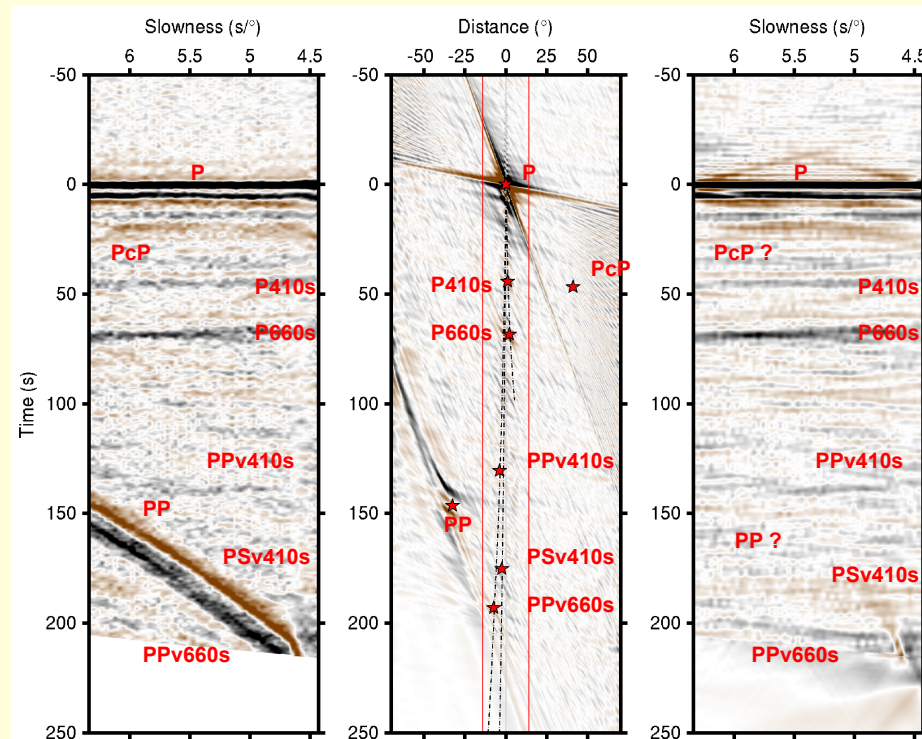
Migrations CCP - PPds

Données réelles



Filtrage dans le domaine de Radon

Données réelles

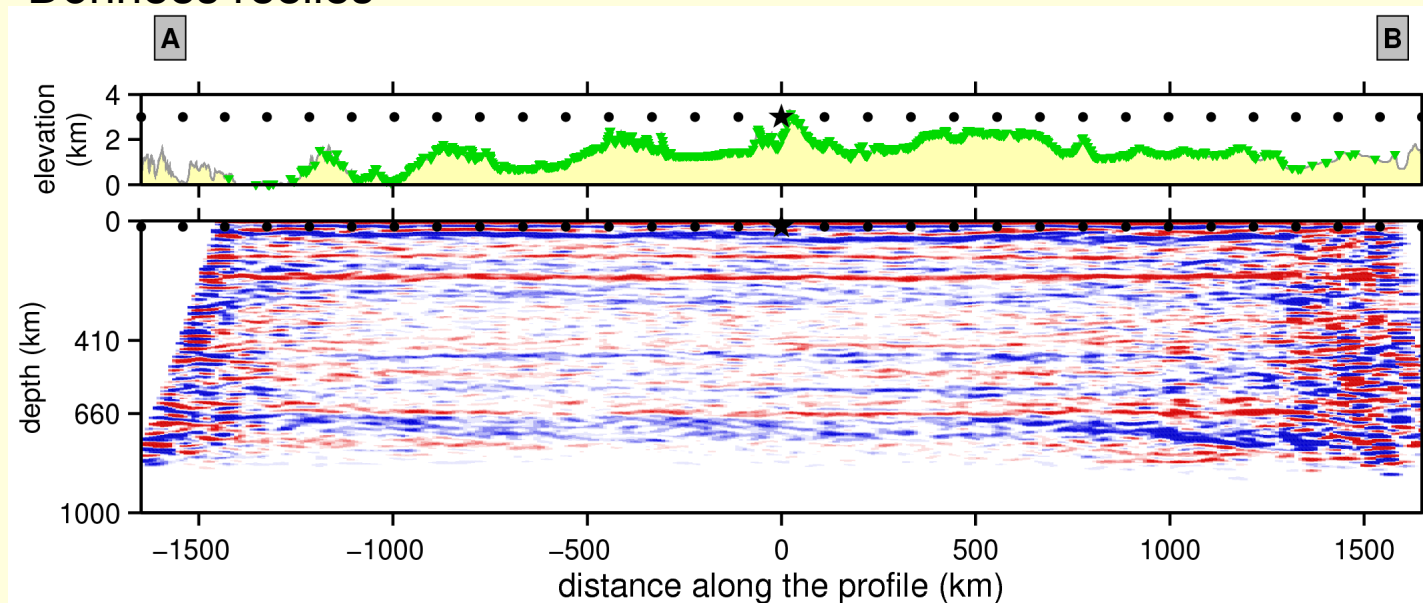


Damped Least-Squares Radon Transform (LSRT)

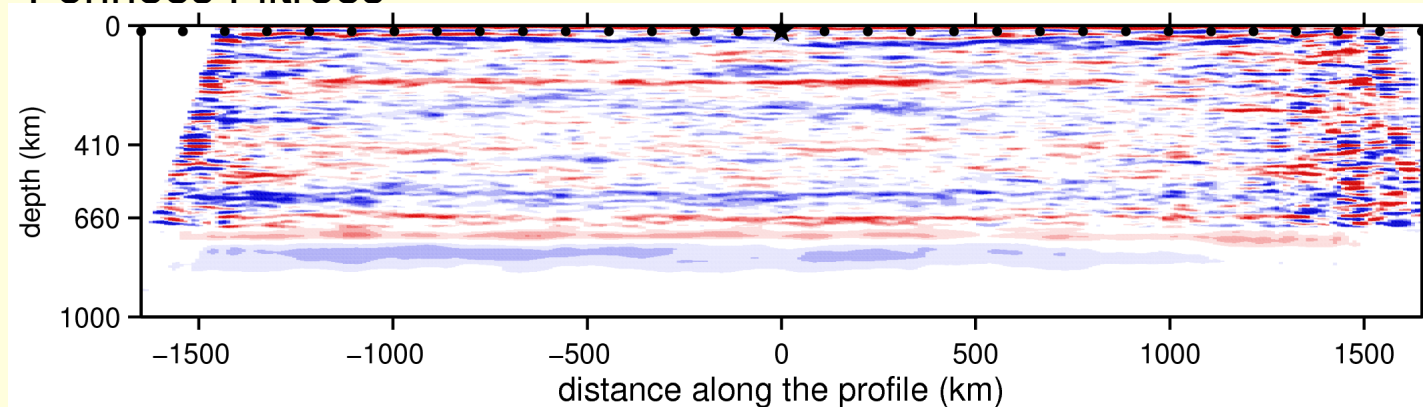
An et al., *JGR*, 2007; Gu & Sacchi, *Surv. Geophys.*, 2009

Migrations CCP - PPds

Données réelles



Fonées Filtrées





Conclusion

Possible d'observer les **réverbérations** au dessus de la **410** et la **660** sur les données du Transportable Array

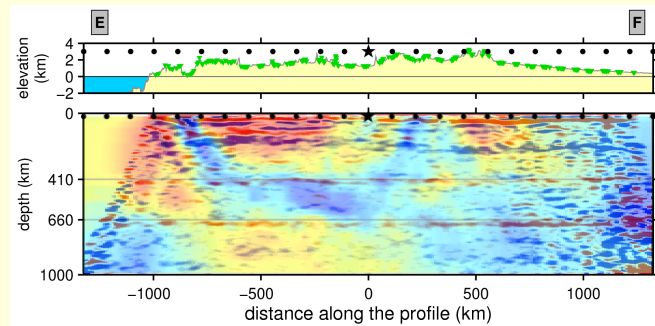
→ Vers une contrainte du **rapport V_p/V_s**

→ Estimation du **contenu en eau** de la zone de transition ?

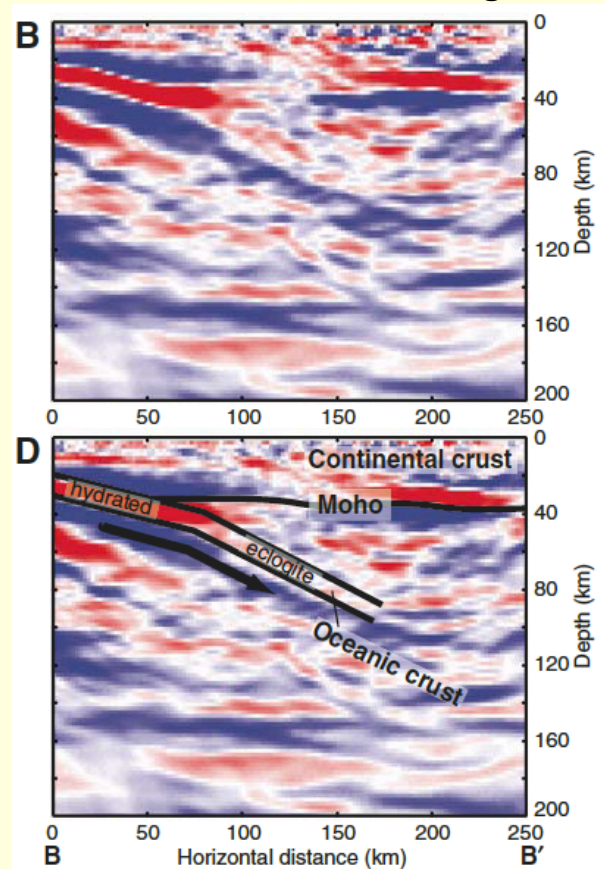


Et ensuite...

Perspectives à plus long terme

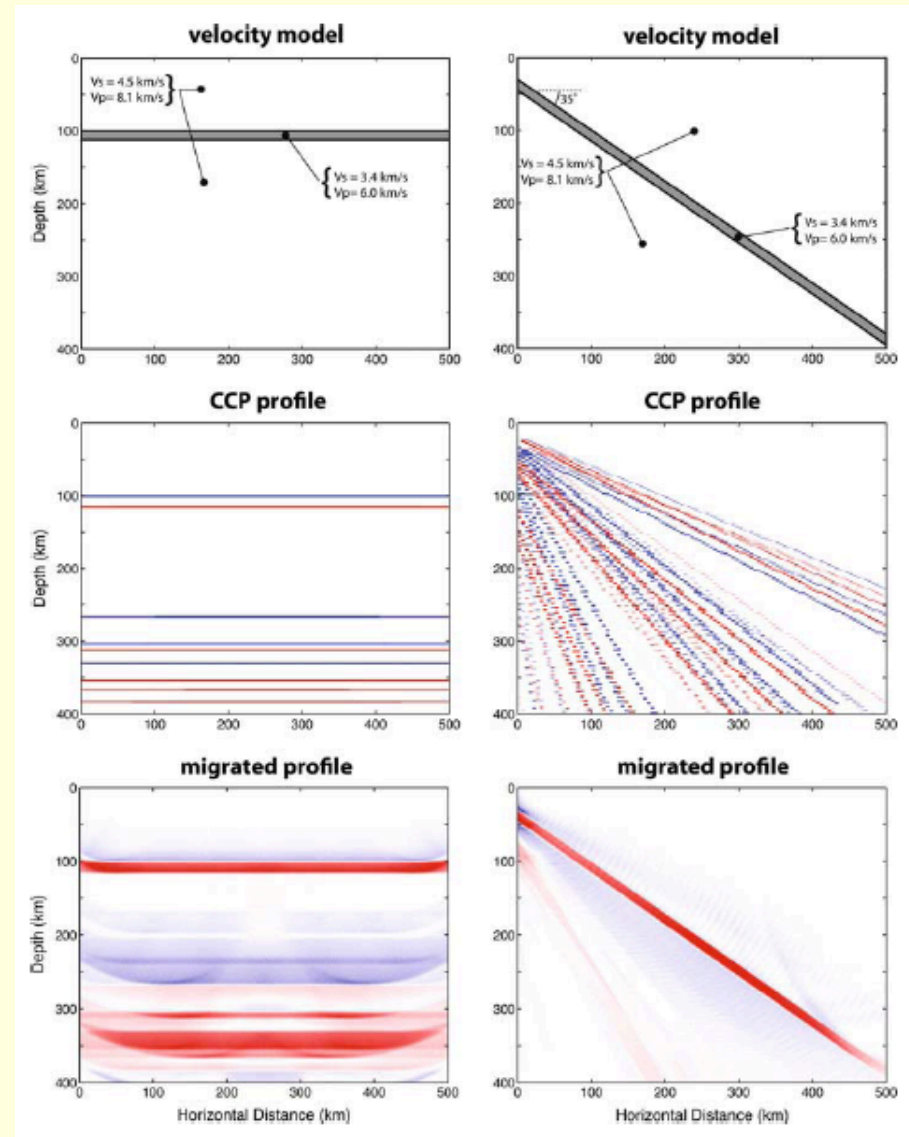


Juan de Fuca sous l'Oregon

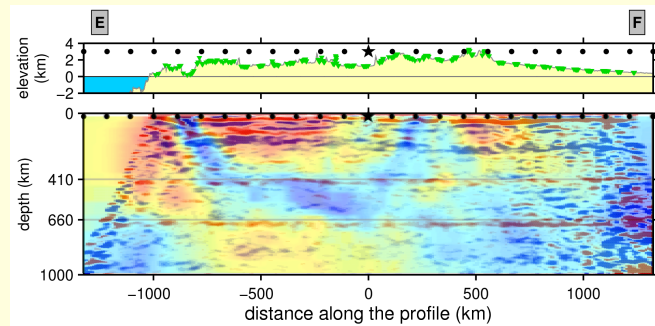


Rondenay et al., *Geology*, 2008

Migration (type Kirchhoff)

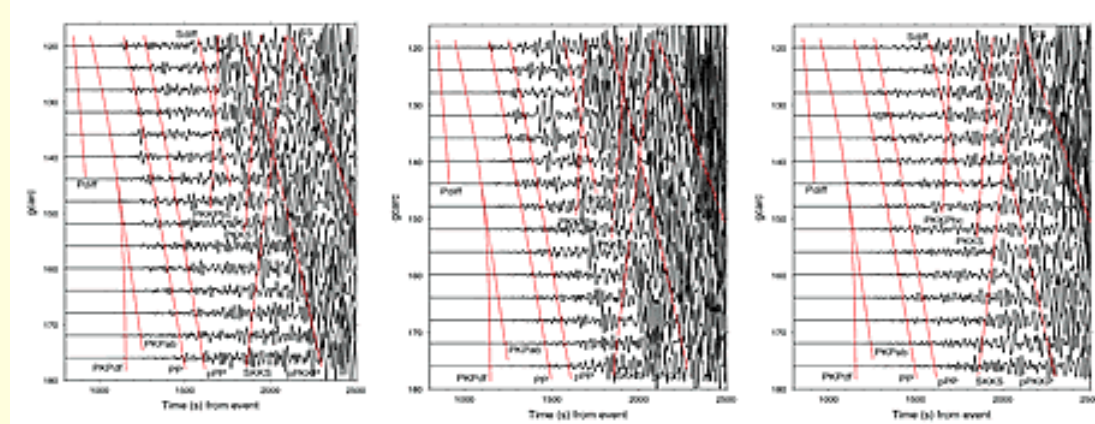
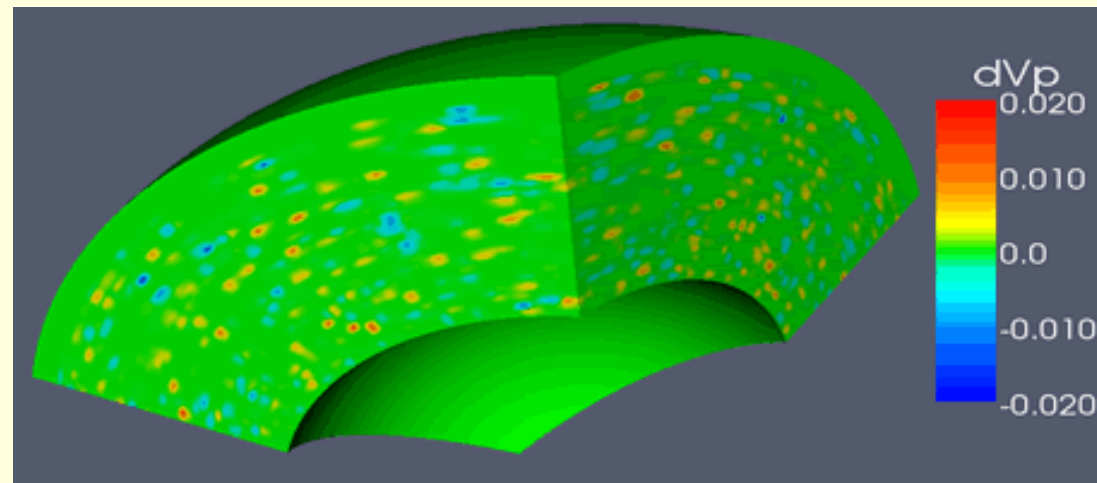


Rondenay, *Surv. Geophys*, 2009



Simulation de propagation d'onde Méthode par éléments spectraux

Caltech website (<http://www.gps.caltech.edu/>)





Merci !

Contact

Benoît TAUZIN,
Université d'Utrecht,
Pays-Bas

benoit@geo.uu.nl

<http://eost.u-strasbg.fr/benoit/index.html>

