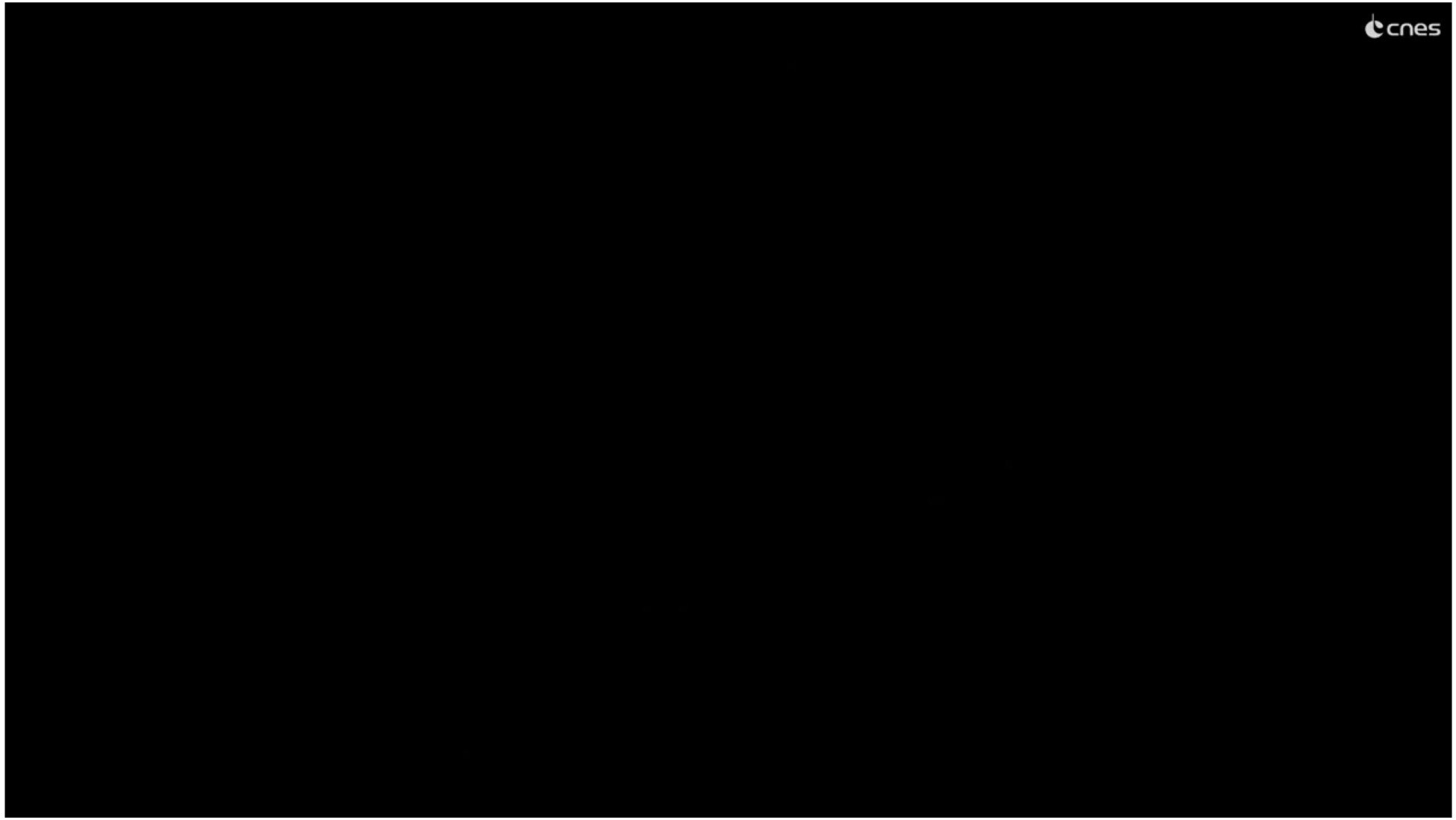
InSight

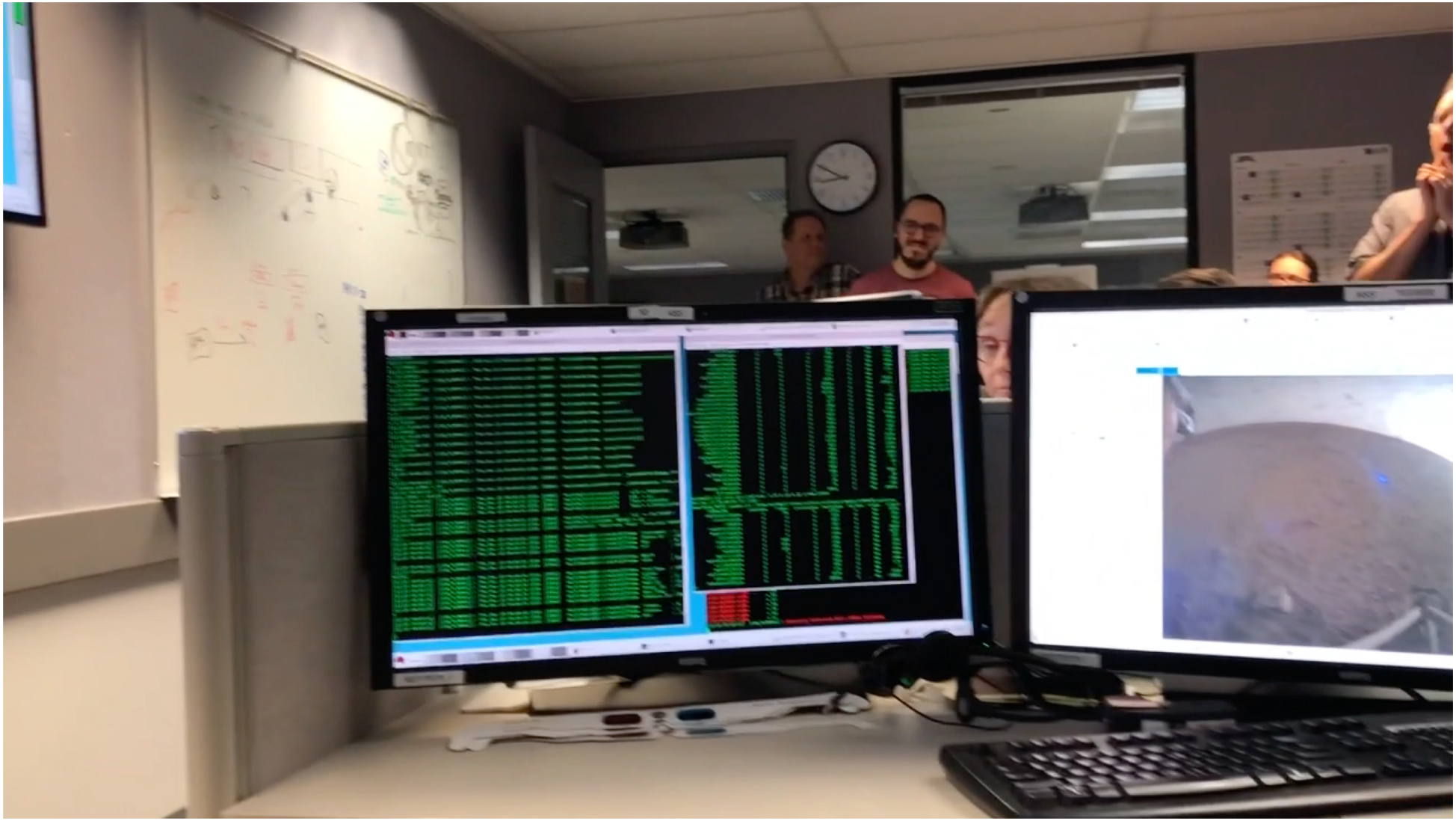
InSight sur Mars: premiers résultats scientifique ….de SEIS

Philippe Lognonné et l'équipe internationale SEIS

Il y a un an….

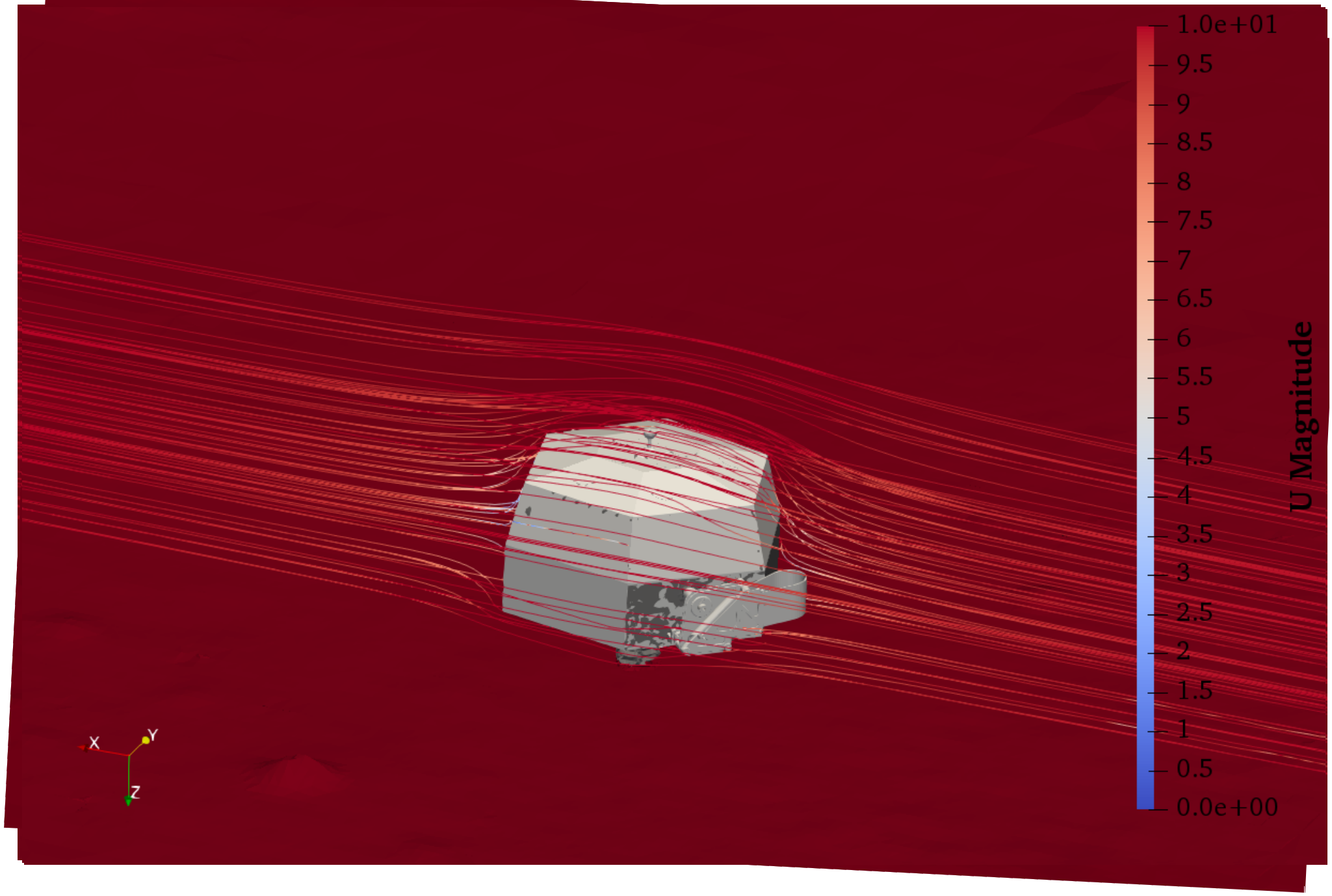


Déploiement… Le vrai atterrissage de SEIS

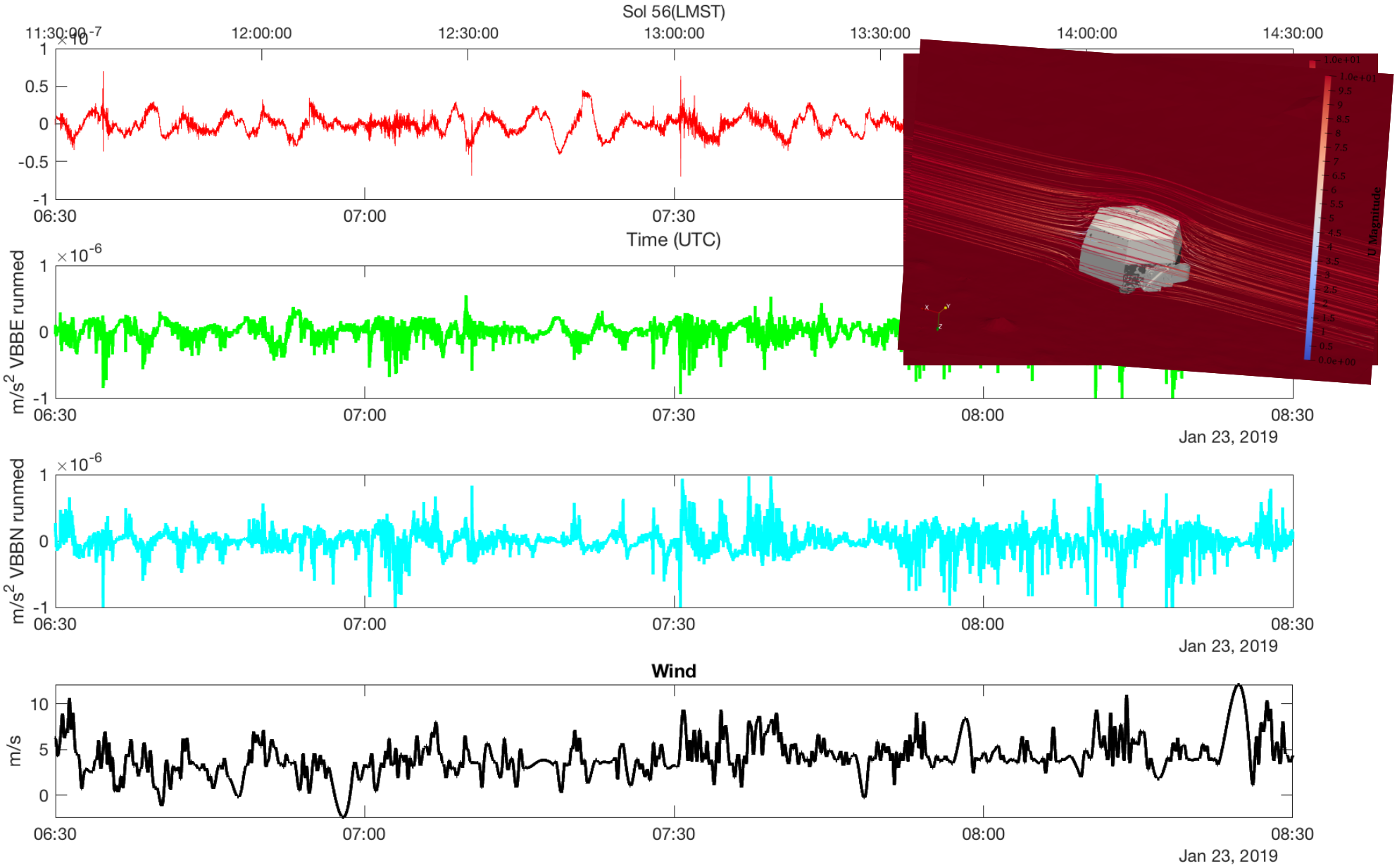


SEIS dans le vent…..

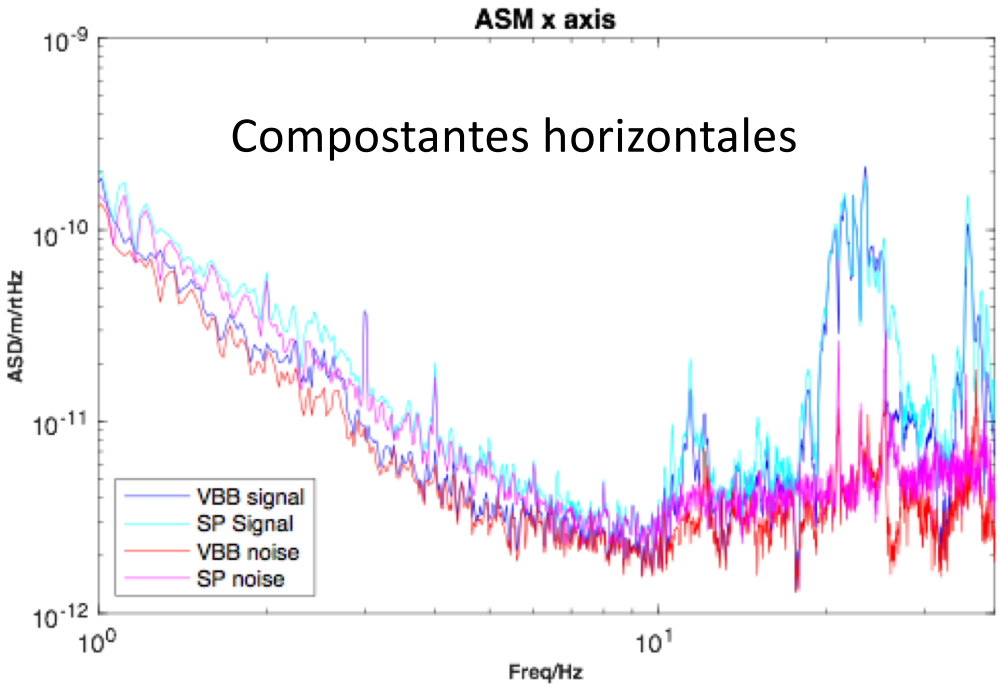
N.Verdier (CNES) et al.

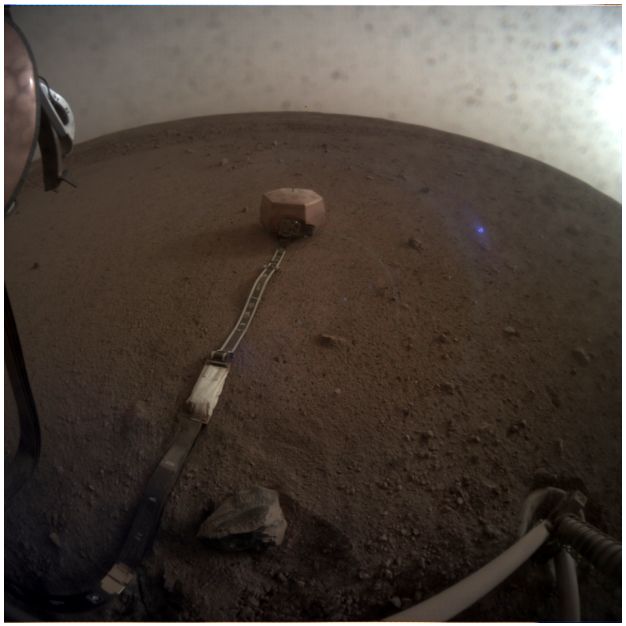


SEIS (sans bouclier)

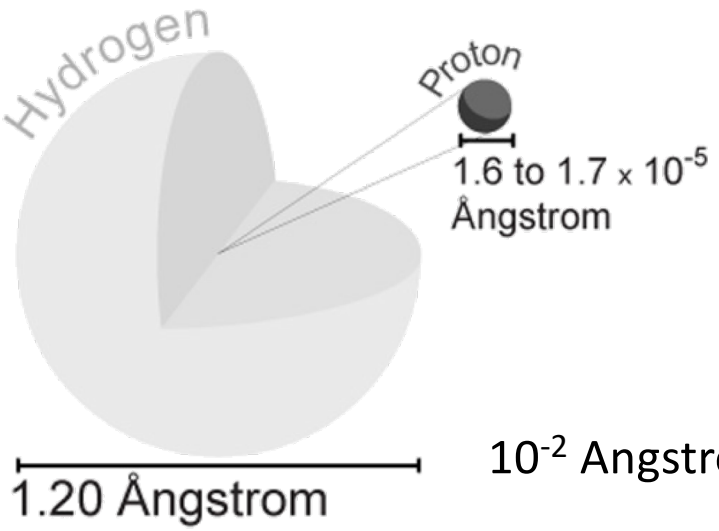


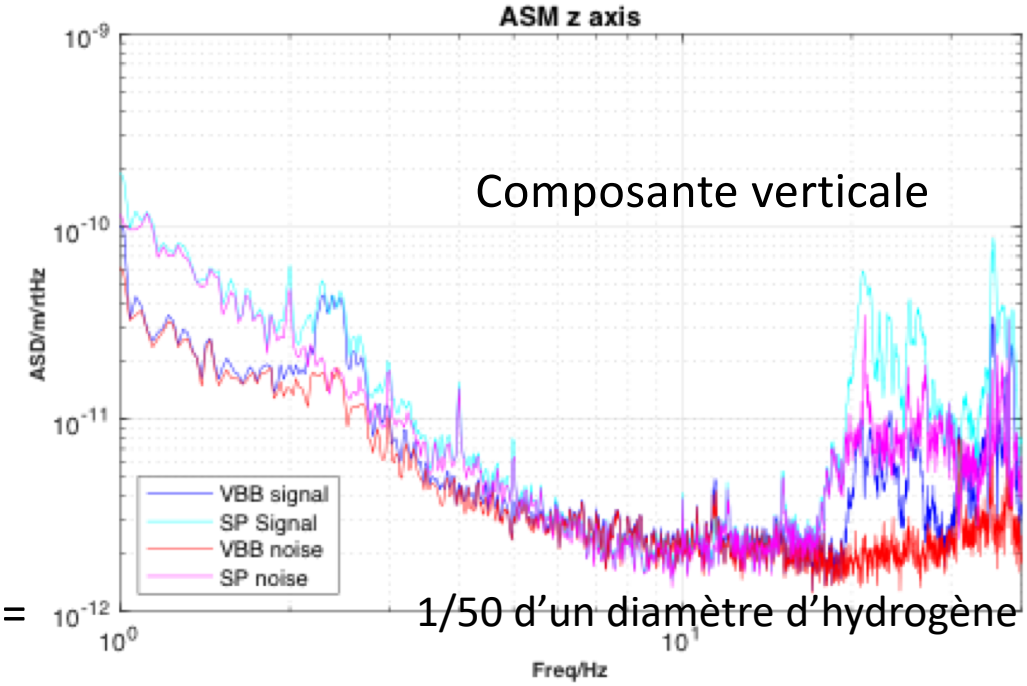
Sensibilité des instruments….déjà au rendez vous…





T.Pike (IC) et al.



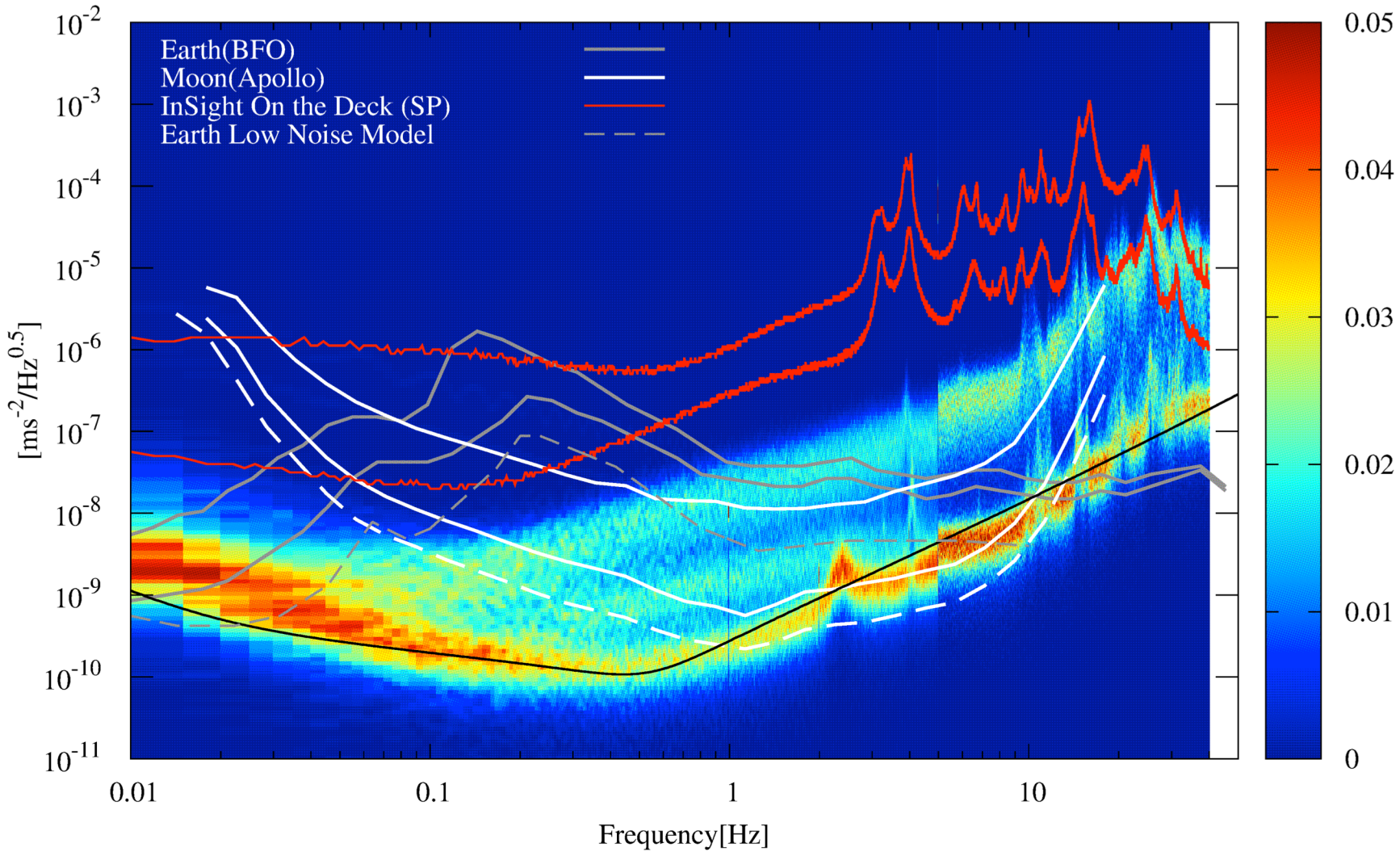


10^{-2} Angstrom = 1/50 d'un diamètre d'hydrogène

Fin du déploiement….

Qualité de l'installation: digne du Guiness book of record

- Entre 5 secondes et 15 secondes, SEIS sur Mars enregistre les signaux les plus faibles de l'histoire de la sismologie



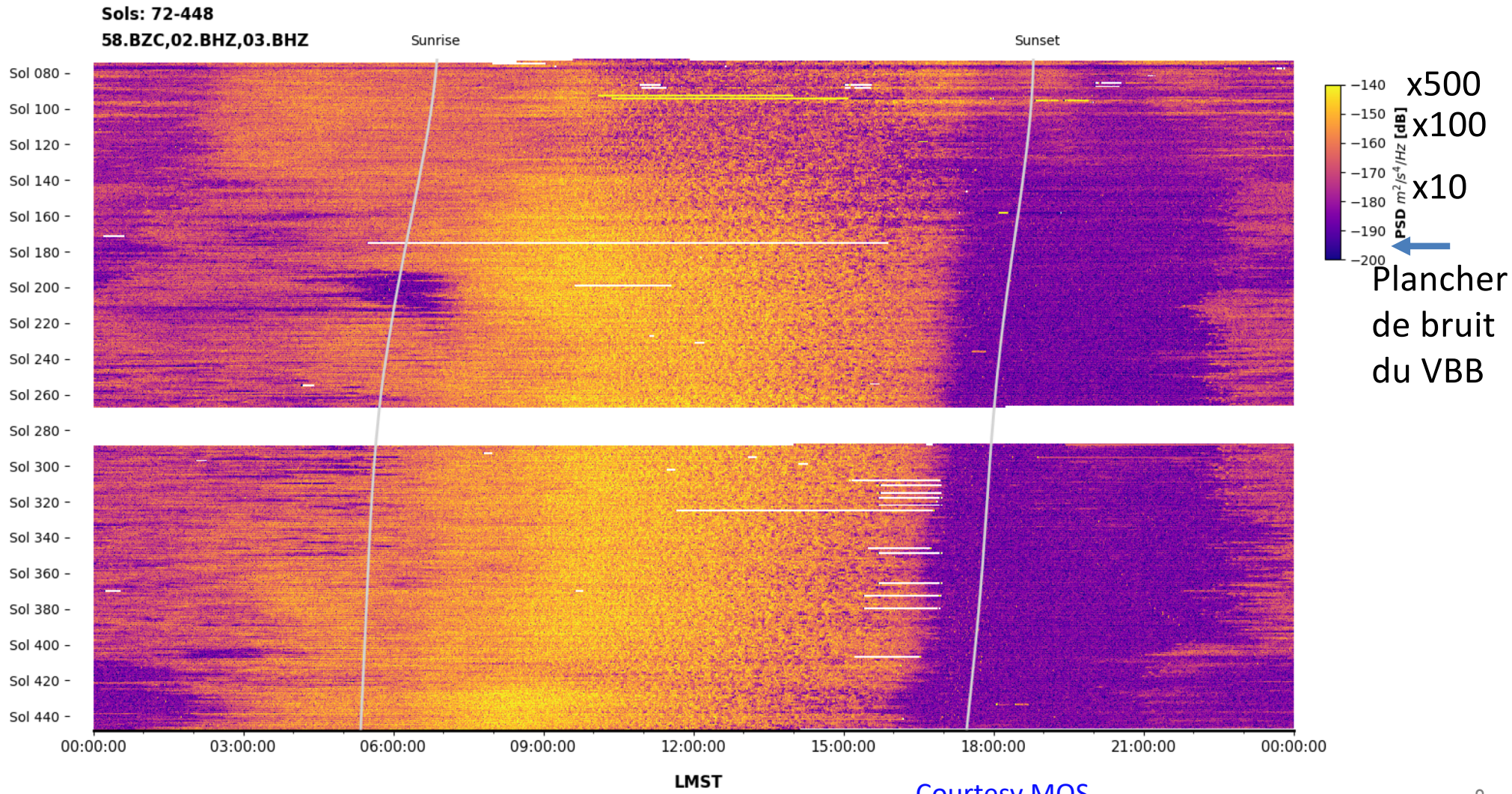
Lognonné et al. (2020) with T.Kawamura

Plus de 370 jours (martiens) de mesures…

Fin de nuit agitée…

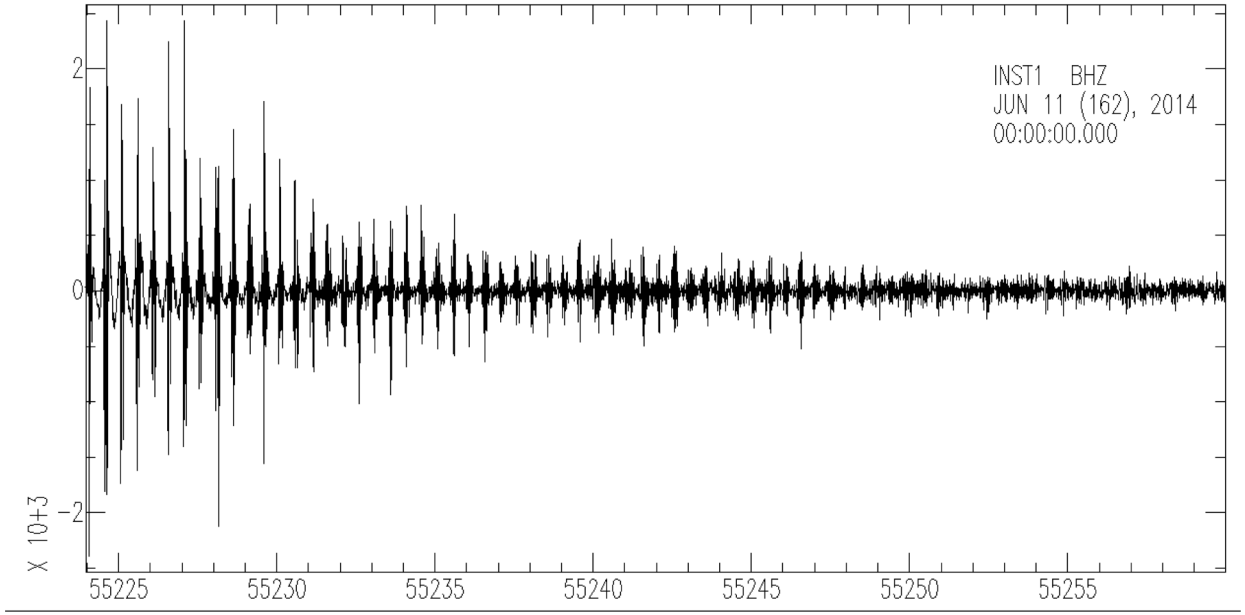
Matinée agitée par les tourbillons de vent

Fin d'après midi et début de nuit calme

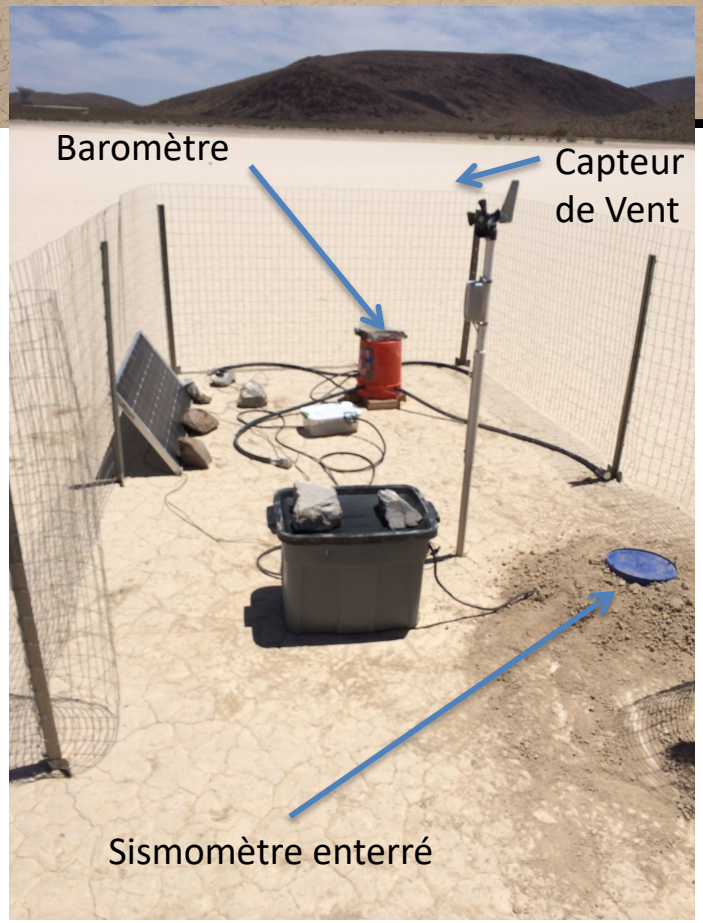


Courtesy MQS

Sismologie sans séismes….. Sur Terre

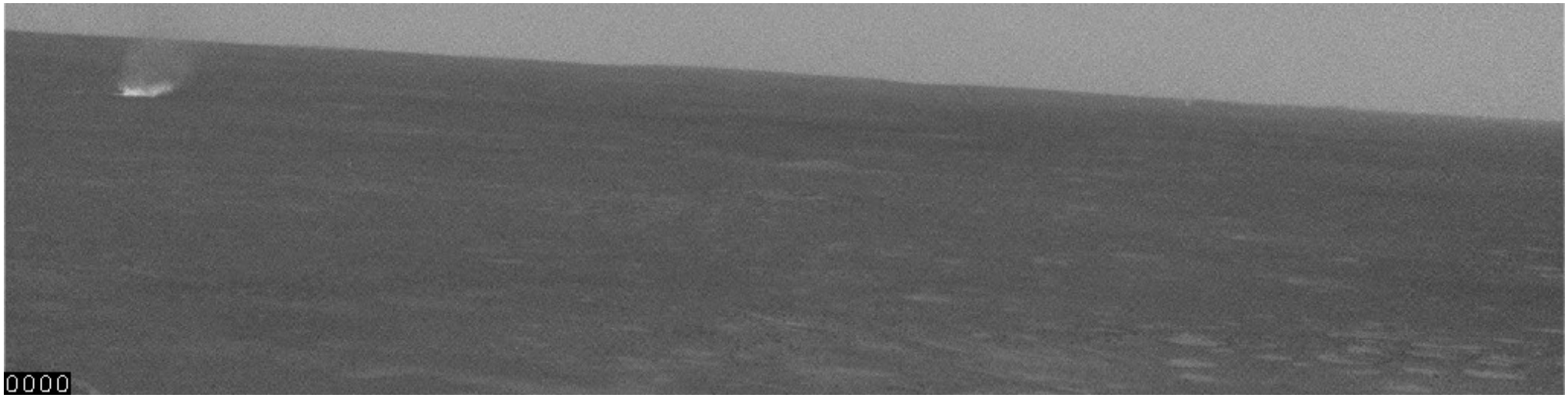


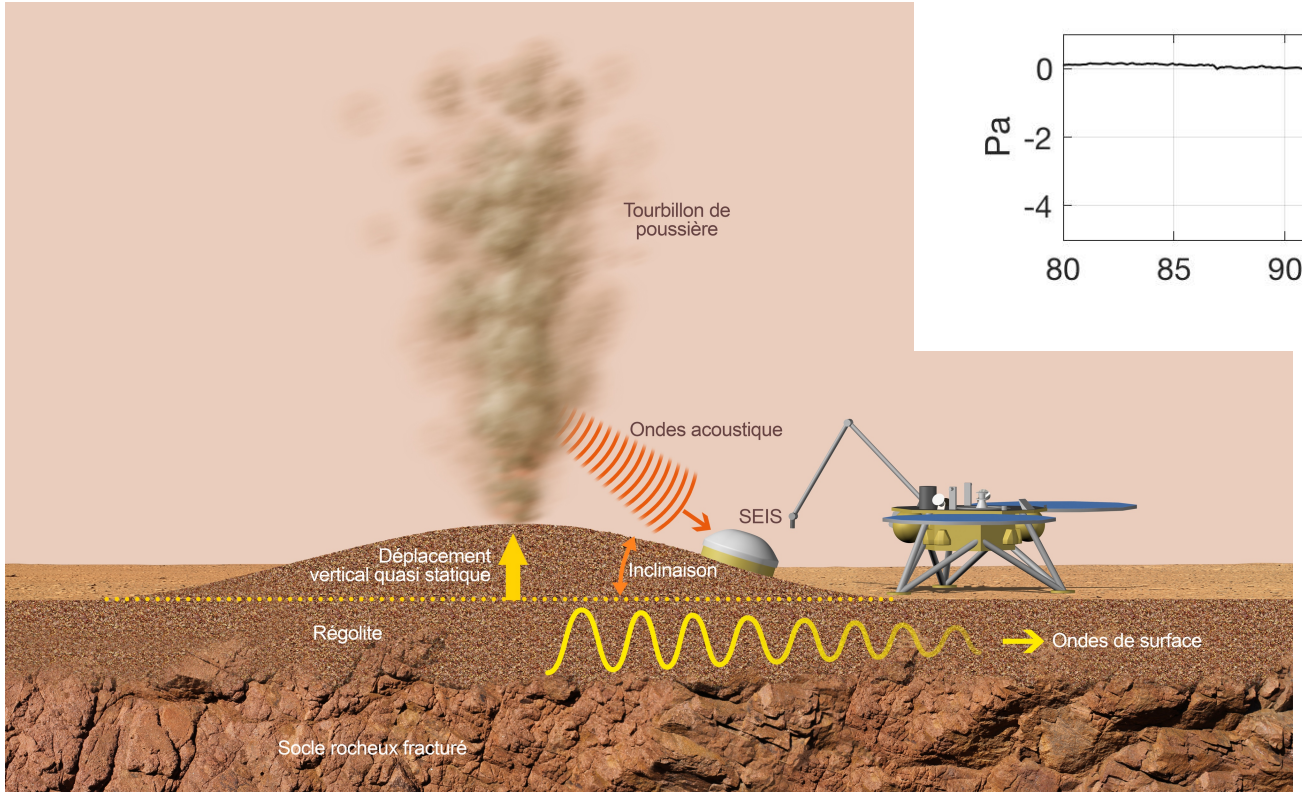
Vibration d'une personne s'éloignant du sismomètre

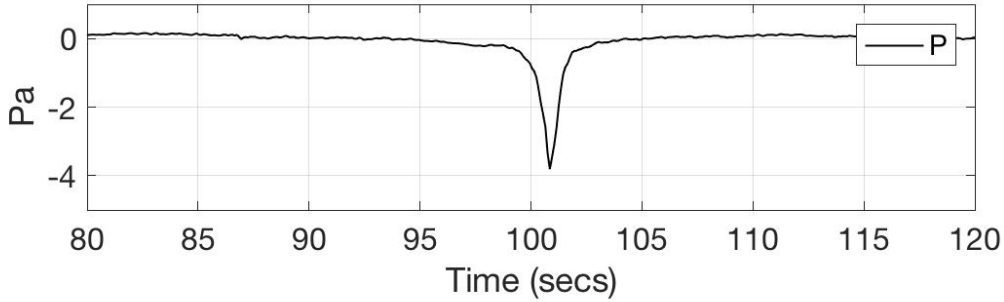


S.Kedar (JPL) et al.

Sismologie sans séismes….. Sur Mars



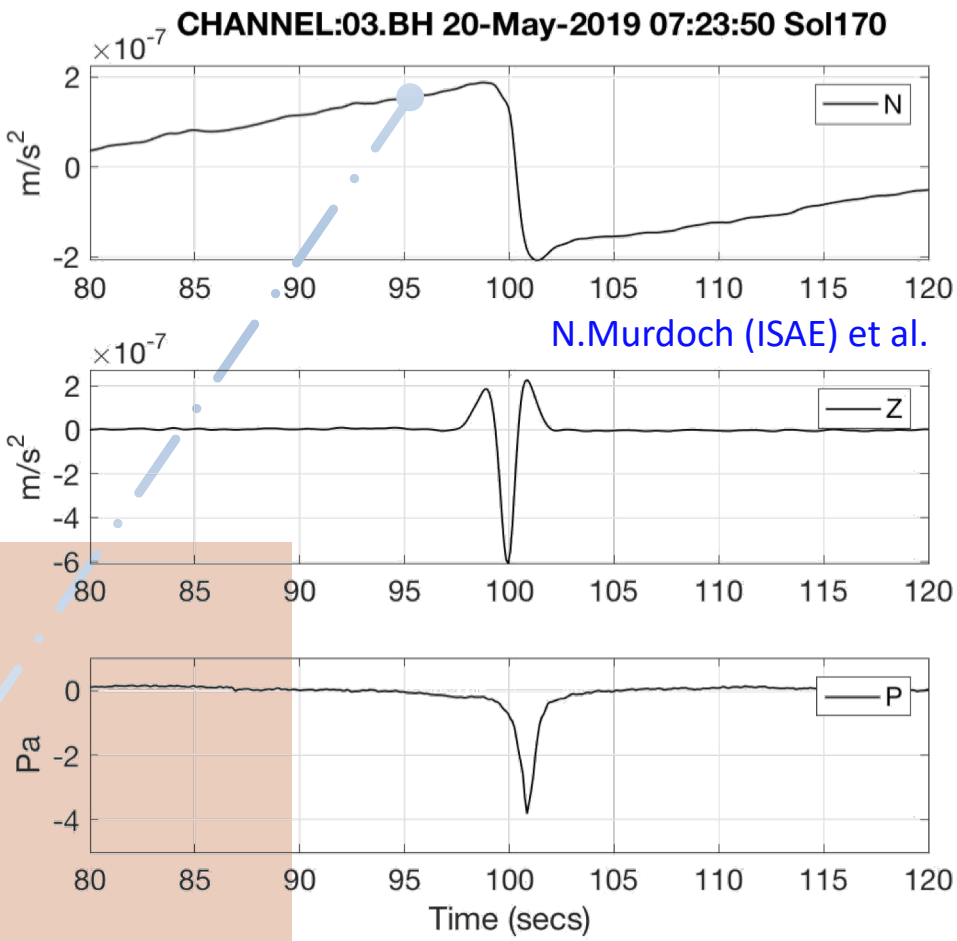




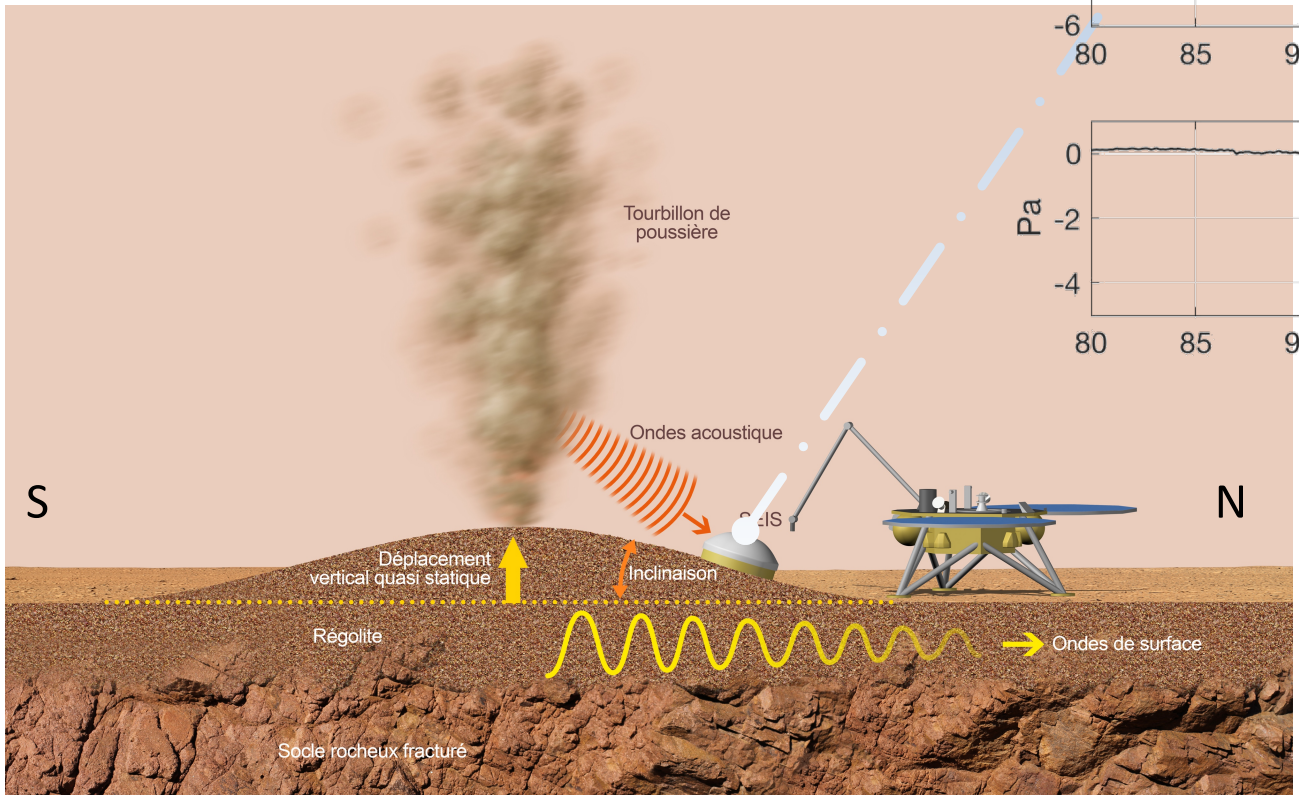
- l'air remonte dans le tourbillon créant une dépression
- La dépression dans le tourbillon aspire la surface

Sismologie sans séismes….. Sur Mars

- Suivant la taille, la dépression exerce sur le sol une force (vers le haut) comparable au poids d'un petit chien… ou d'un rhinocéros…



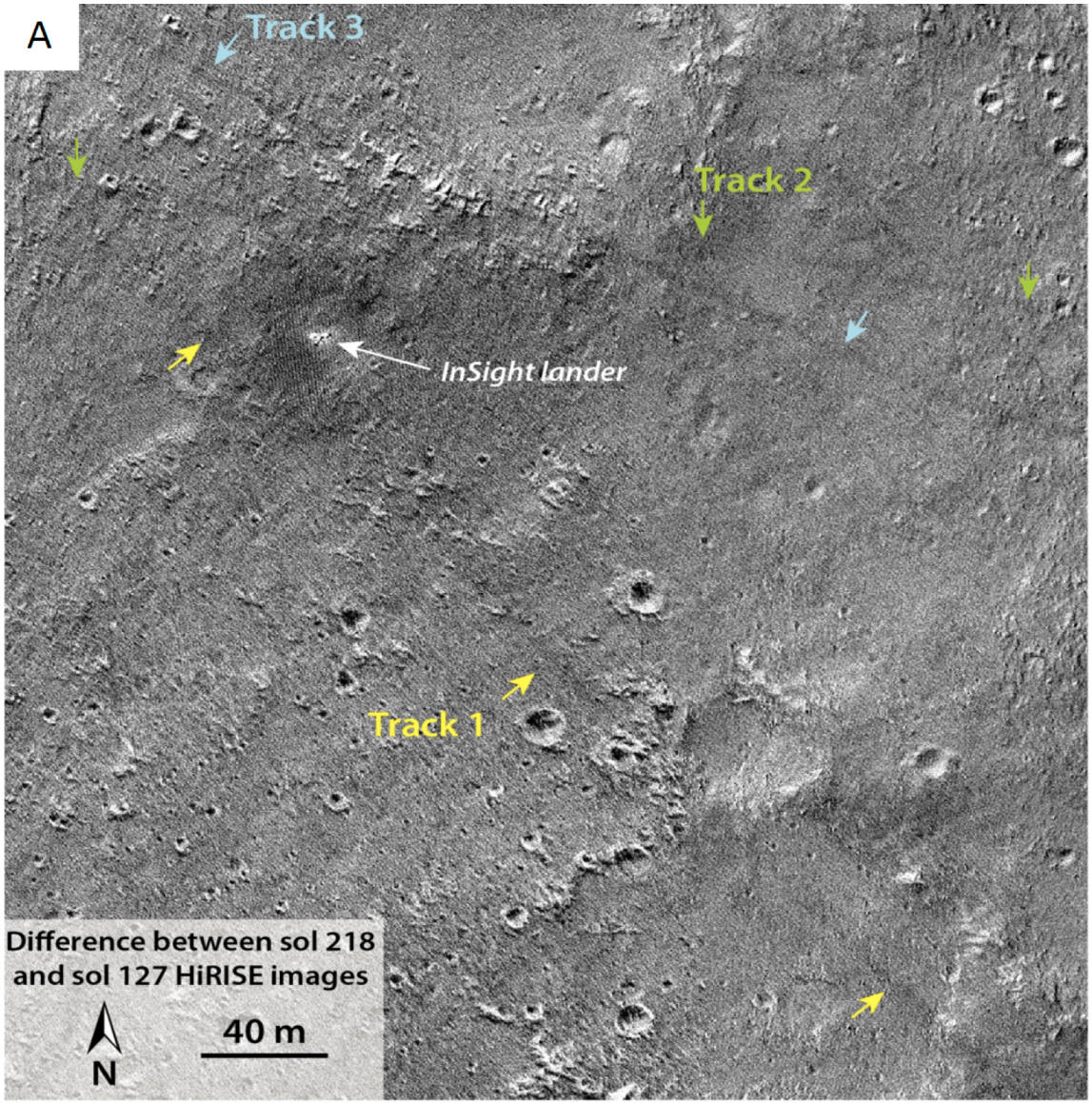
N.Murdoch (ISAE) et al.

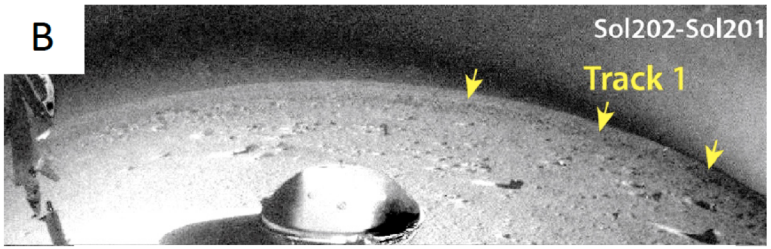


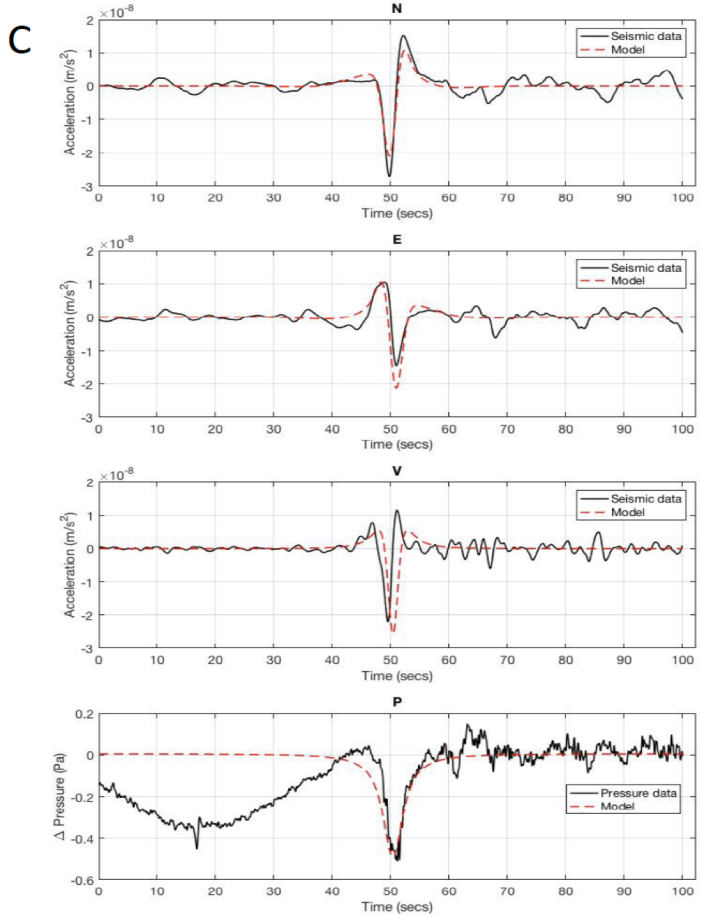
Ce tourbillon…

Petit tourbillon…

Sismologie sans séismes….. Sur Mars avec des Images…

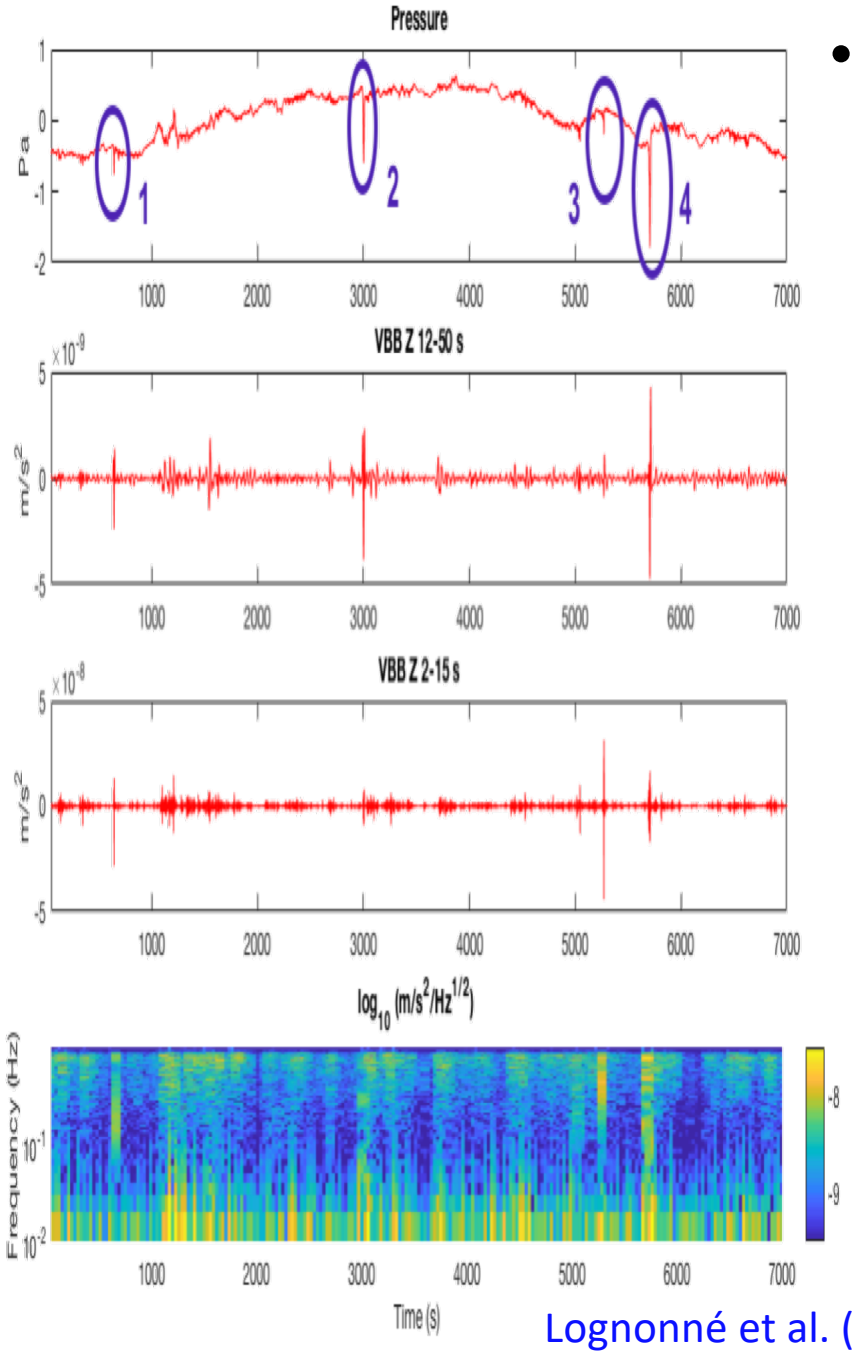




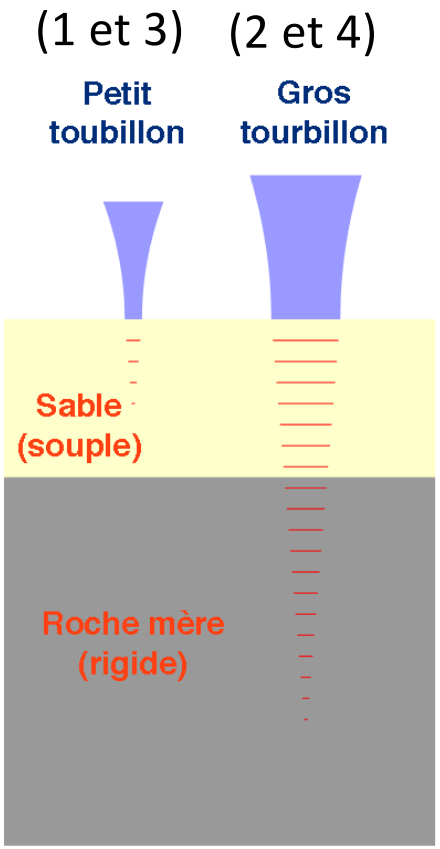


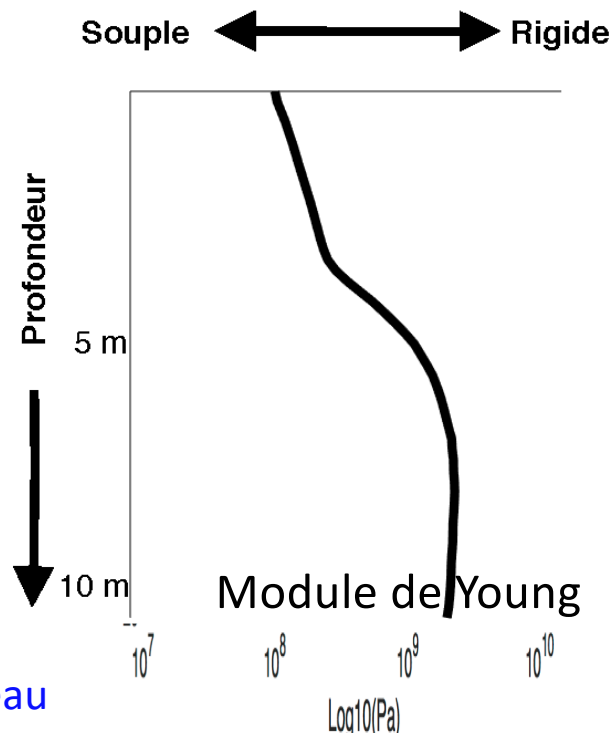
- Banerdt et al. (2020) with C.Perrin, N.Murdoch

Premiers sondages de la subsurface (à la surface de Mars)



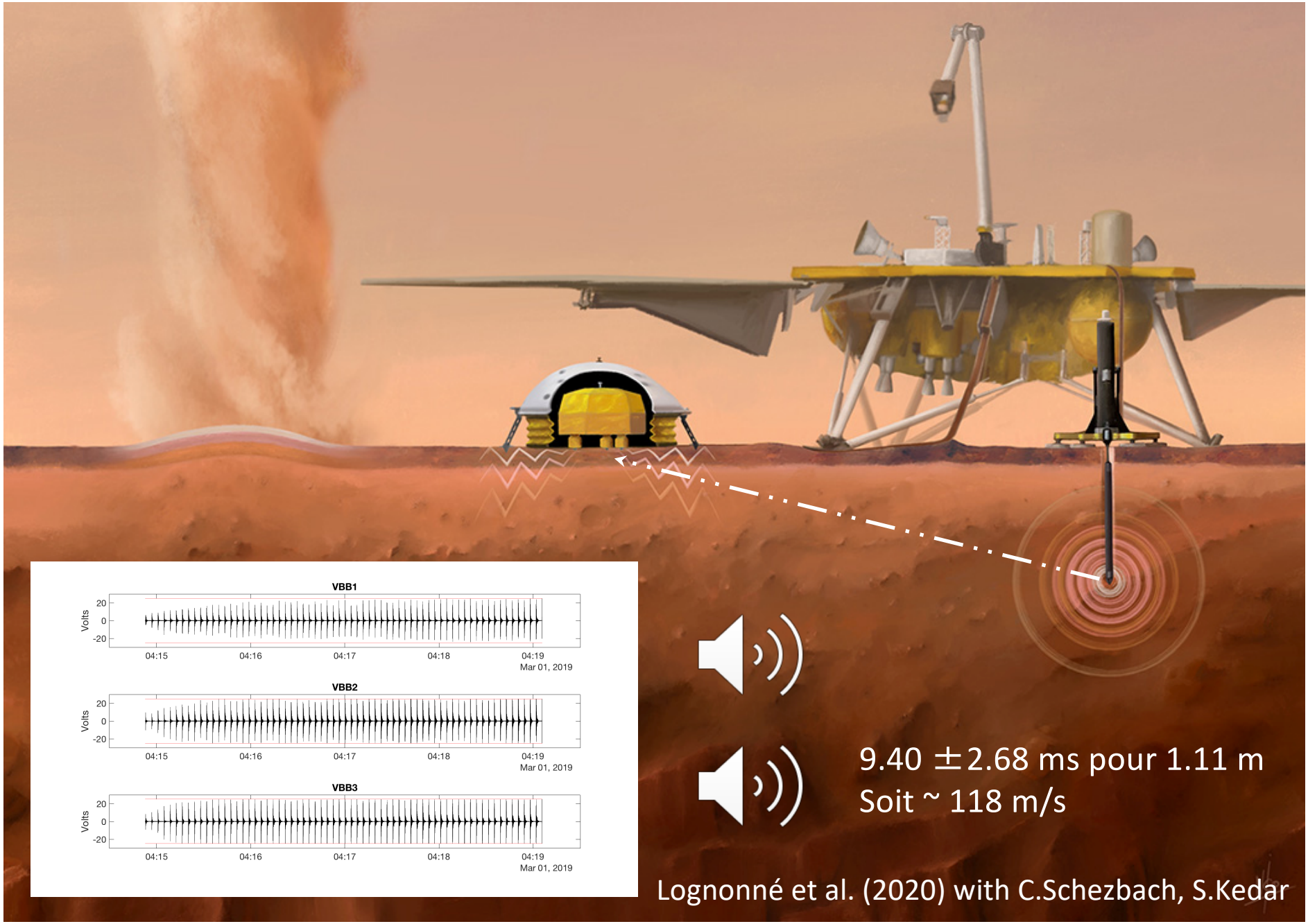
- Nos premiers modèles détectent une roche mère à faible profondeur, ~ 2-3 m au dessus de loess/regolith de faible rigidité.





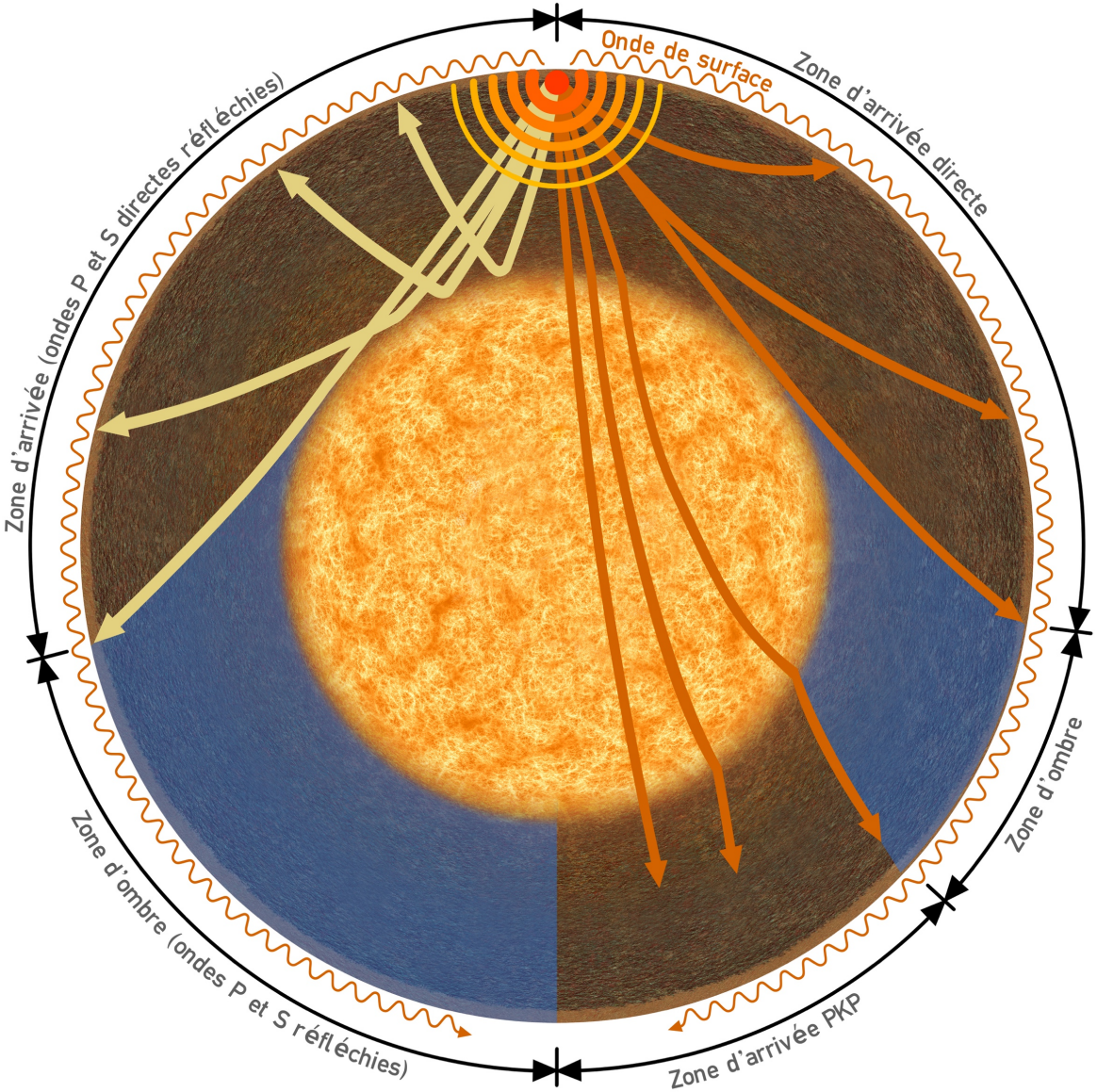
Lognonné et al. (2020) with B.Kenda, M.Drilleau

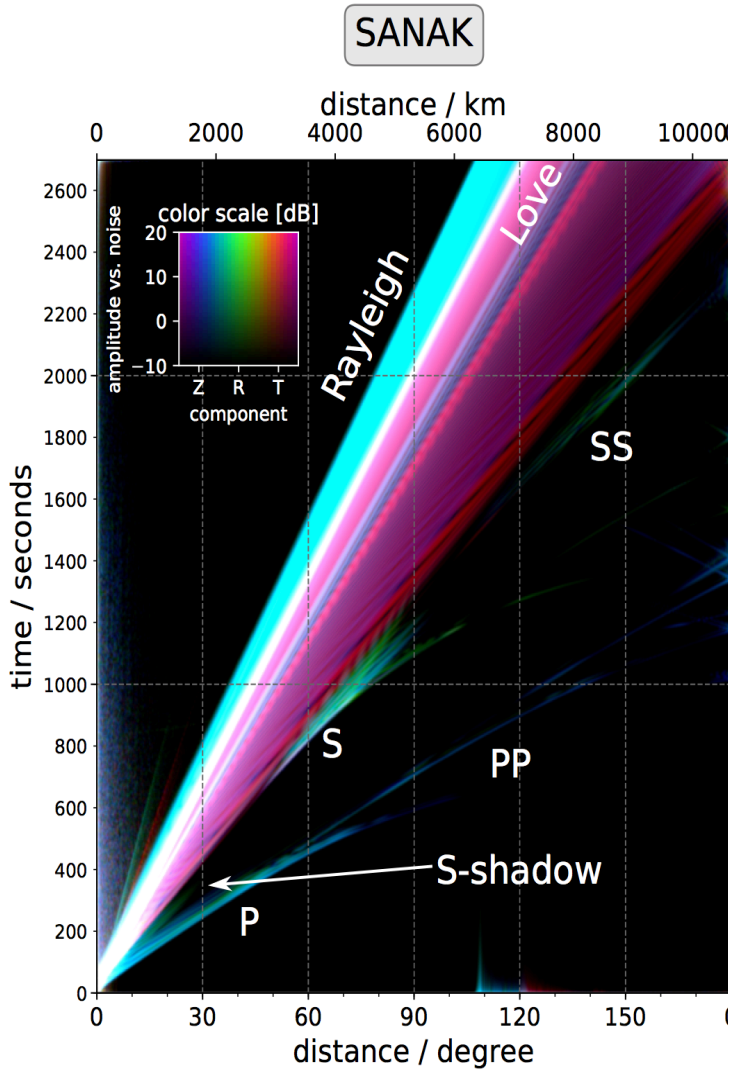
Autres techniques d'analyses de la subsurface



Lognonné et al. (2020) with C.Schezbach, S.Kedar

Principe de base de la Sismologie

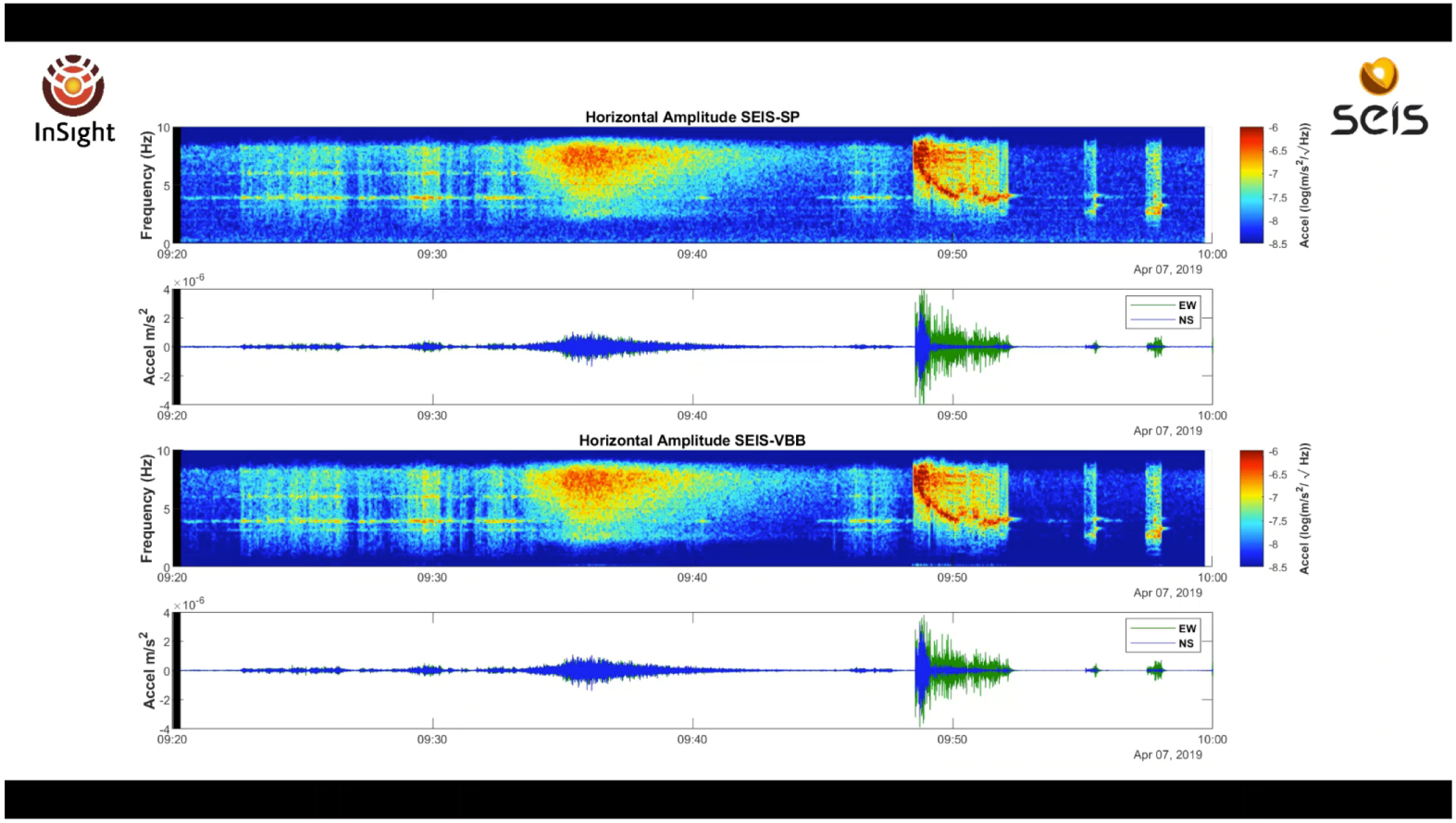




van Driel (ETHZ) et al.

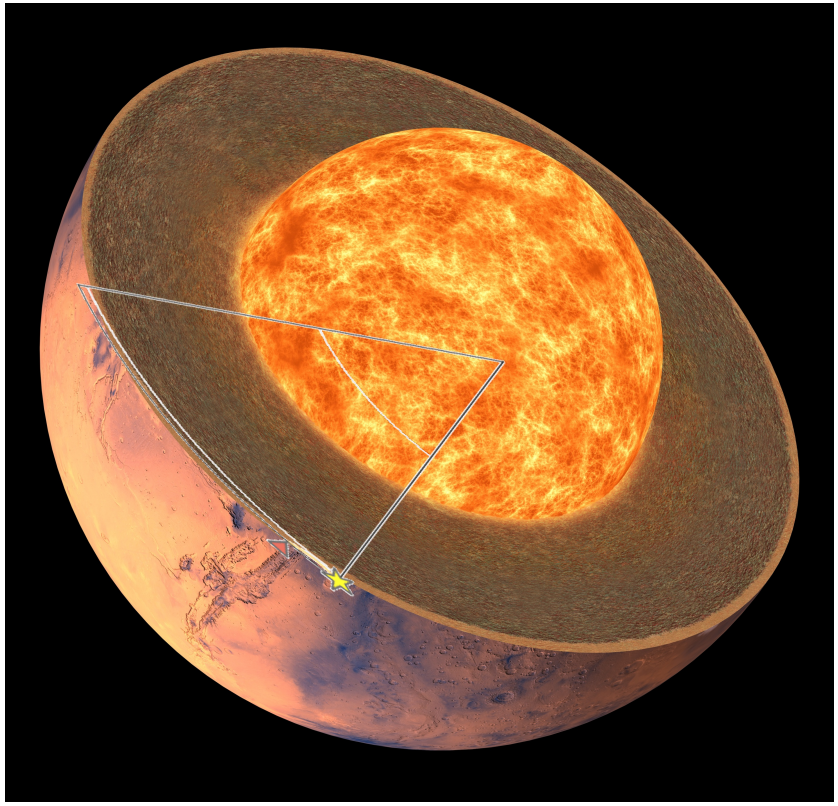
SOL 128…… Premier séisme

- Un séisme haute fréquence, 10-30 fois plus fort que le bruit des meilleures stations terrestres (5-10 nanomètres de déplacement du sol, soit 1/10000 de l'épaisseur d'un cheveu)

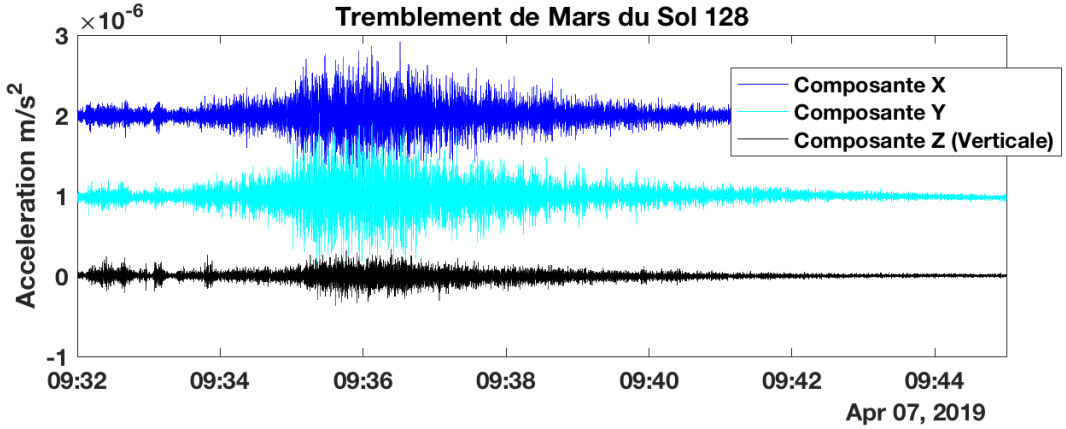


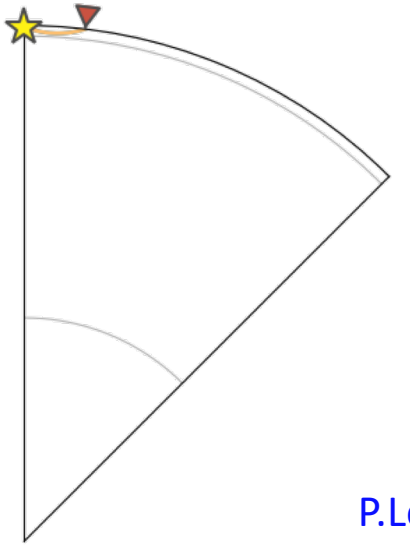
T.Pike, C.Charalambous (IC) et al.

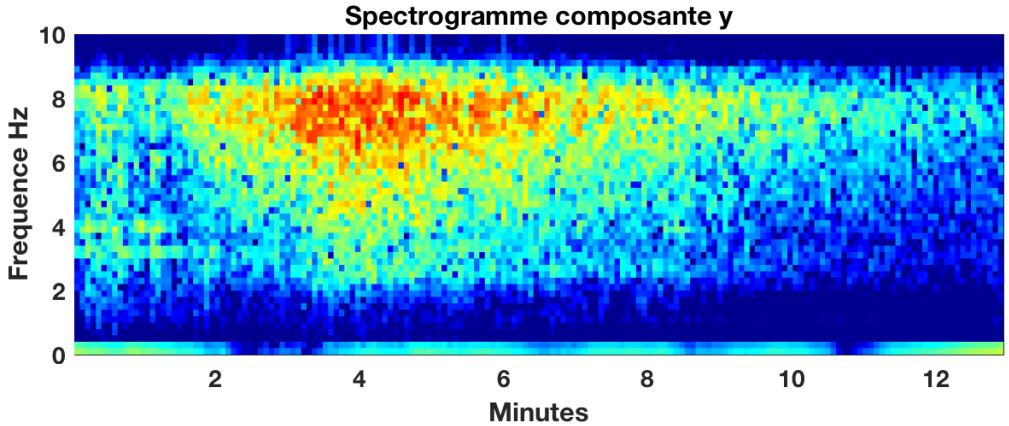
Tremblement de Mars du 7 avril 2019 (sol 128)



- Un séisme riche en haute fréquence à environ 500 km de distance
- Une longue durée du signal, montrant que les ondes réverbèrent avant d'arriver à la station





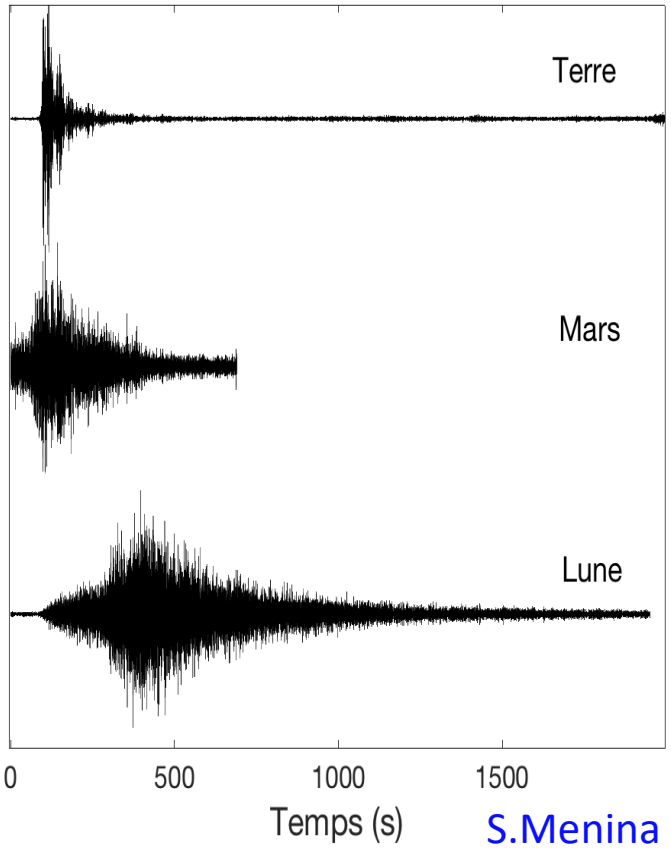


P.Lognonné, , T.Kawamura (IPGP)

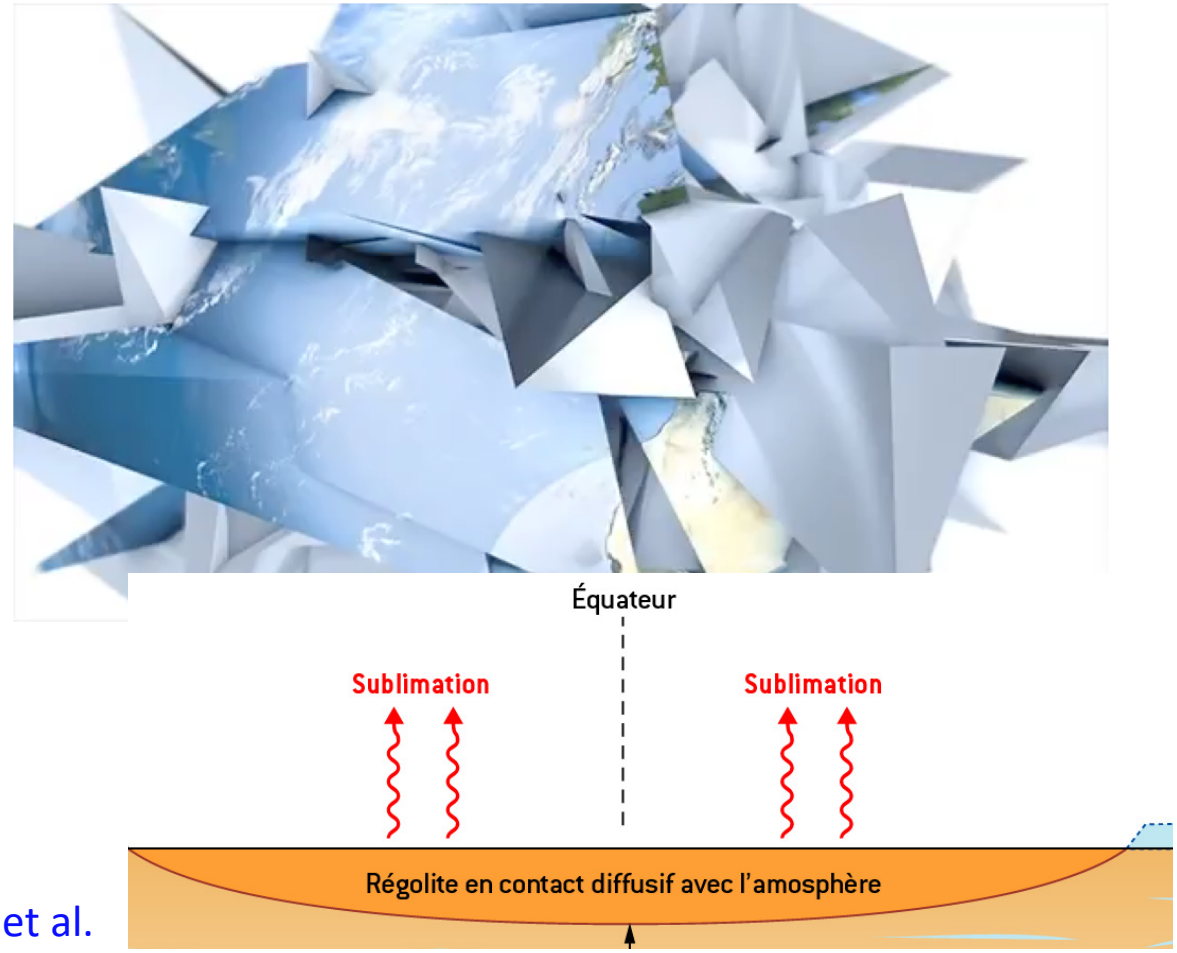
Premières interprétations des signaux…

- Les premiers 5 km de Mars ressemblent un peu à ceux de la Lune
  - Avec de nombreux cratères, réfléchissant/réverbérant les ondes sismiques (mais moins longtemps que sur la Lune)
  - Avec une absorption intermédiaire entre la Terre et la Lune

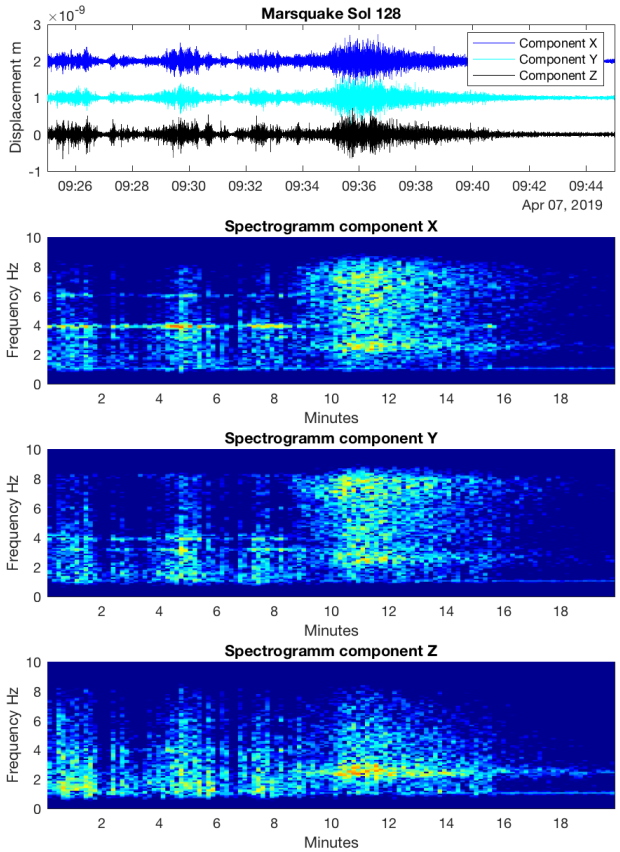
DLR

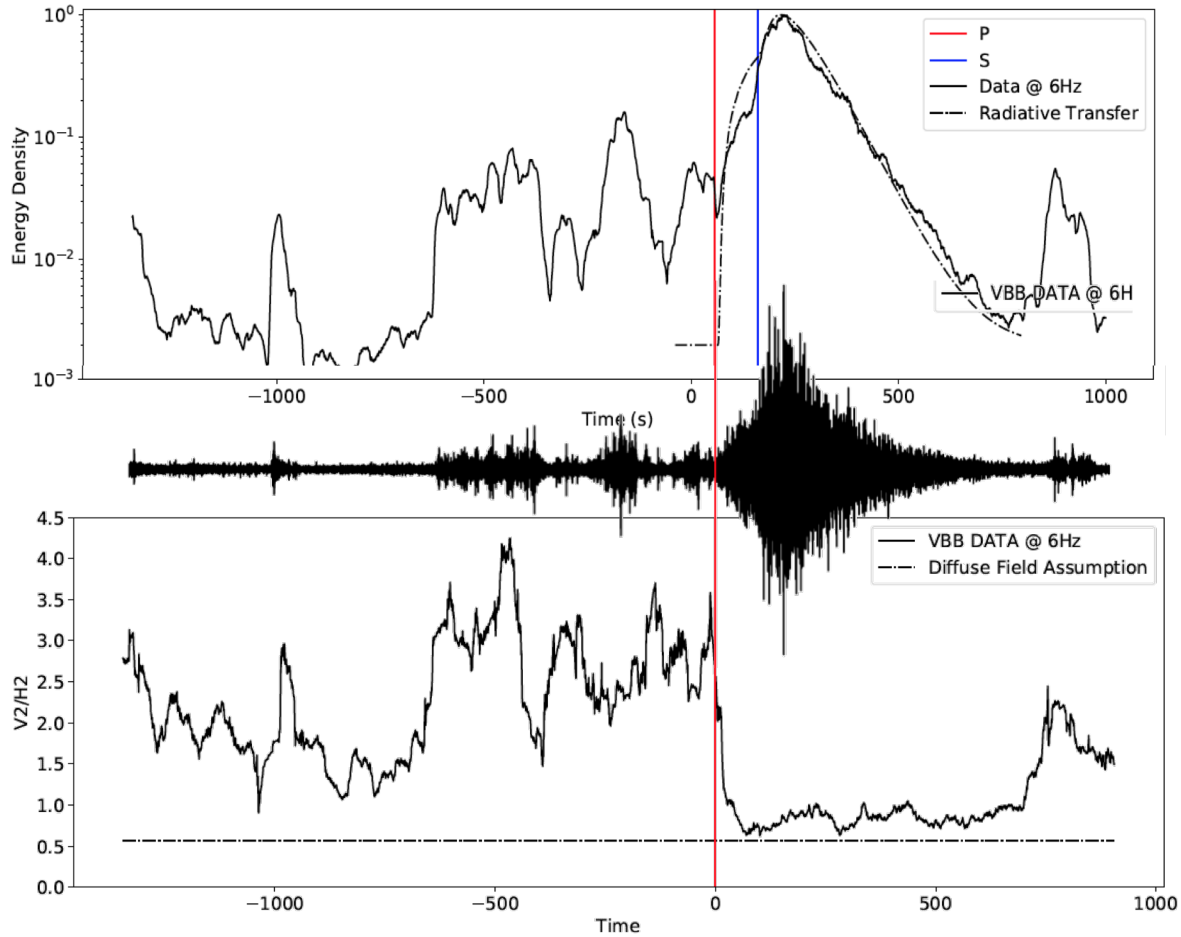


S.Menina (IPGP) et al.



Premières caractérisations de l'évènement SO128



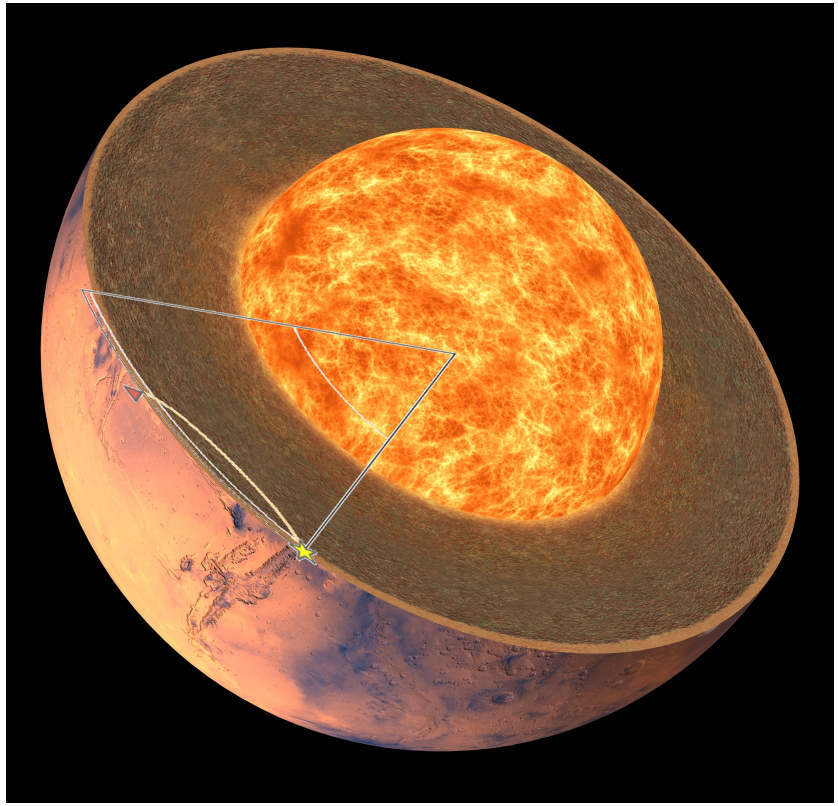


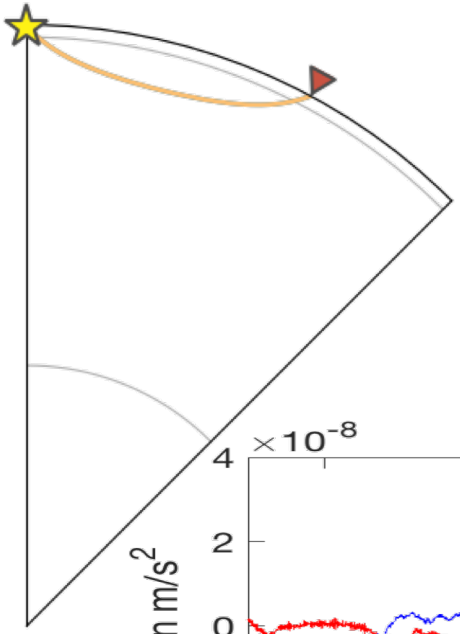
- Distance de ~500 km
- Coefficient d'atténuation Q de 2450 at 8 Hz (~ 500 at 1 Hz)
- Diffusivitée de 32 km^2/s
  (Valeur Lunaire à 80 km ~ 26 km^2/s)

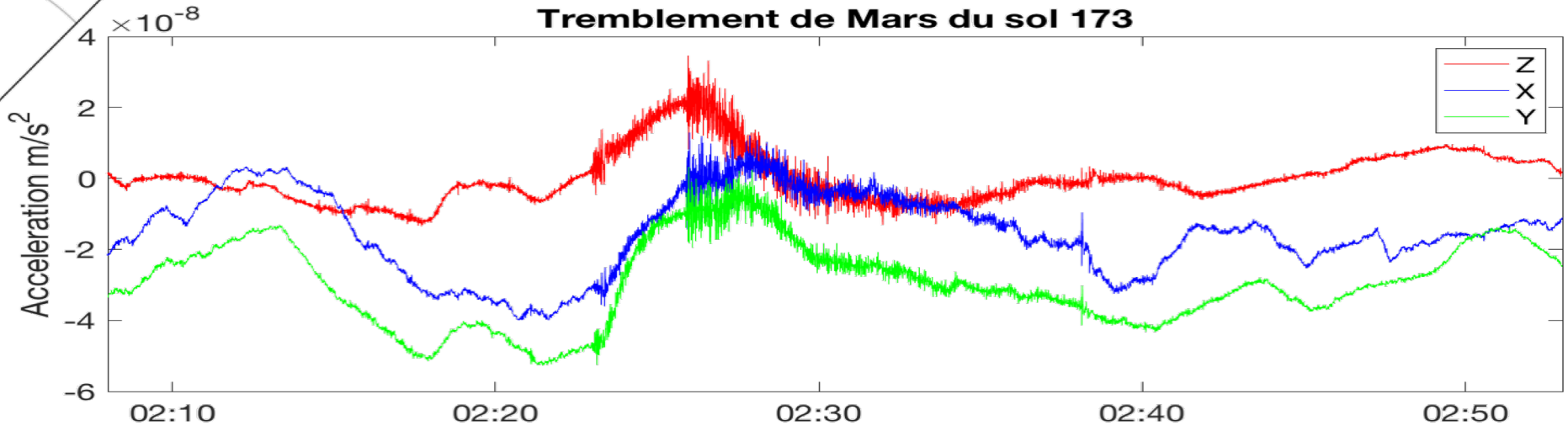
- courtesy of L.Margerin (IRAP)

Tremblement de Mars du 5 mai 2019 (sol 173)

- Séisme de Magnitude M=3.5-4.0
- Environ 1600 km à l'est d'InSight
- Des belles ondes P et S, mais pas encore d'onde de surface.

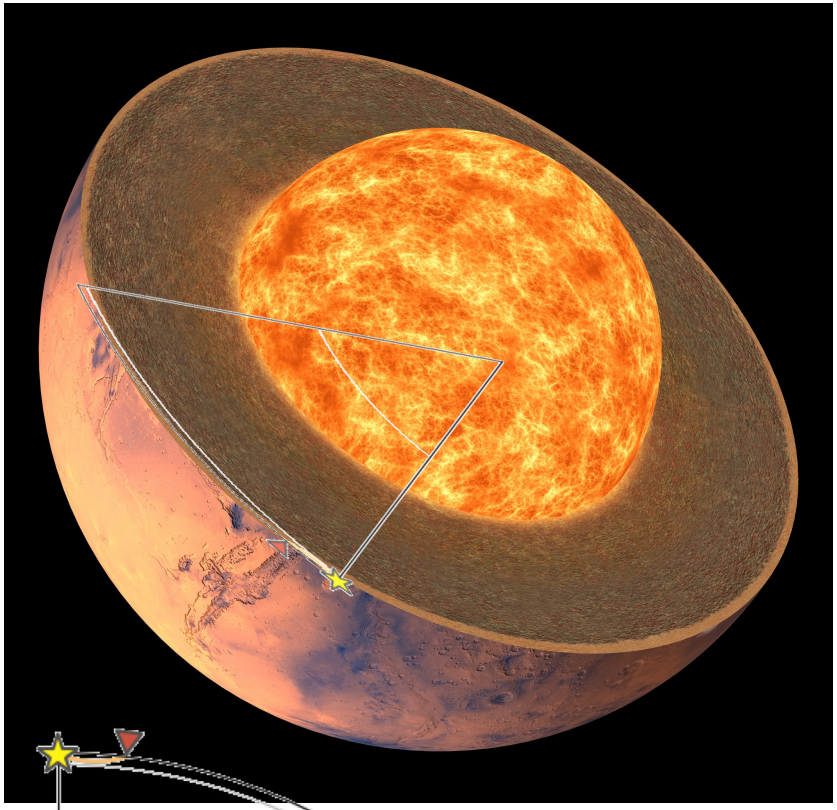


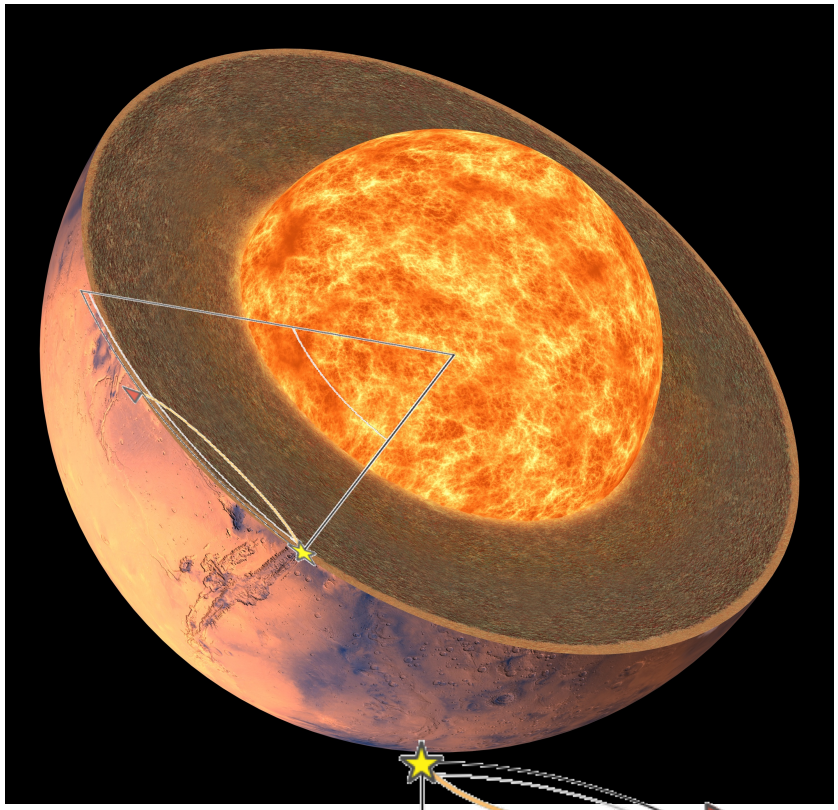


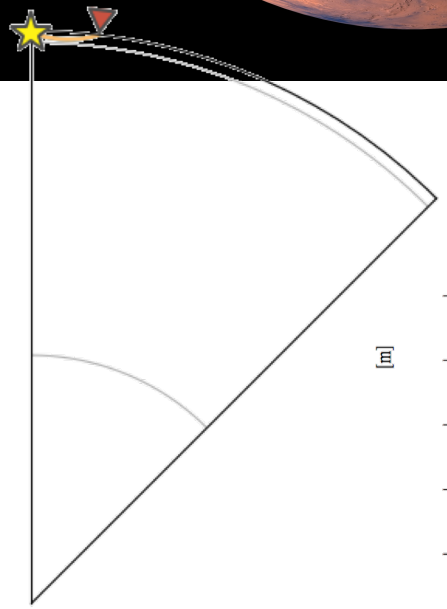


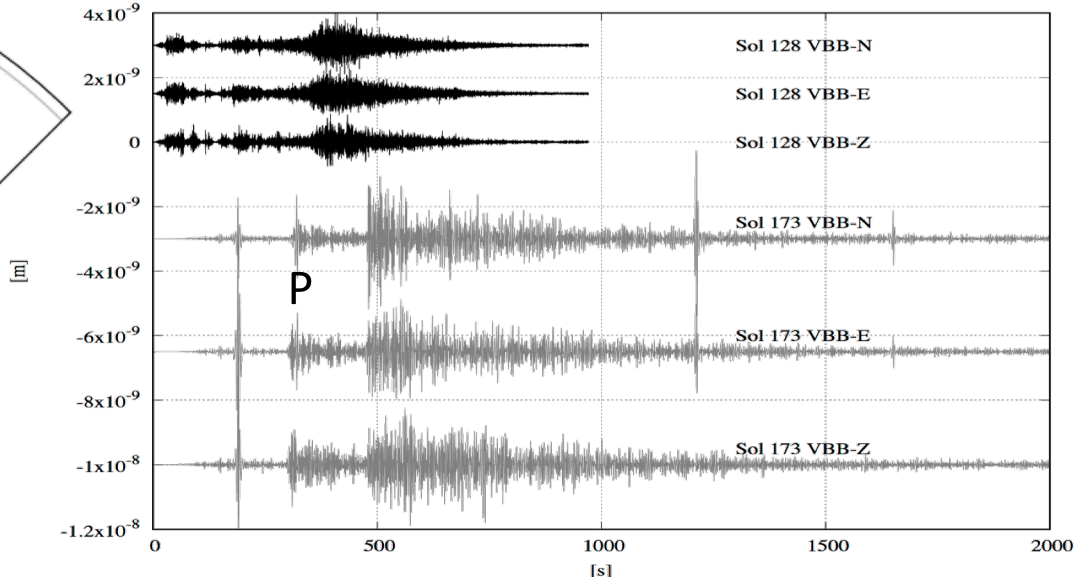
P.Lognonné, T.Kawamura (IPGP)

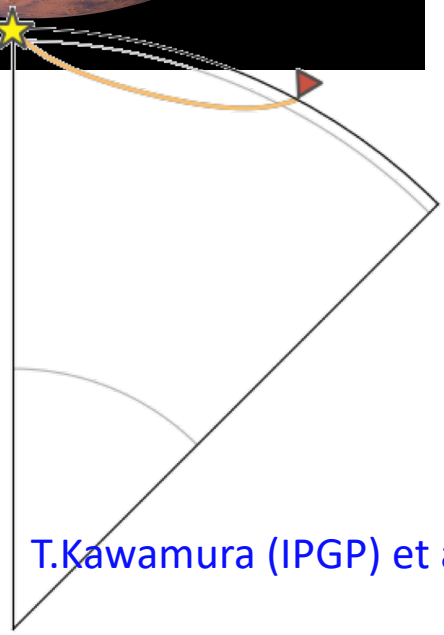
Comparaison des séismes Sol 128 et sol 173





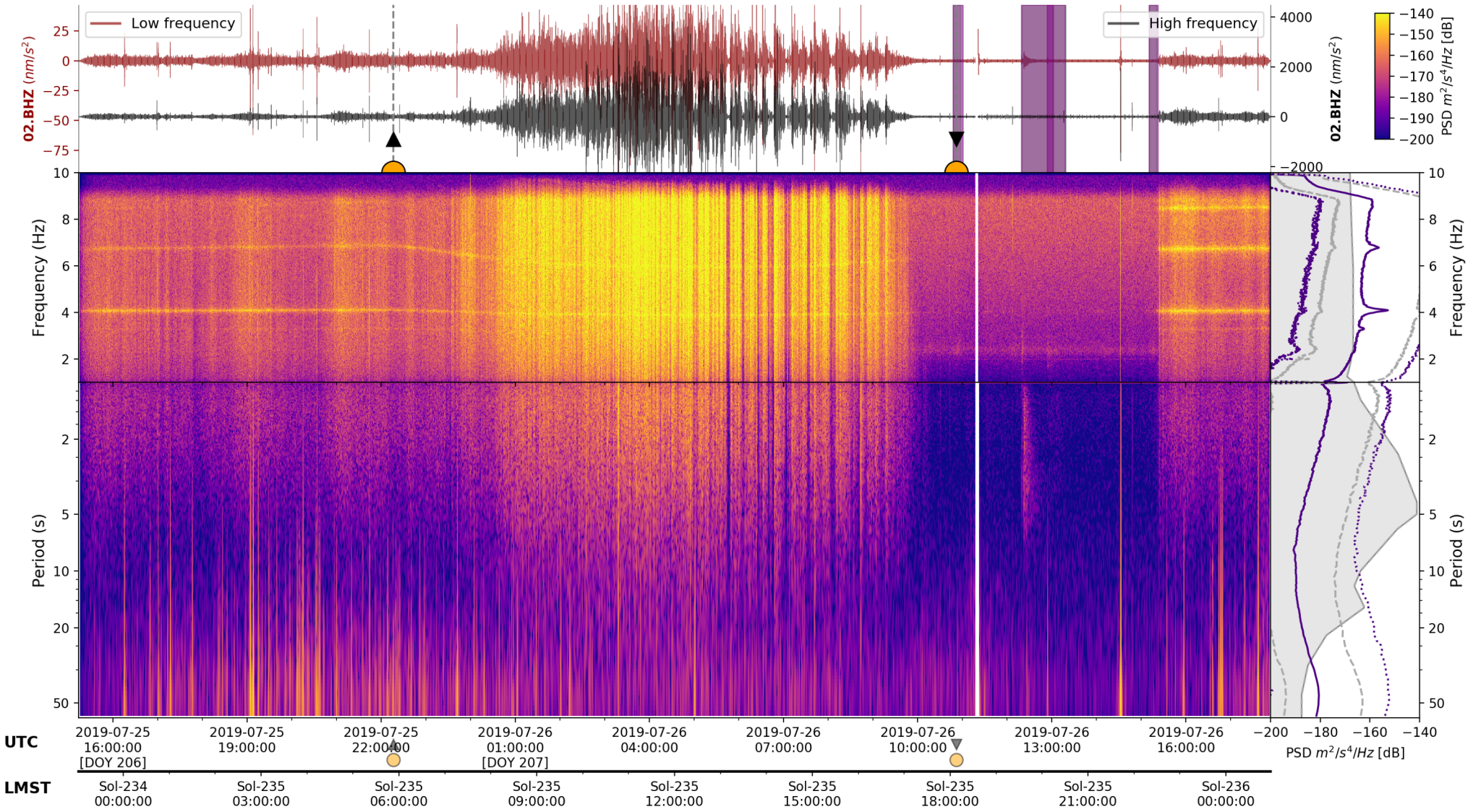






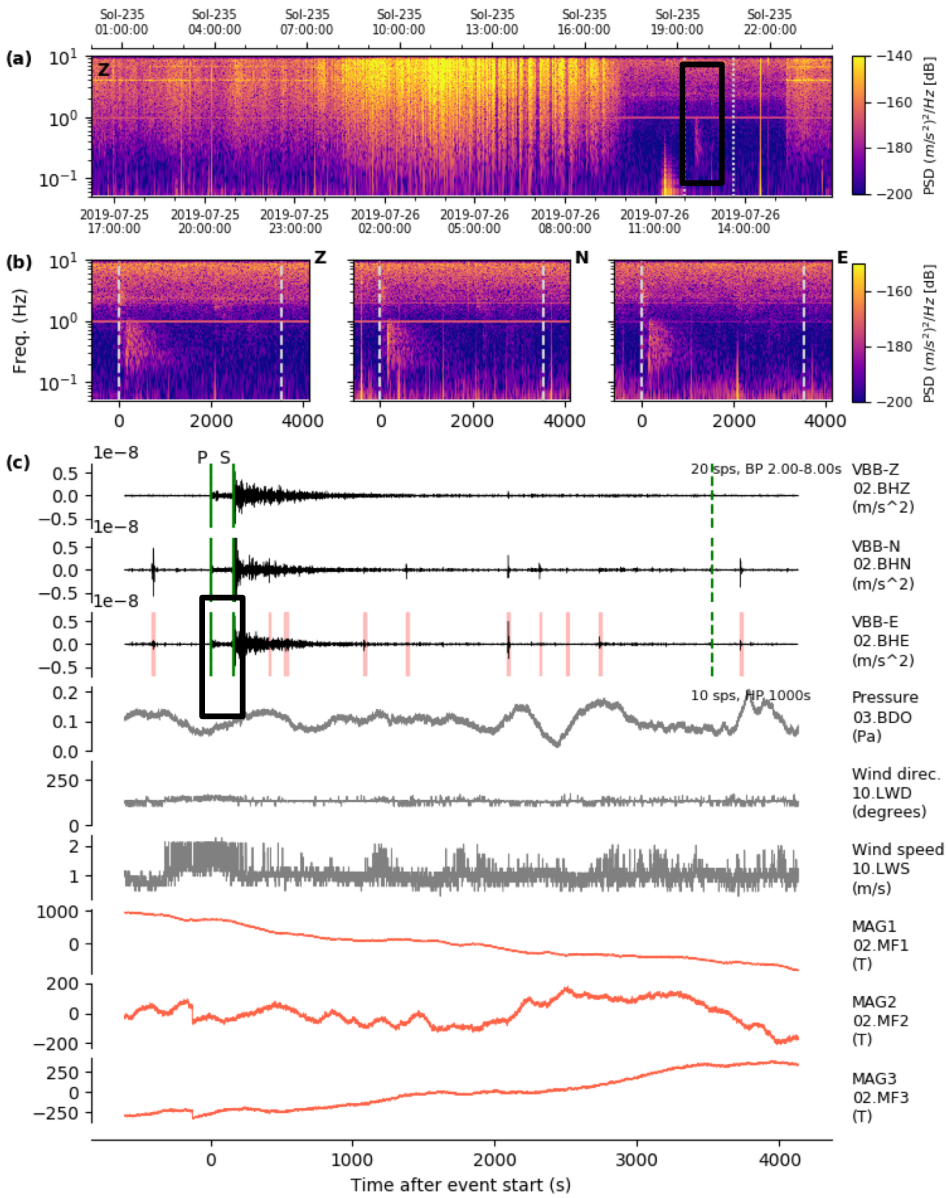
T.Kawamura (IPGP) et al.

Evènement 235a (26 juillet 2019)

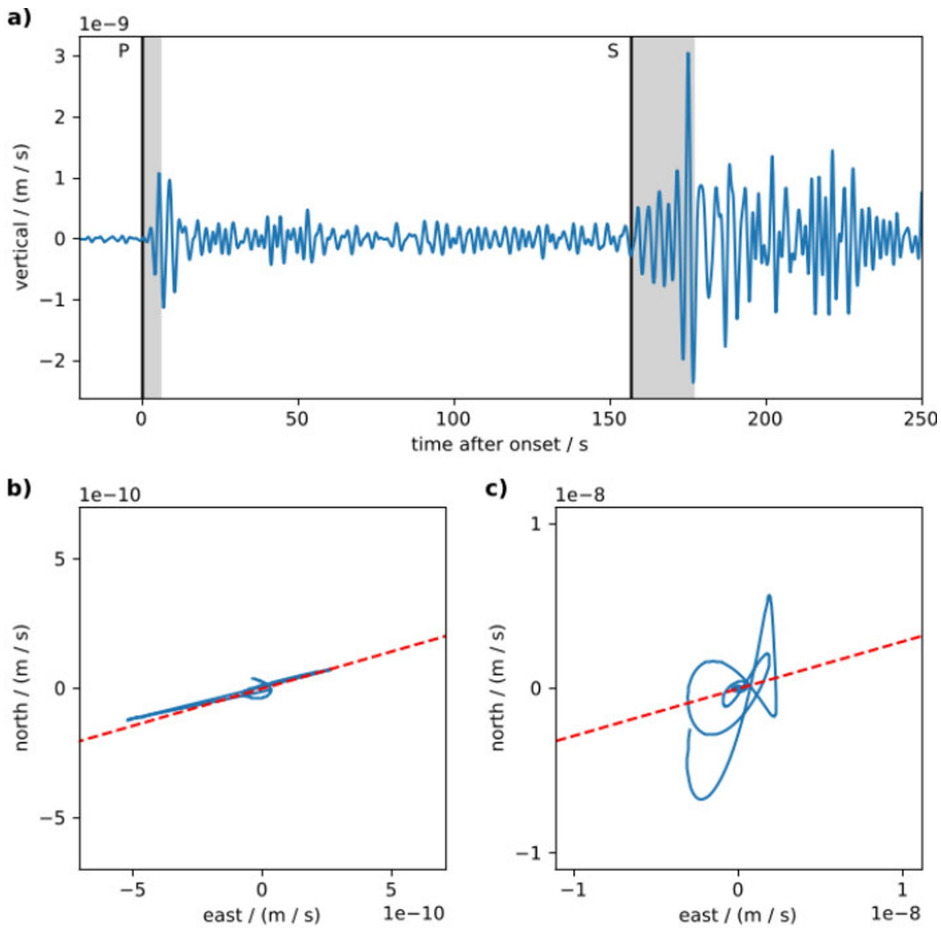


Courtesy MQS

Evènement 235a (26 juillet 2019)



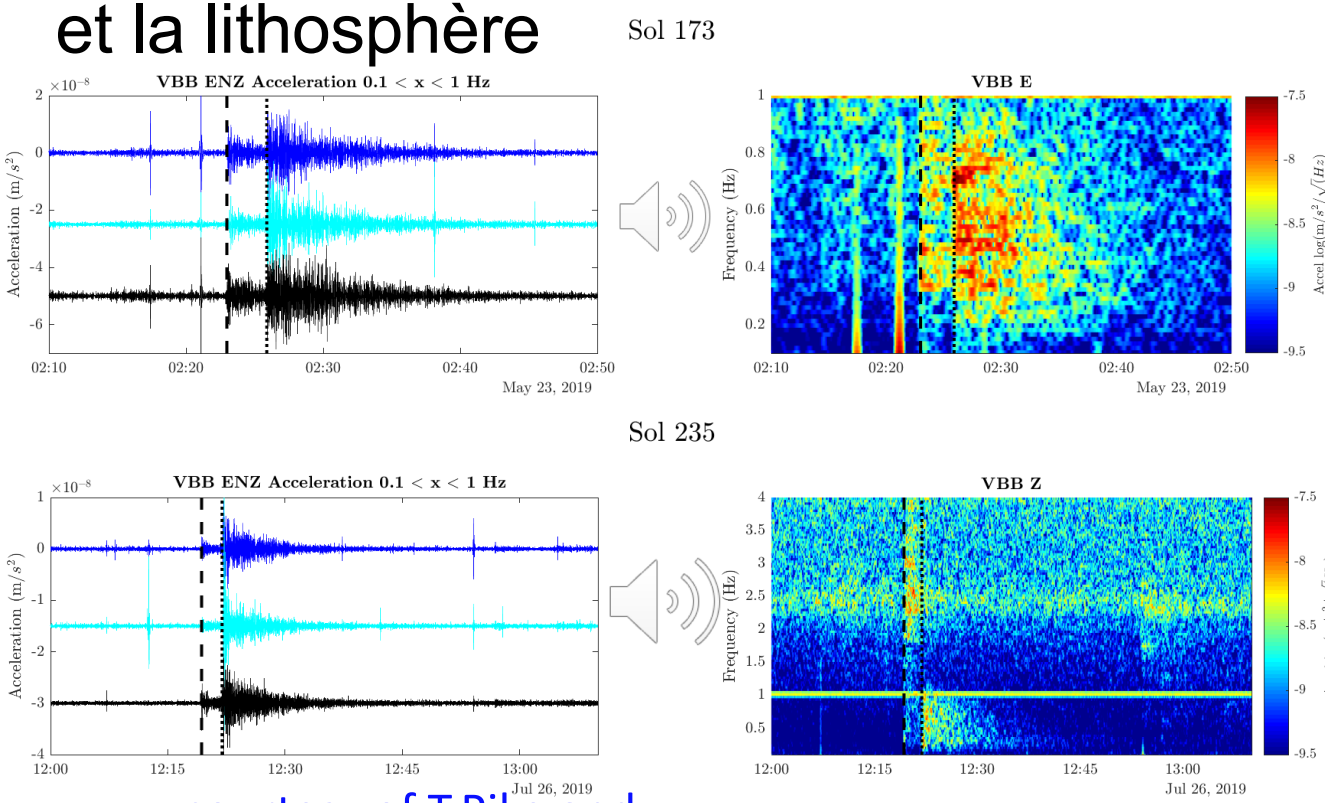
Giardini et al. (2020)



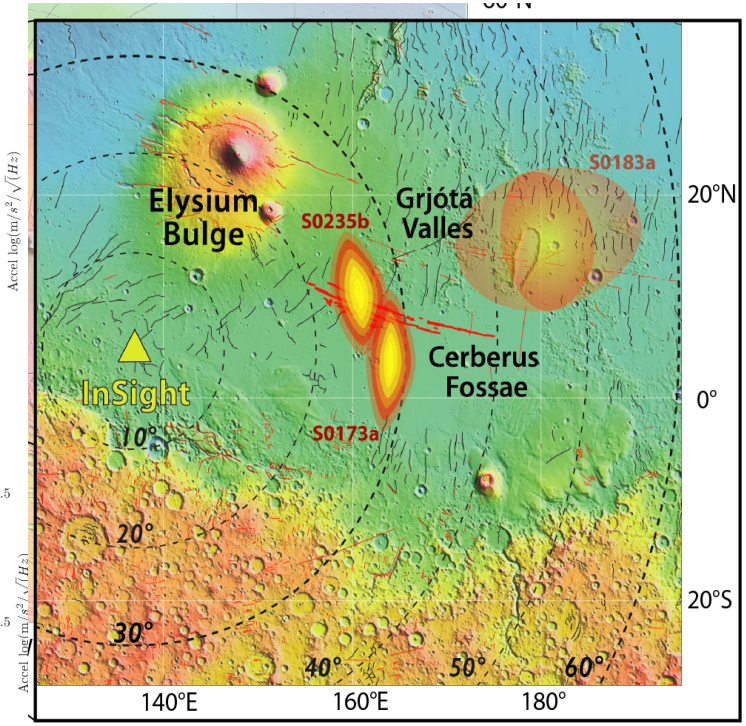
Exemple d'analyse de polarisation
Détermination de la direction d'arrivée

Découverte d'une sismicité régionale

- Les 3 séismes les plus forts (dont deux avec des ondes P et S polarisées) sont issus de la même région
- Tous les deux localisées dans la région de Cerberus, impliquant une activité tectonique régionale
- Permettent de déterminer les premières contraintes sur la croute et la lithosphère

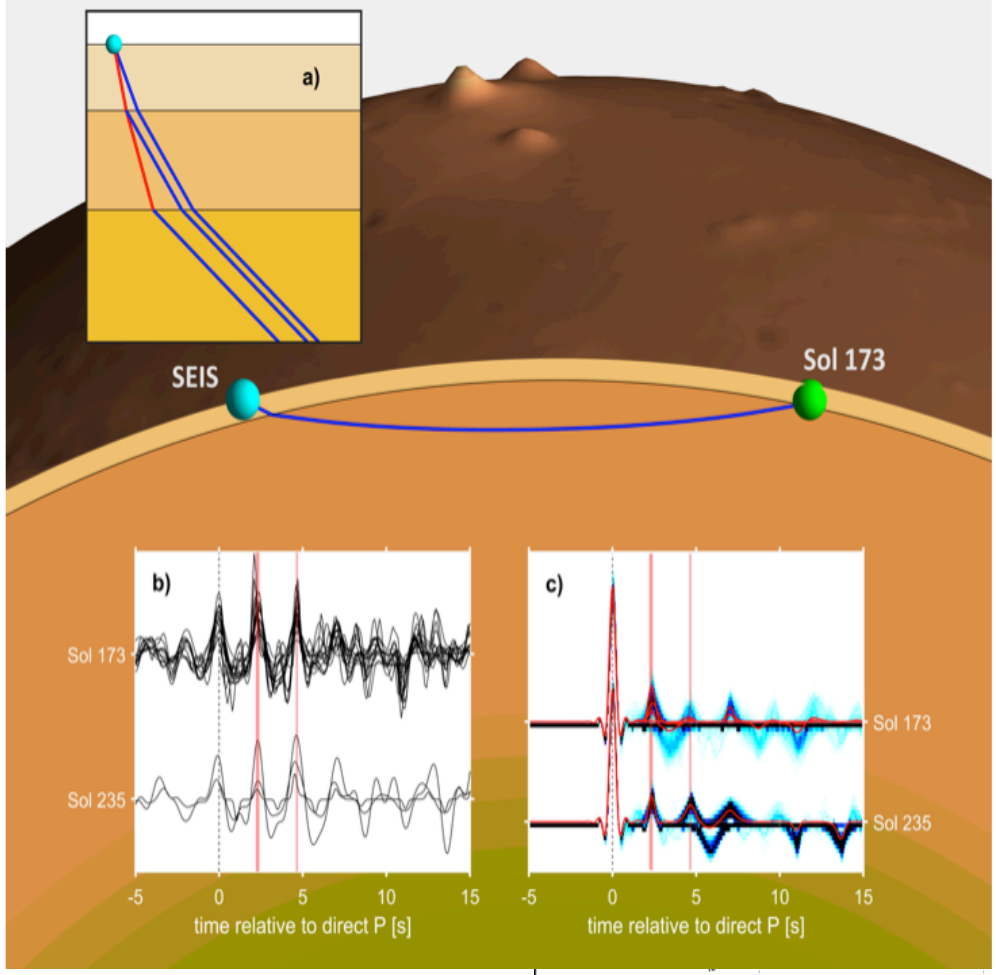


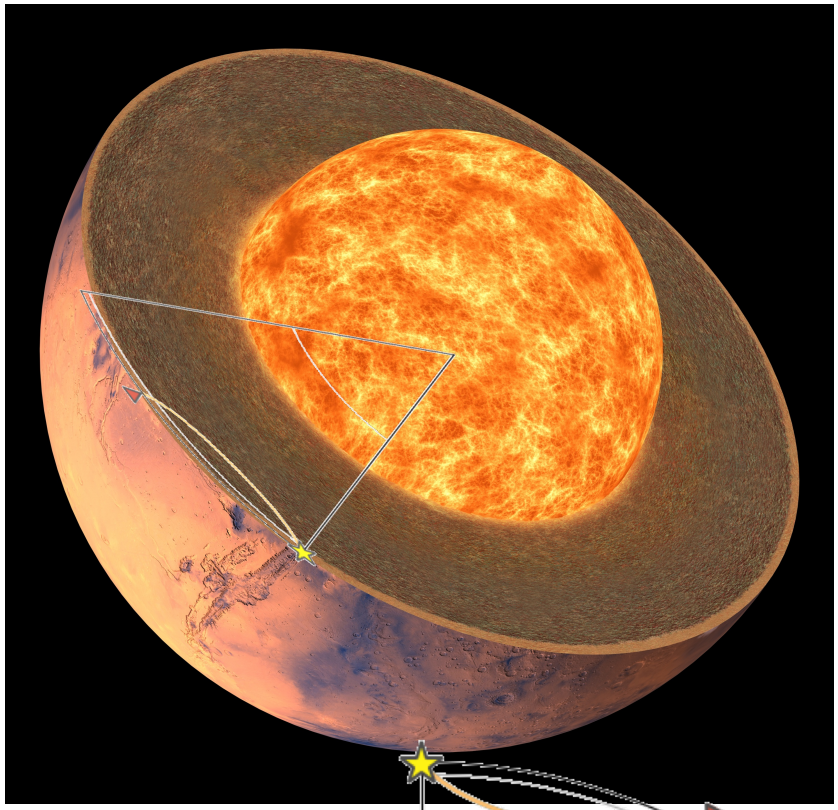
- courtesy of T.Pike and C.Charalambous

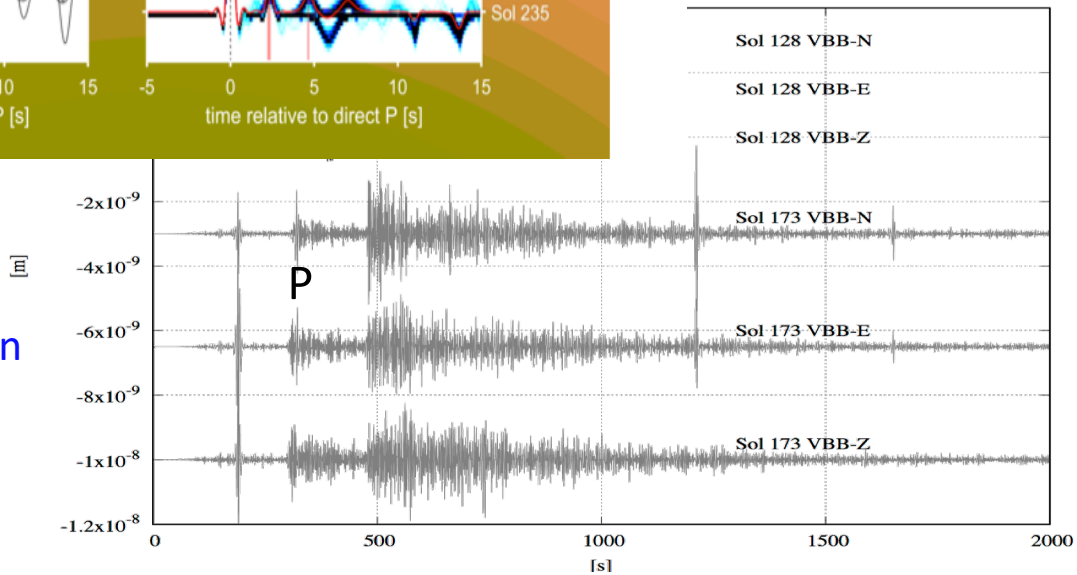


- Giardini et al (2020) including C.Perrin, A.Jacob

Première contraintes sur la structure crustale





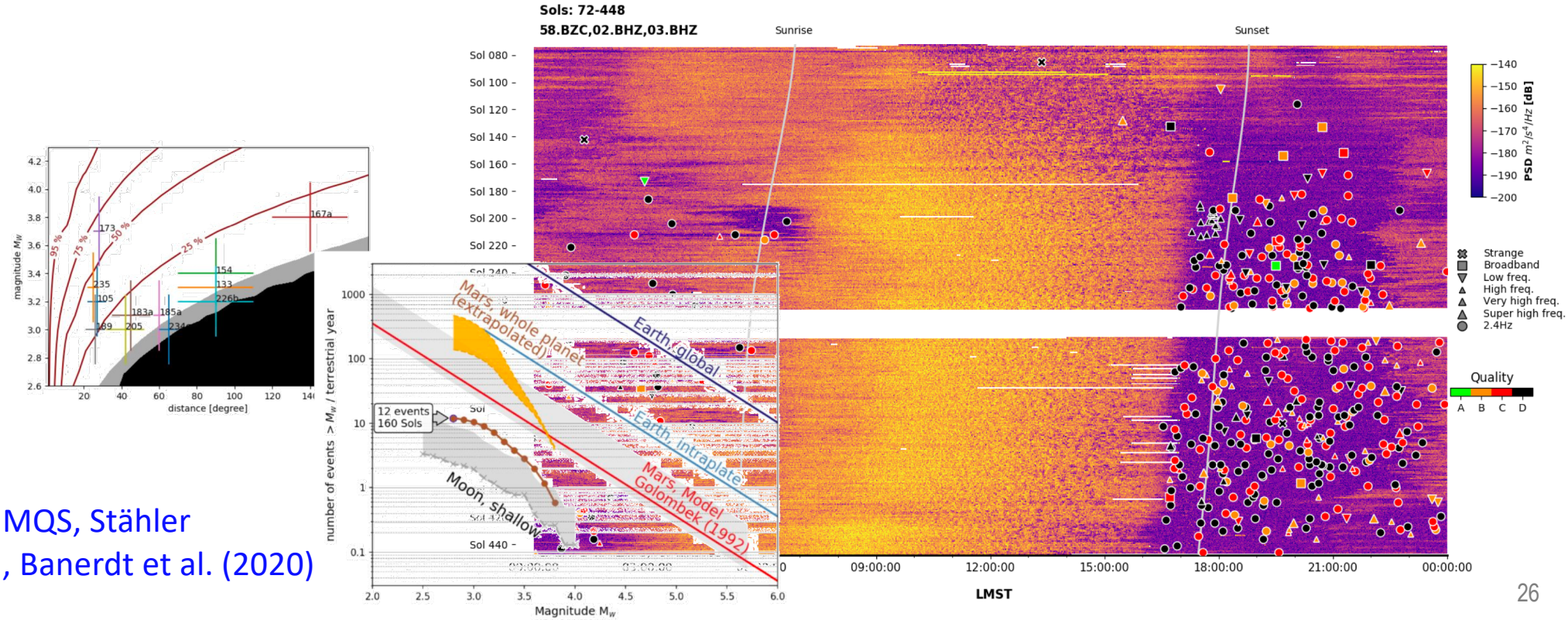


Lognonné et al. (2020) including B.Knapmeyer-Endrun

T.Kawamura et al.

Quelle est la sismicité de Mars ?

- Plus de 460 évènements détectés.
- Une bonne quarantaine sont certainement des séismes profonds.
- La plupart ont été détecté en début de nuit, quand le bruit est très faible.
- Plus de 400 sont des évènements haute fréquence, d'une origine pas encore comprise.
- SEIS place la sismicité de Mars entre la sismicité intra-plaque terrestre et celle des séismes superficiels lunaires.



MQS, Stähler
, Banerdt et al. (2020)

Pour en savoir plus… rdv sur le site SEIS

Pour en savoir plus et accéder aux données (90 jours après leur obtention sur Mars)

http://seis-insight.eu