

Les câbles sous-marins : des milliards de capteurs acoustiques potentiels !

Doctorants : D. Mata, G. Guérin, L. Papotto, C. Becerril

Postdocs : Itzhak Lior, Martijn van den Ende

Permanents : A. Sladen, D. Rivet, J-P. Ampuero, D. Mercerat

Partenaires industriels : Thales DMS, Febus Optics

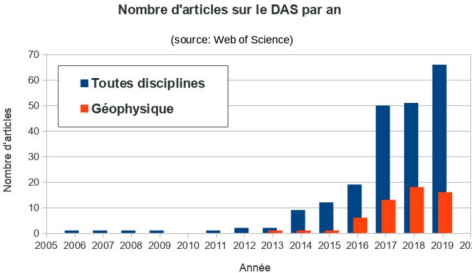
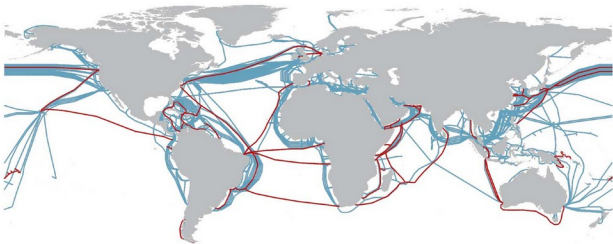
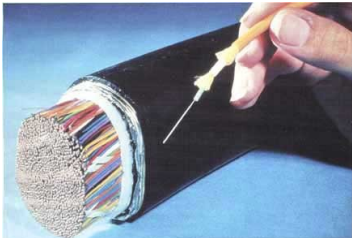
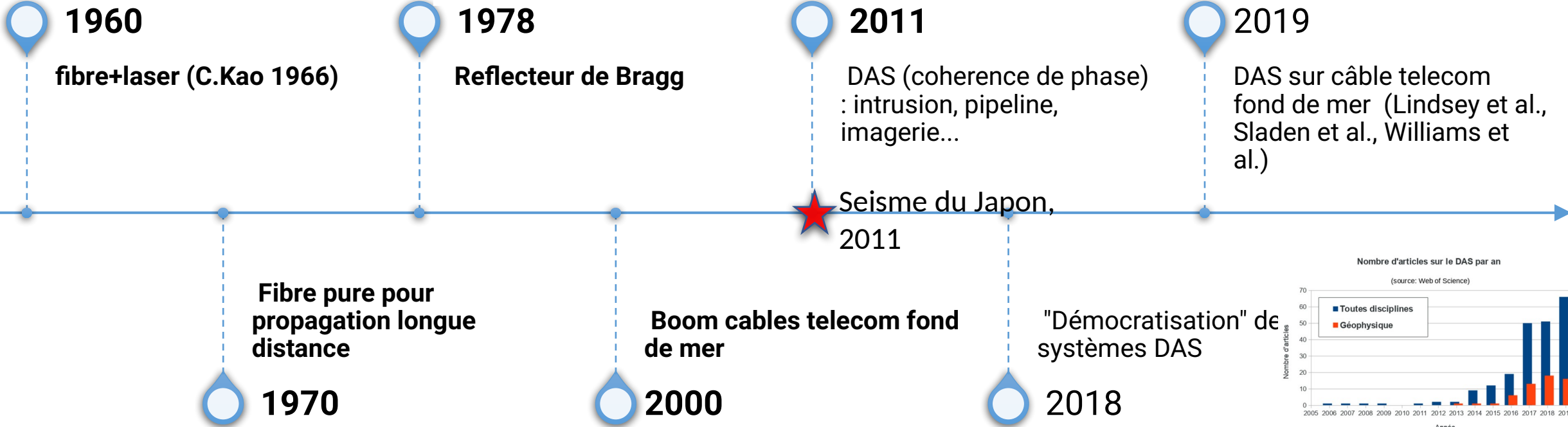
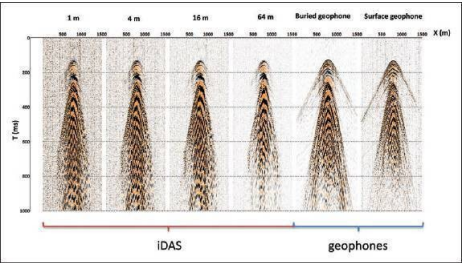
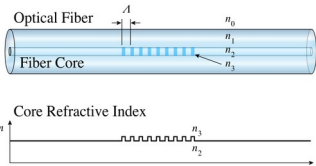


THALES

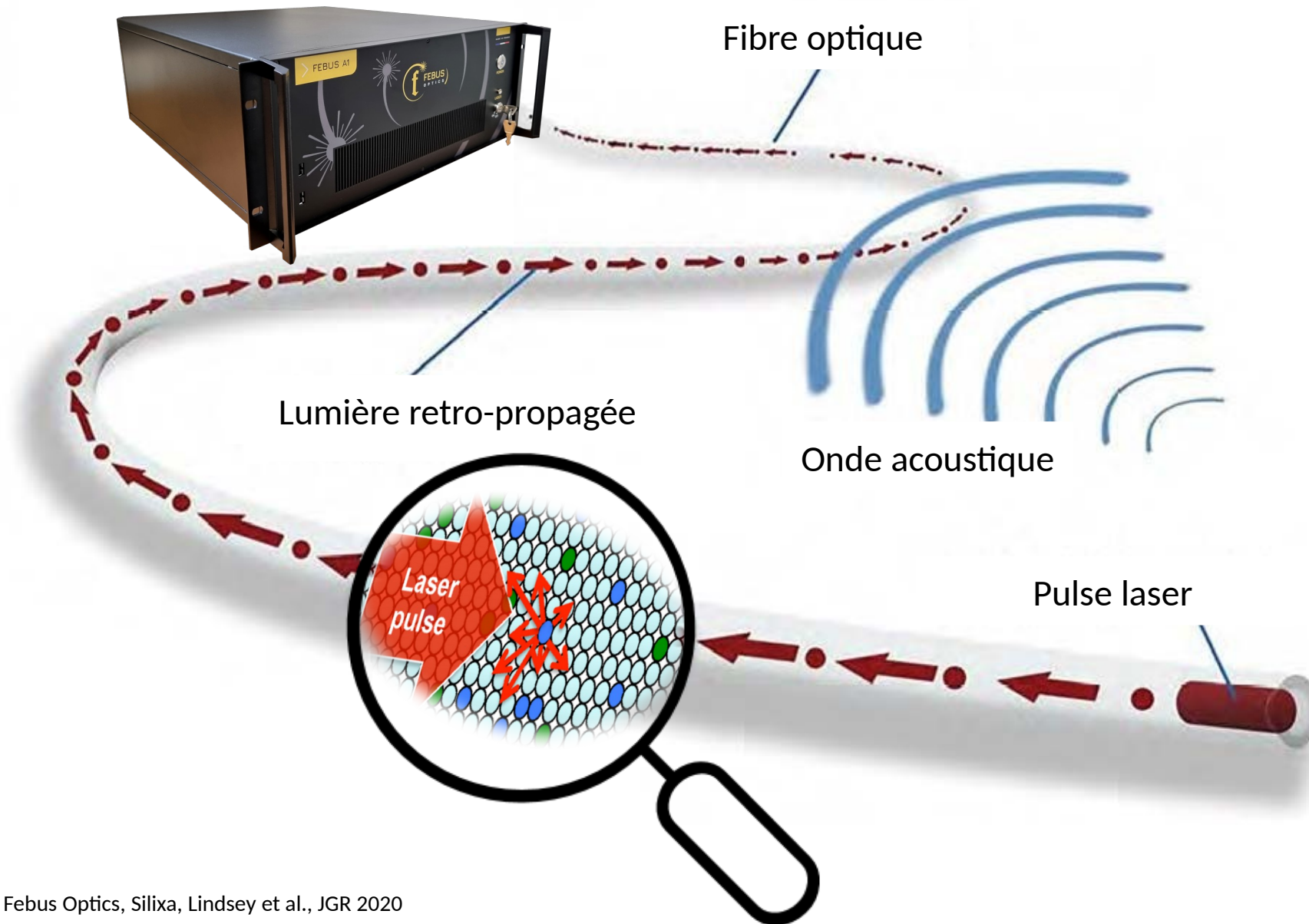


UNIVERSITÉ CÔTE D'AZUR 

Historique



Distributed Acoustic Sensing (DAS)



Fibre optique

Lumière retro-propagée

Onde acoustique

Pulse laser

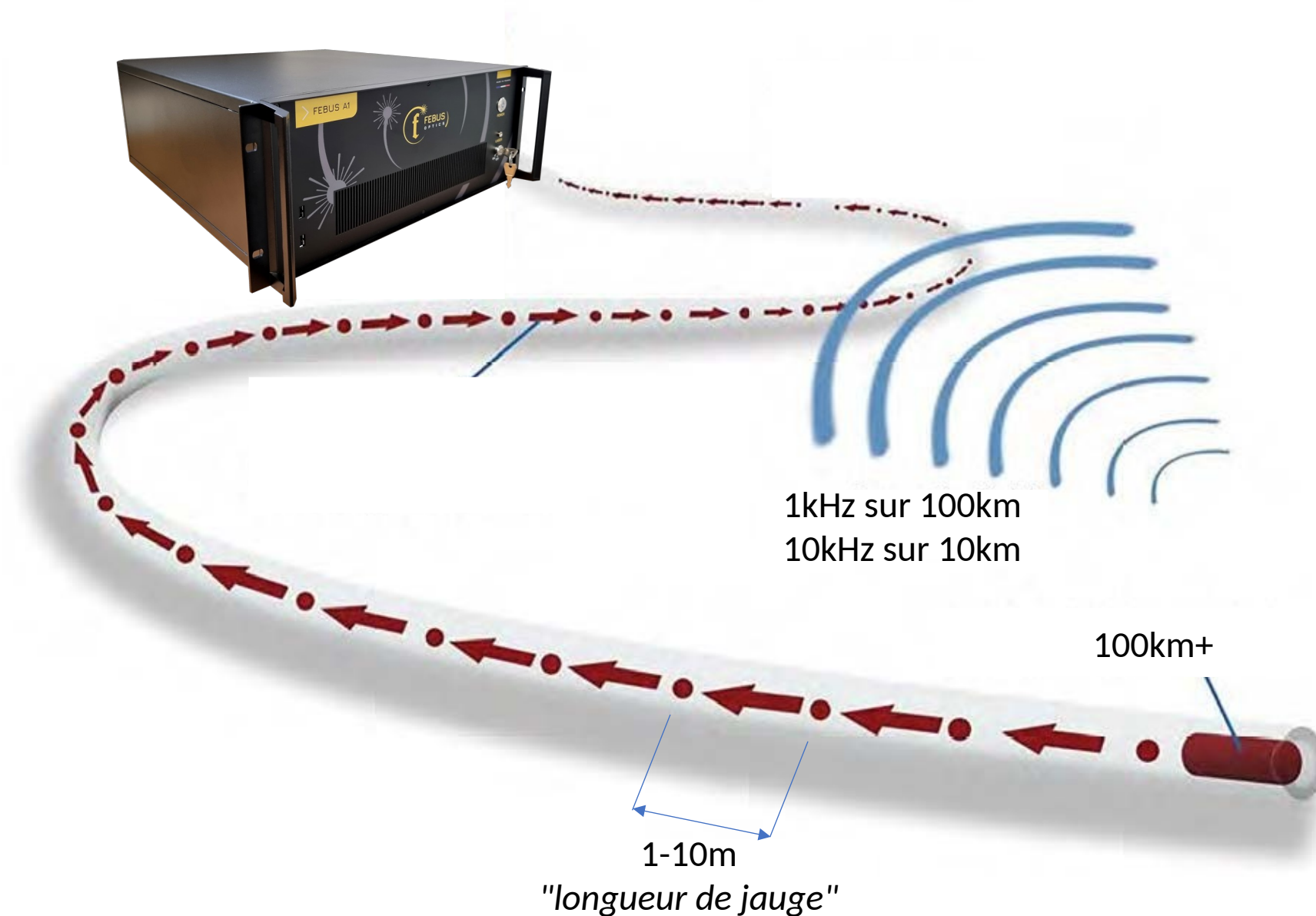
Phase et amplitude du signal lumineux aléatoires mais stables dans le temps

$$\Delta\Phi = n_c \frac{2\pi}{\lambda_l} \delta L = n_c \frac{2\pi}{\lambda_l} L \epsilon_{zz},$$

Une mesure DAS c'est:

- une déformation (ss unités),
- longitudinale,
- contrôlée par la "longueur de gauge"

Distributed Acoustic Sensing (DAS)



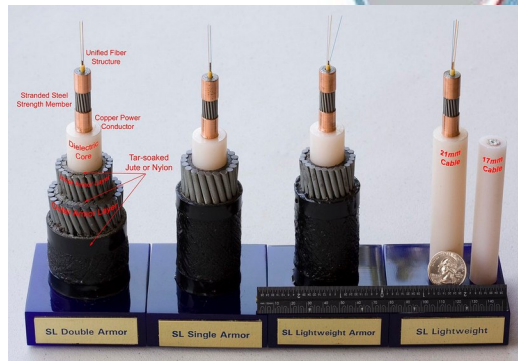
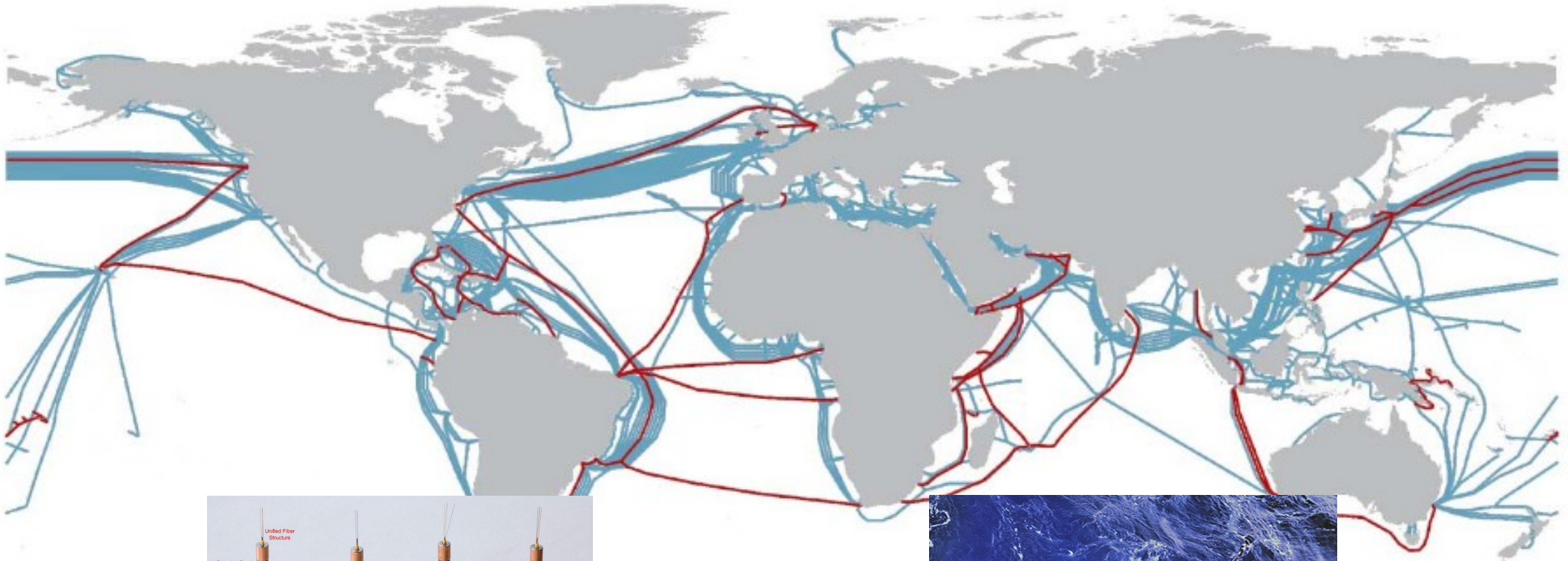
Avantages :

- réseau dense sur grandes distances,
- ondes sismo-acoustiques,
- sensible température,
- mise en oeuvre triviale,
- non-invasif,
- fiable,
- tout temps,
- temps-réel,
- très abordable (~100k€)

Défis :

- mesure de déformation,
- calibration,
- quantité de données

Les câbles telecom fond de mer

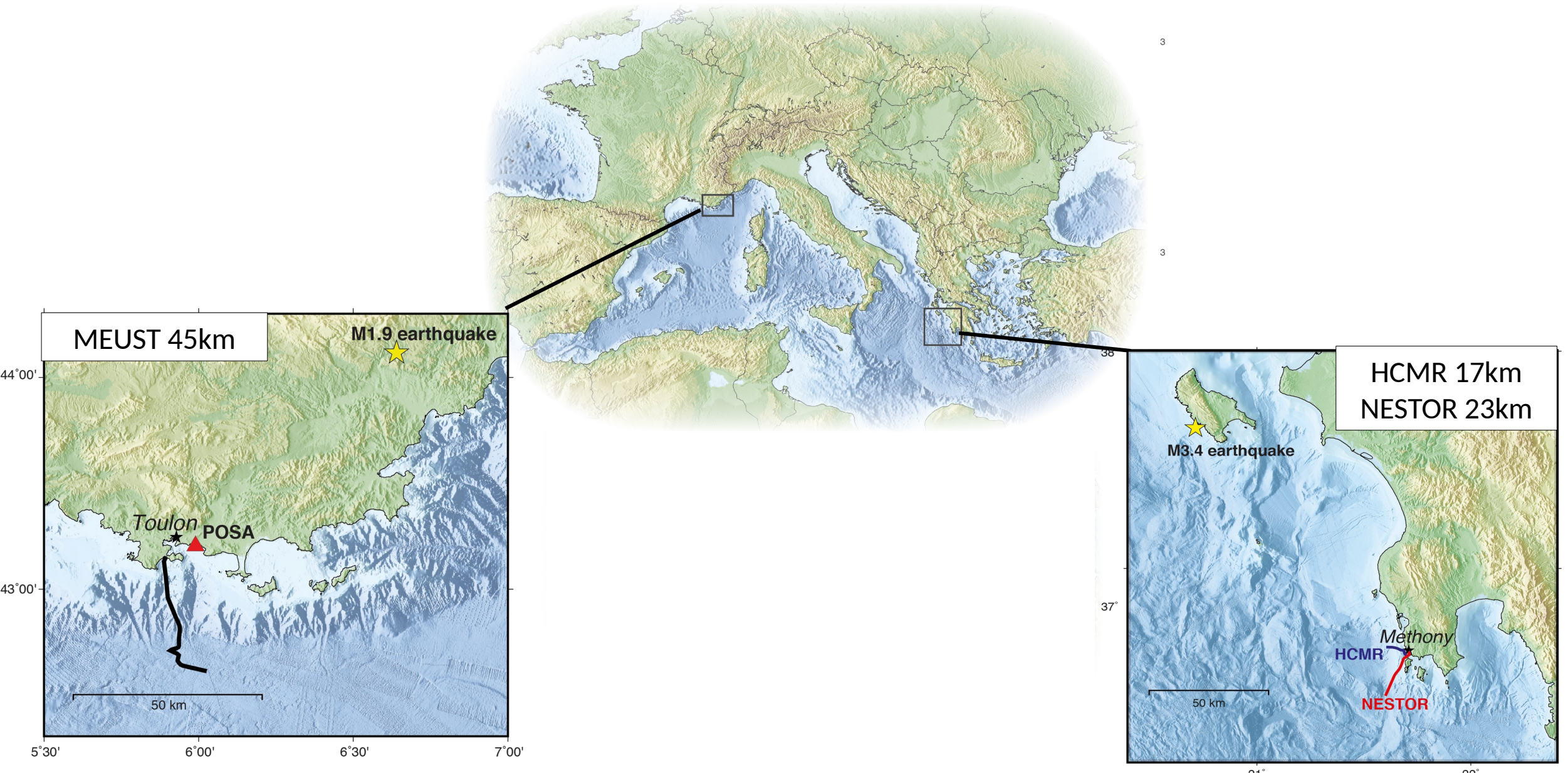


10⁶km de câble (3 cm+)

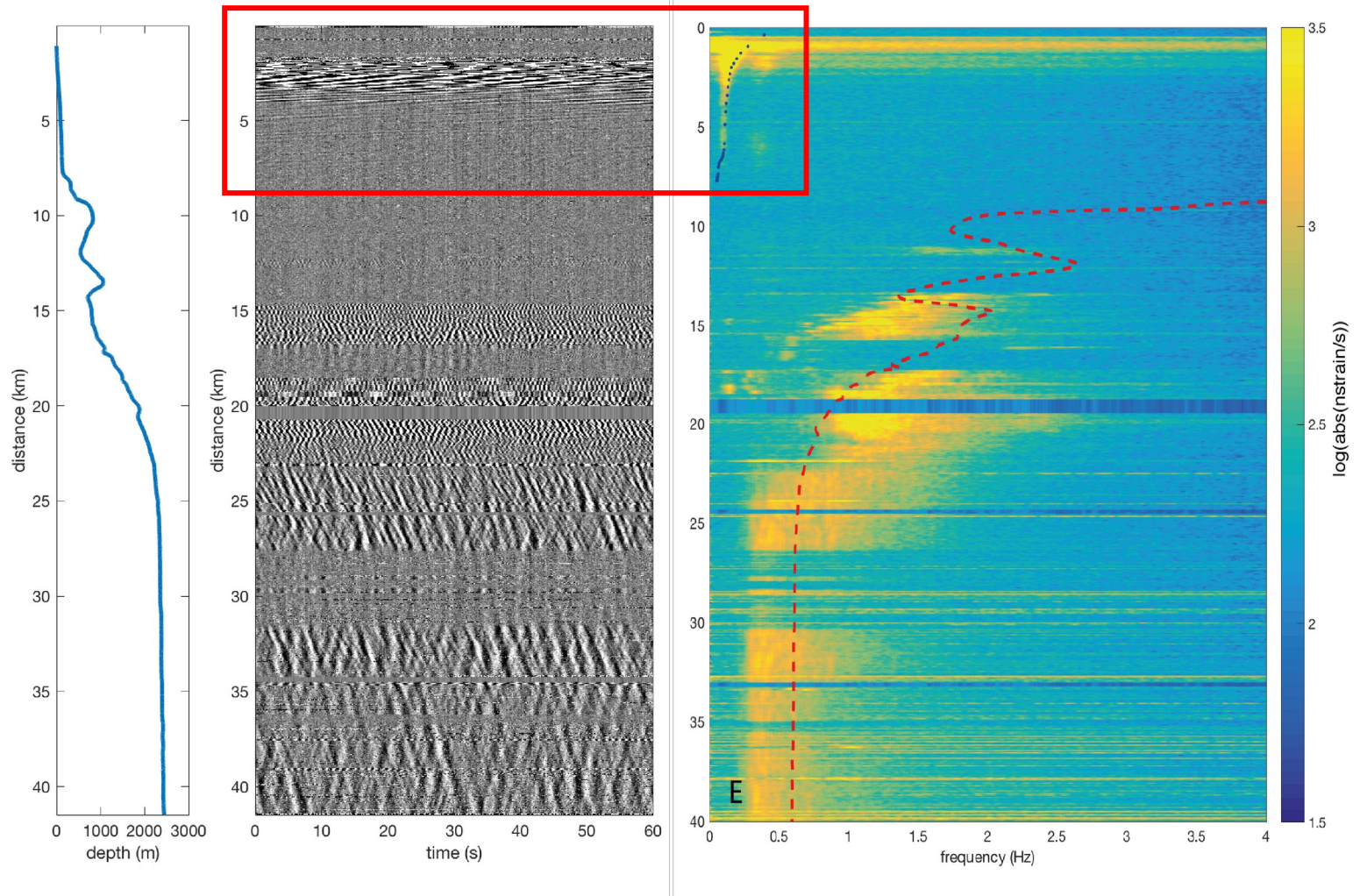
+

répéteurs tous les ~80km

Les câbles mesurés

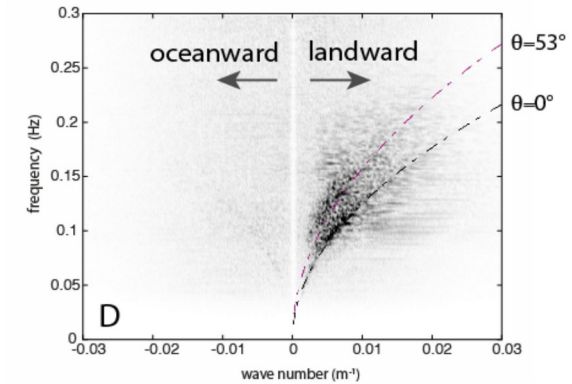
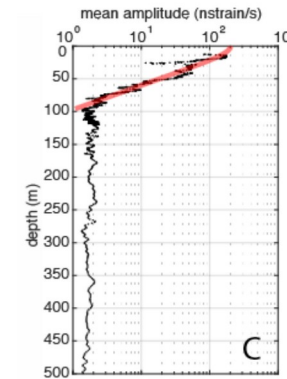


Signaux de fond: houle

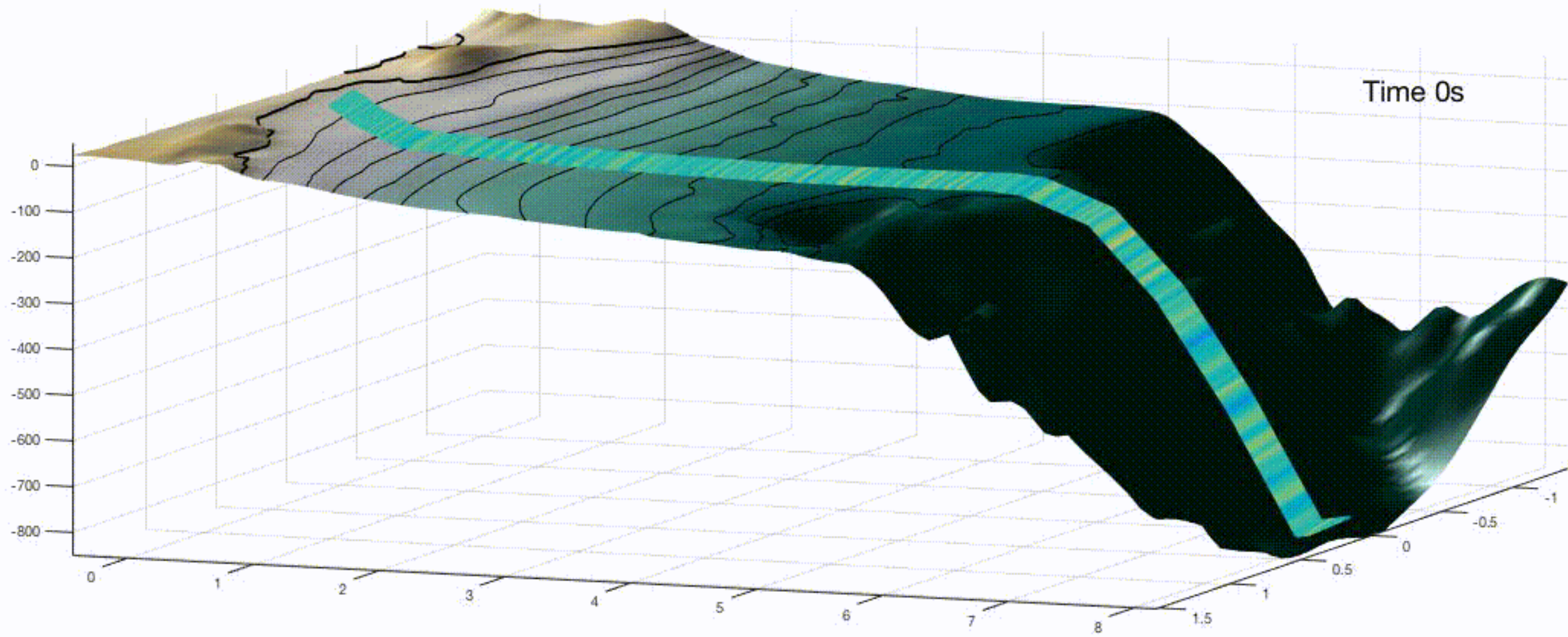


Houle

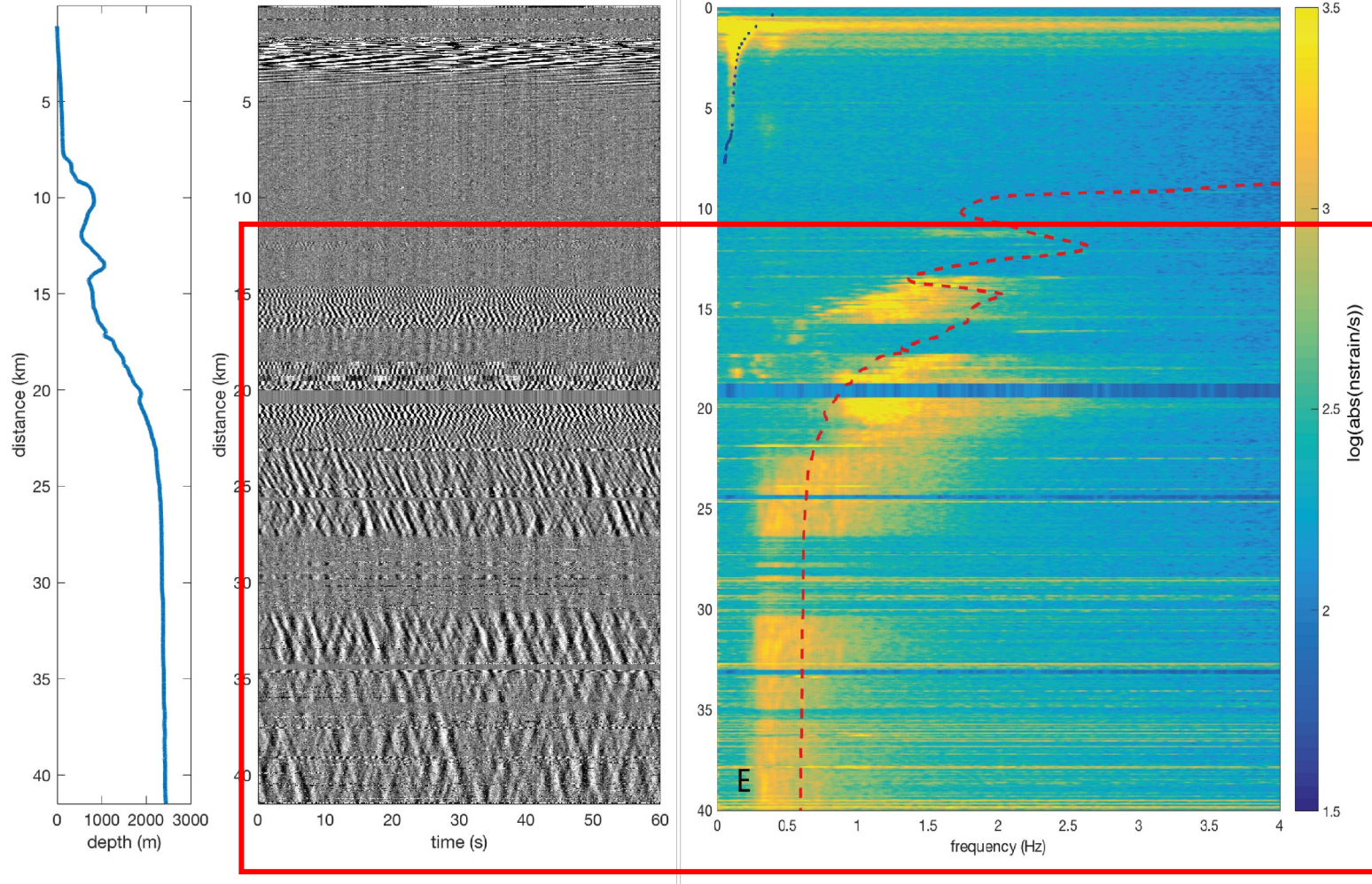
- retrouve prédictions de la théorie linéaire,



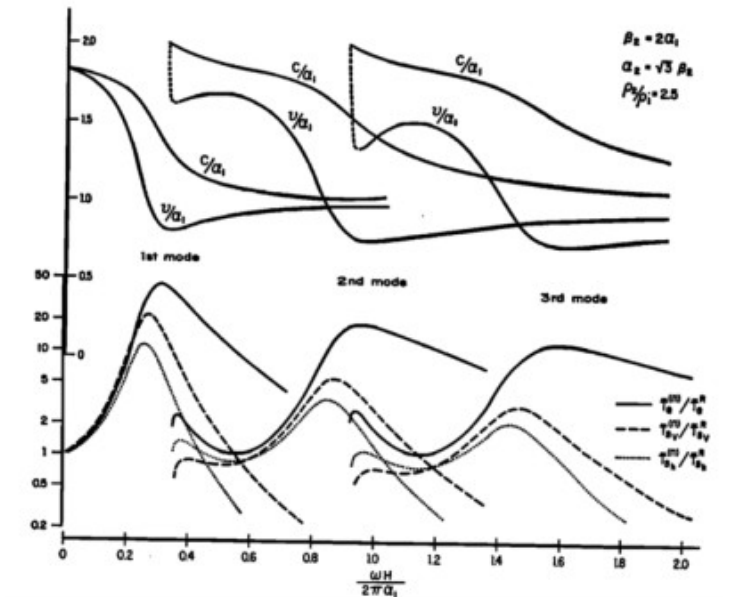
Signaux de fond: houle



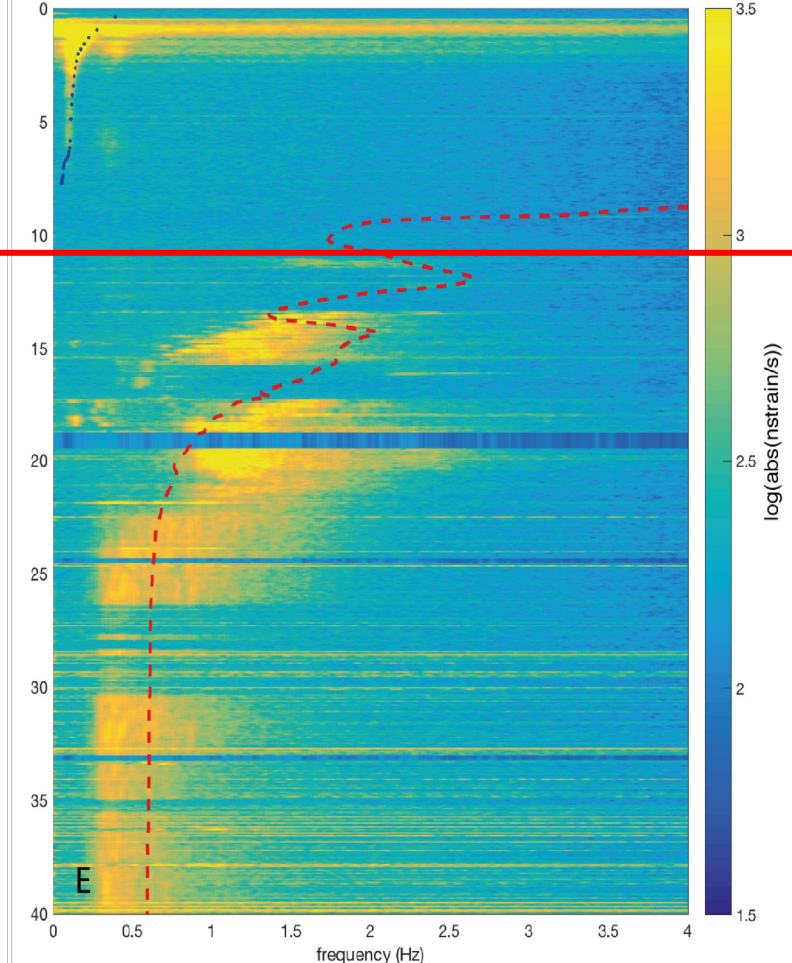
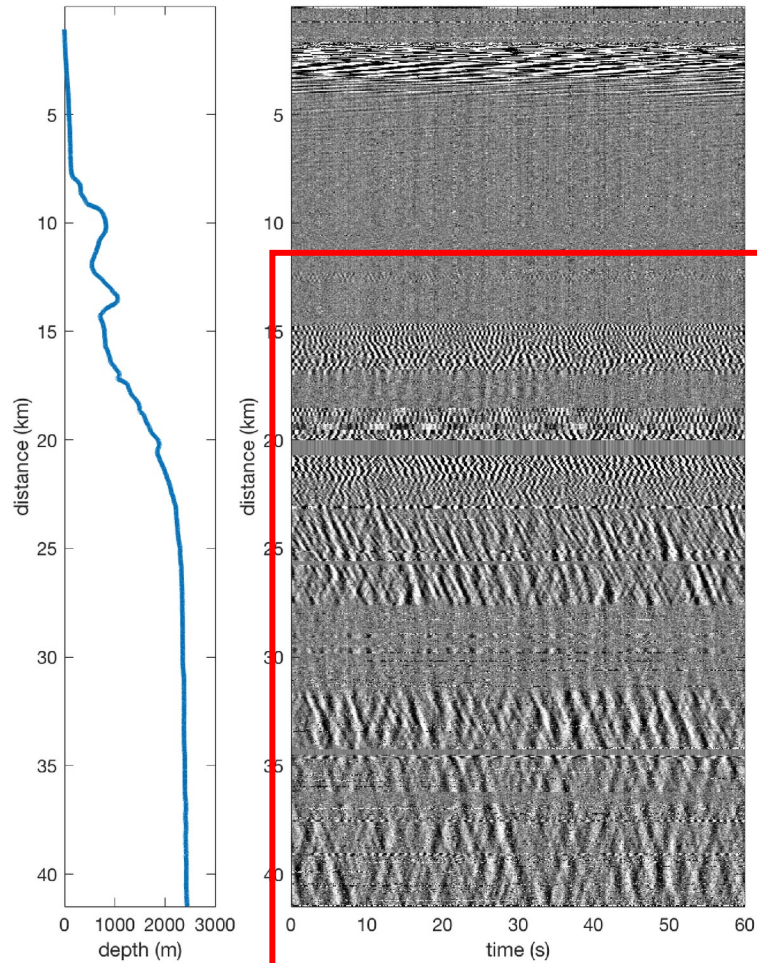
Signaux de fond : Microsismique secondaire



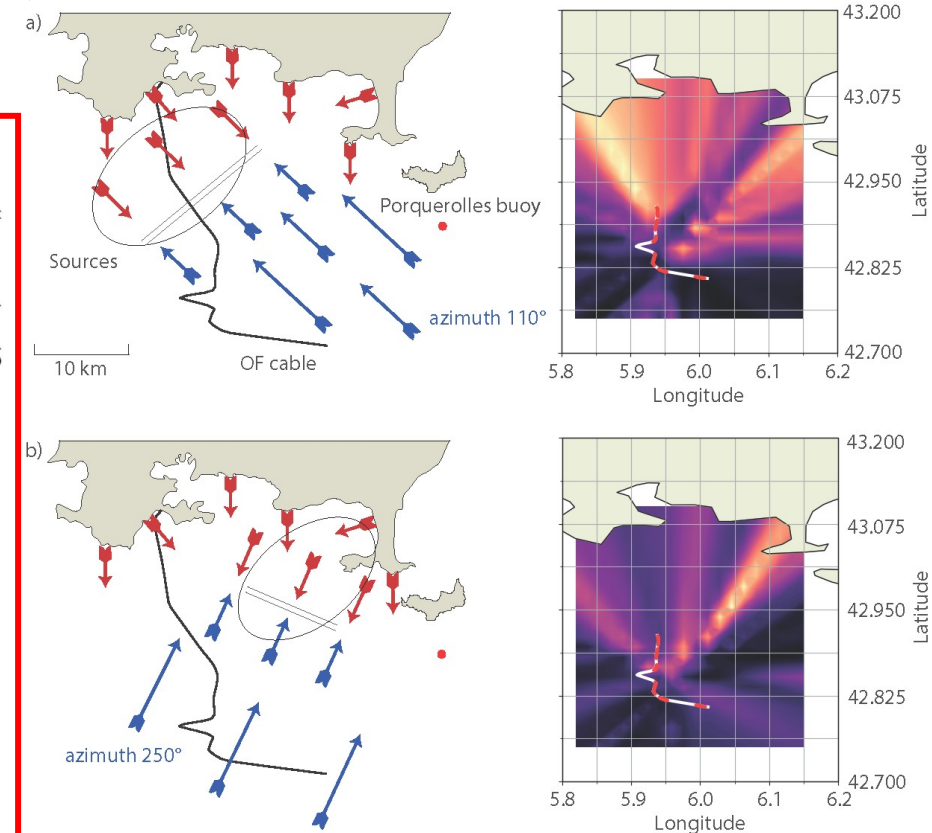
Inter-action non-linéaire de champs d'onde de directions opposées



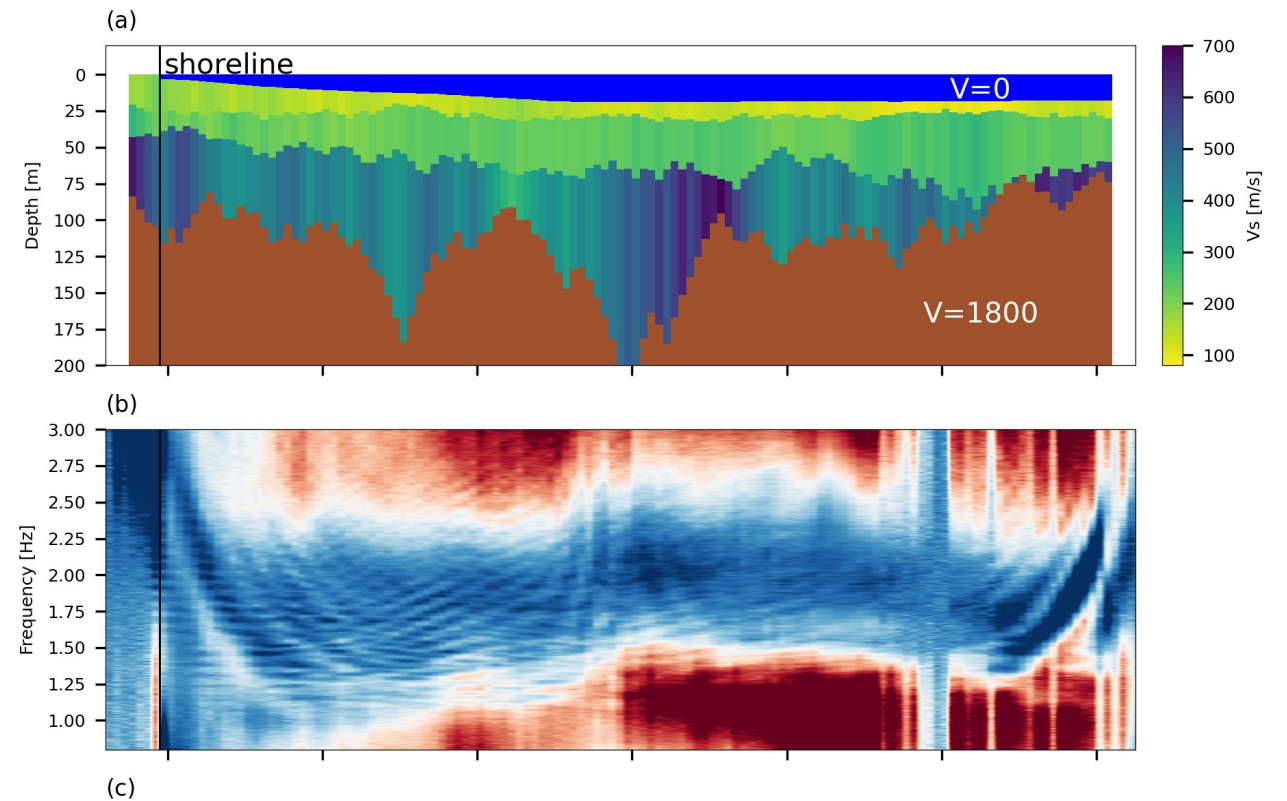
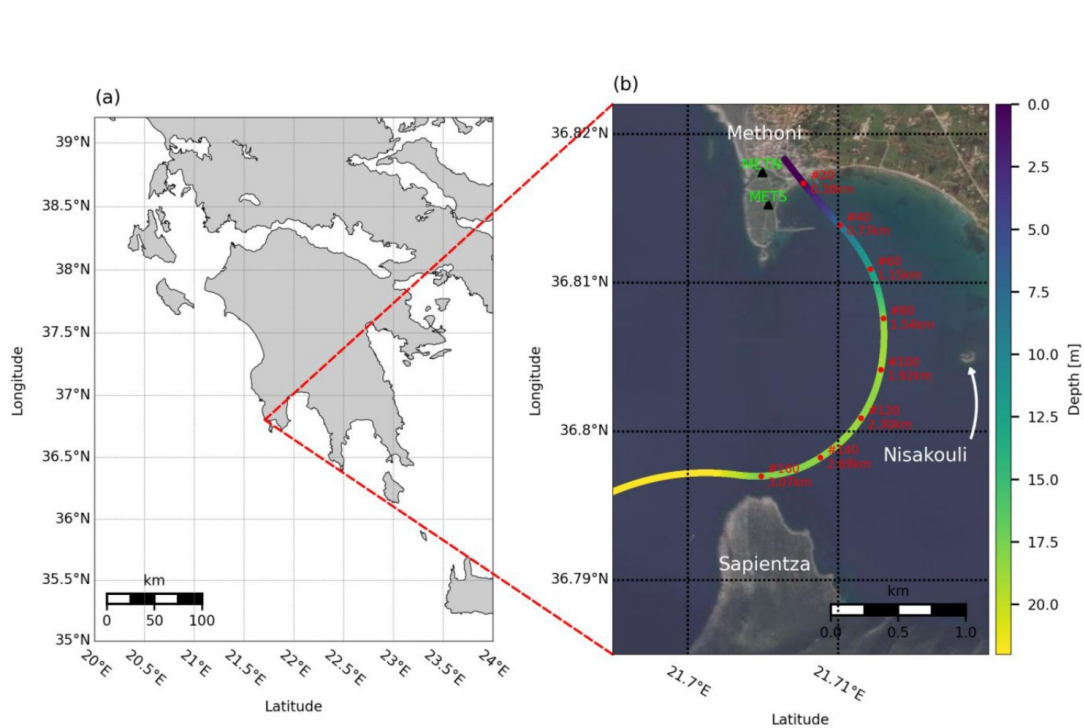
Signaux de fond : Microsismique secondaire



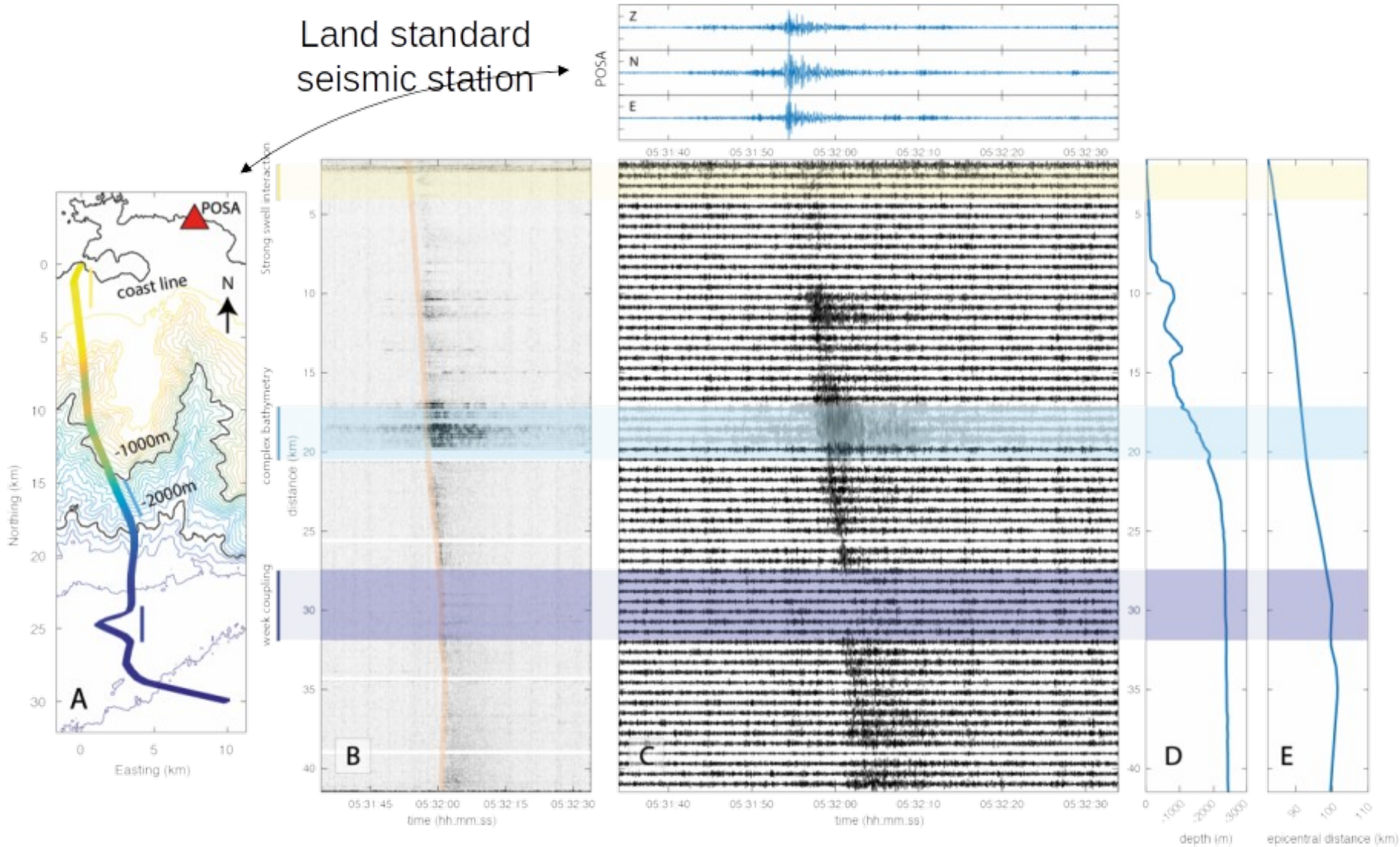
Origine du microsismique secondaire et coefficient reflexion à la côte



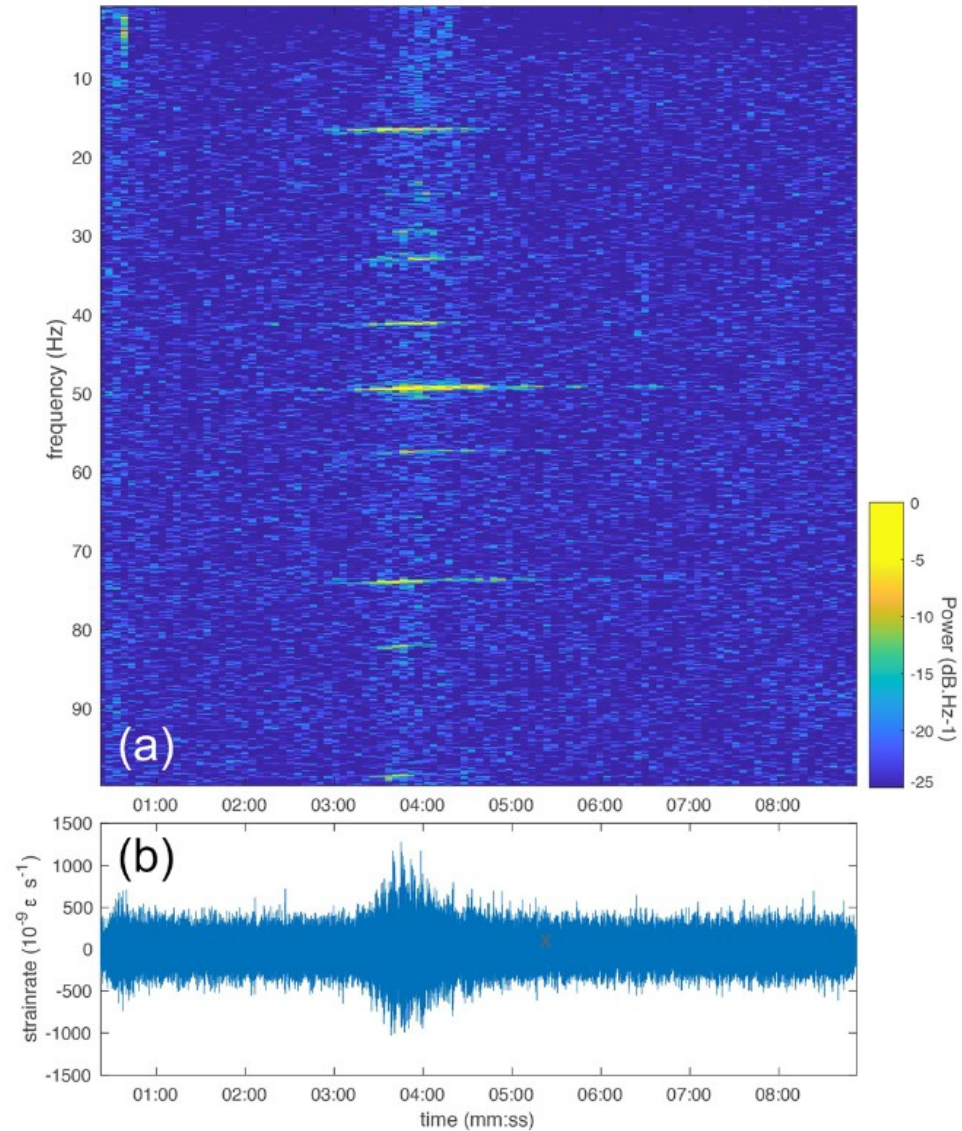
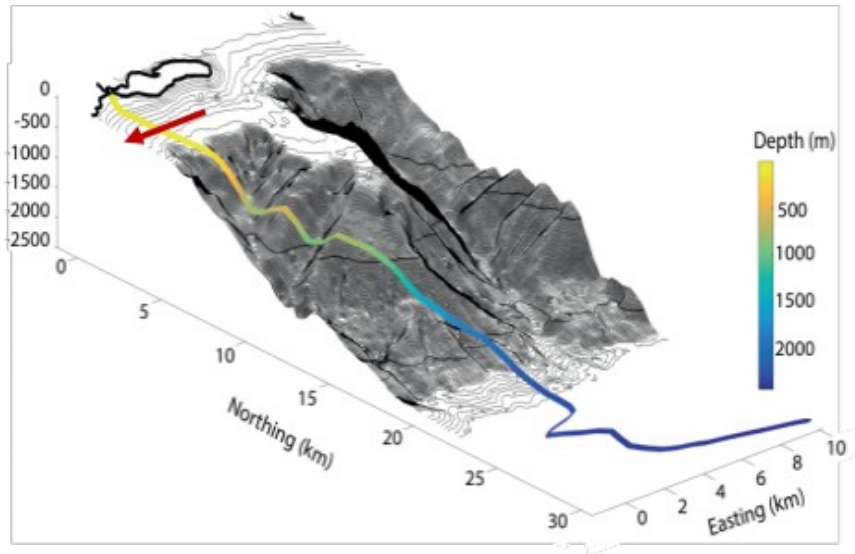
Signaux de fond : l'imagerie subsurface



Signaux transitoires : séismes

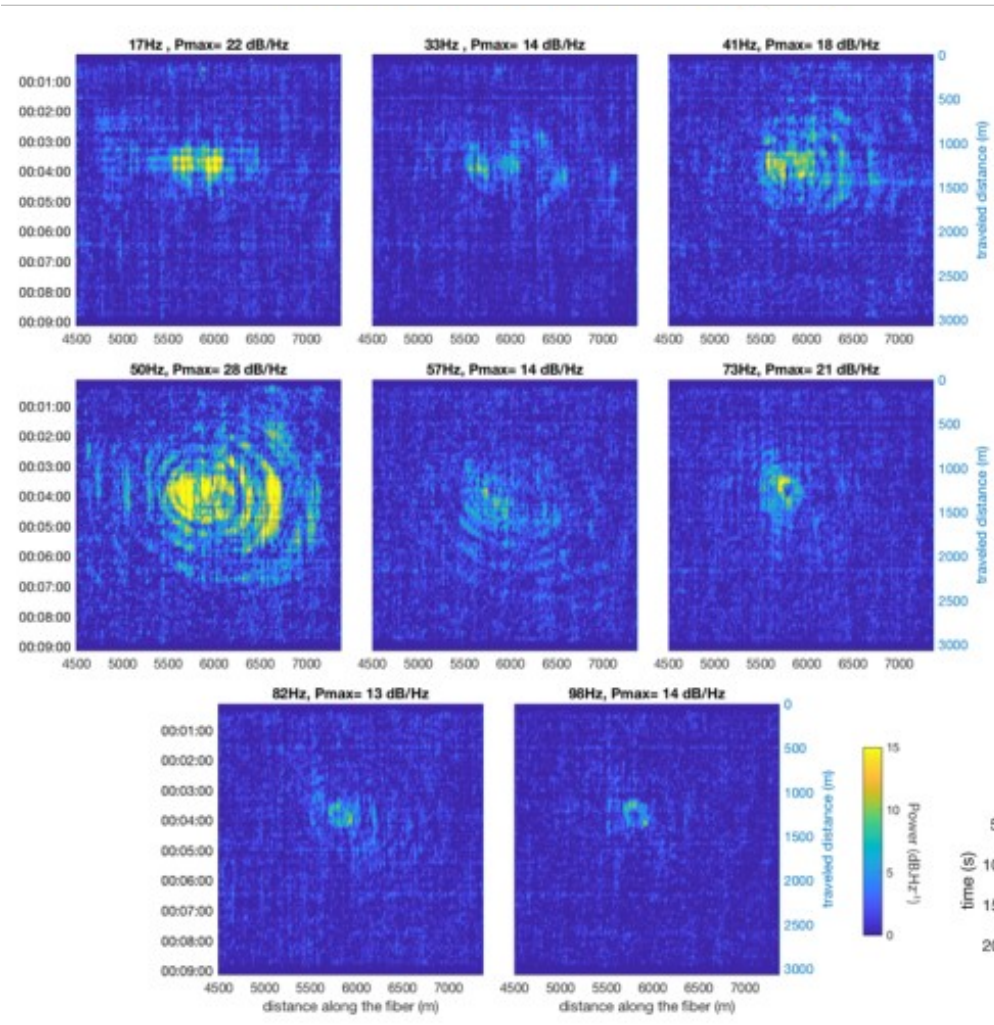


Signaux transitoires : bateaux

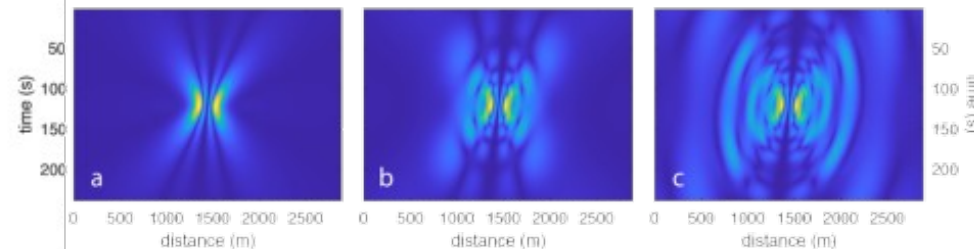
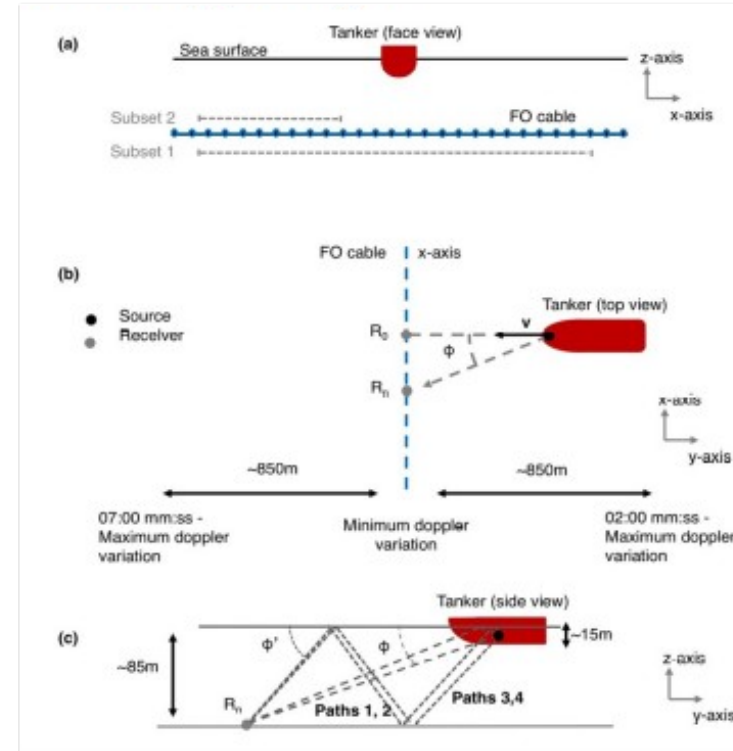


Signaux transitoires : bateaux

Maritime vessel noise intensity map

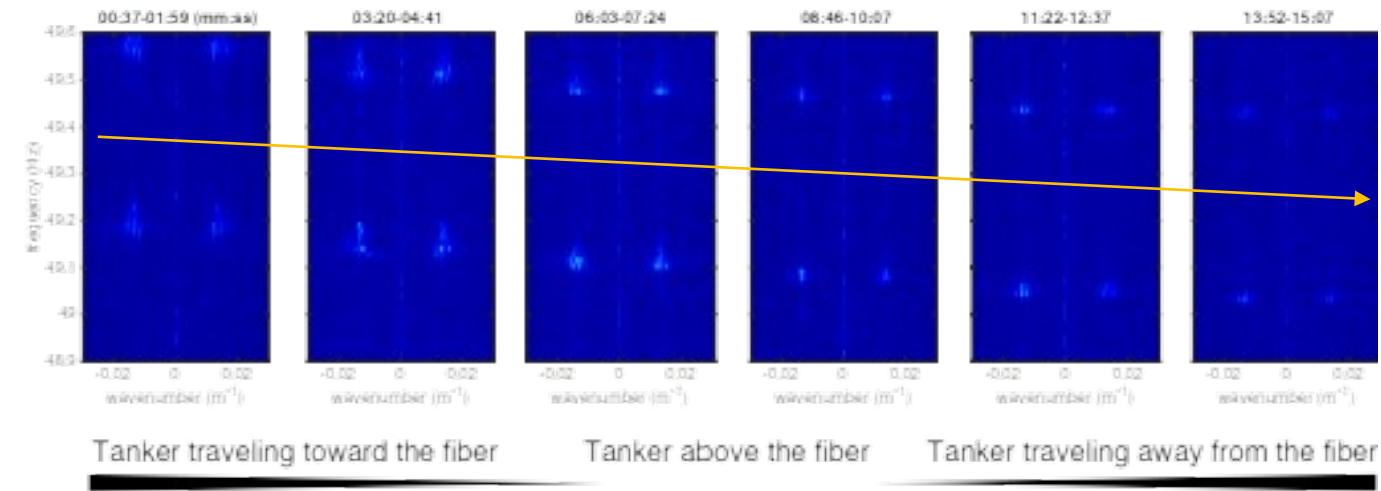


Data & modeling 80m depth



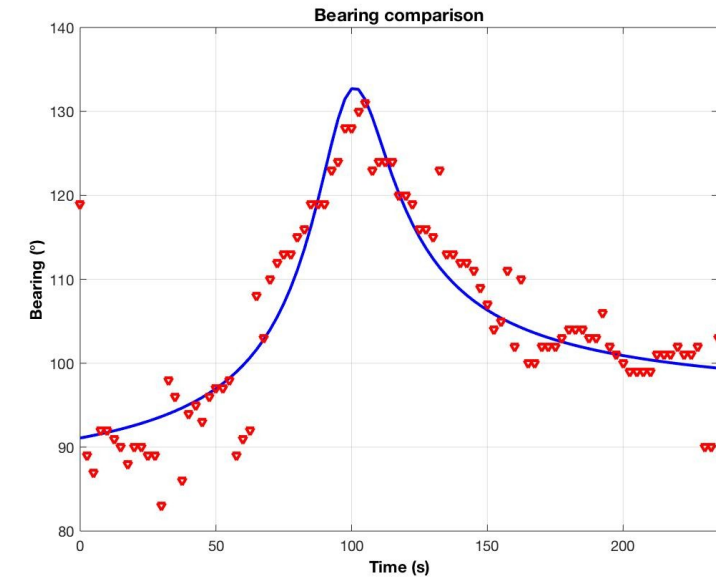
Signaux transitoires : bateaux

Suivi du bateau par effet Doppler

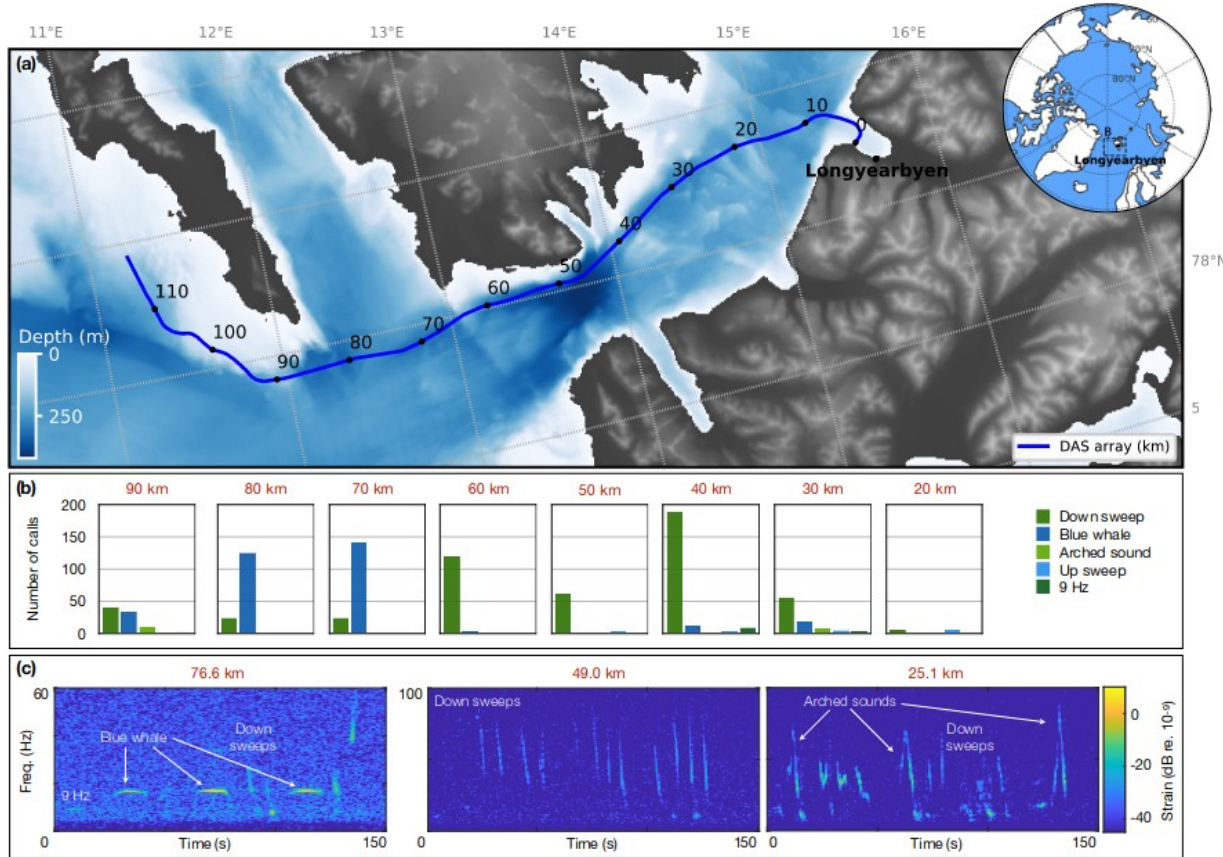


$$\frac{\Delta f}{f_0} = v \frac{\cos \theta}{c}$$

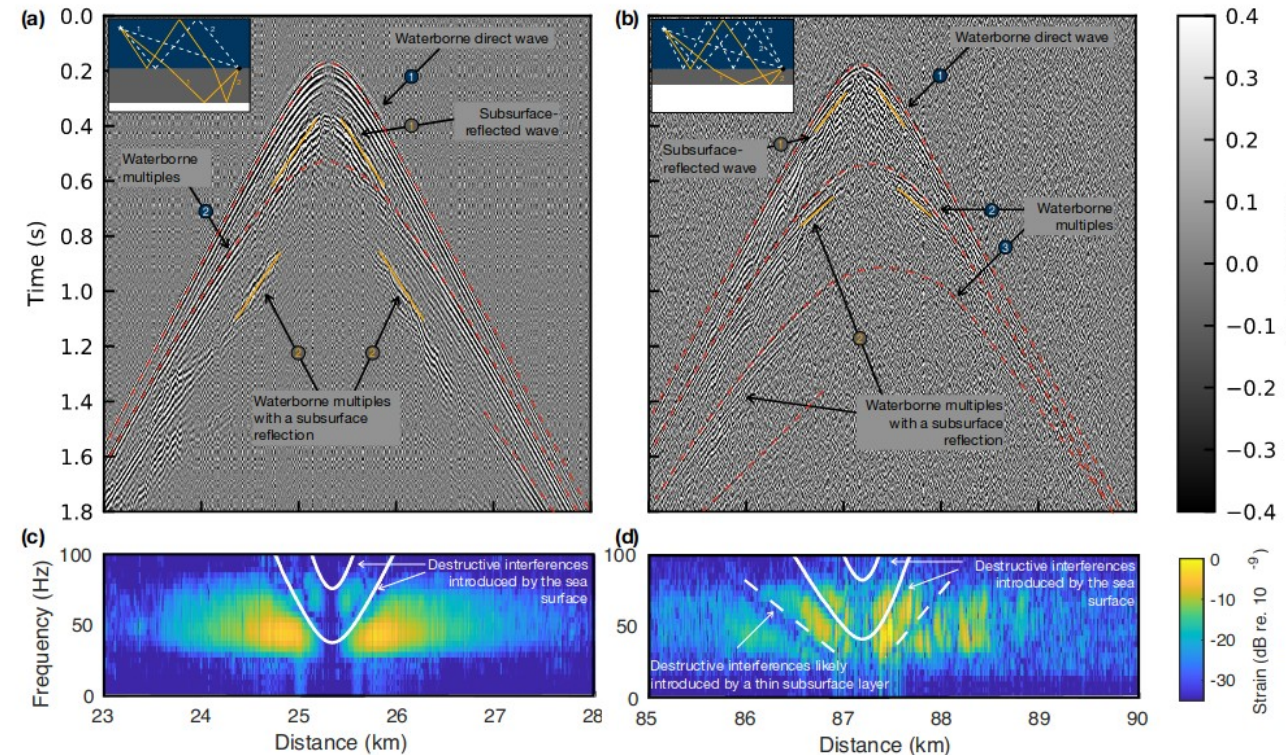
... ou par traitement d'antenne



Signaux transitoires : cétacés

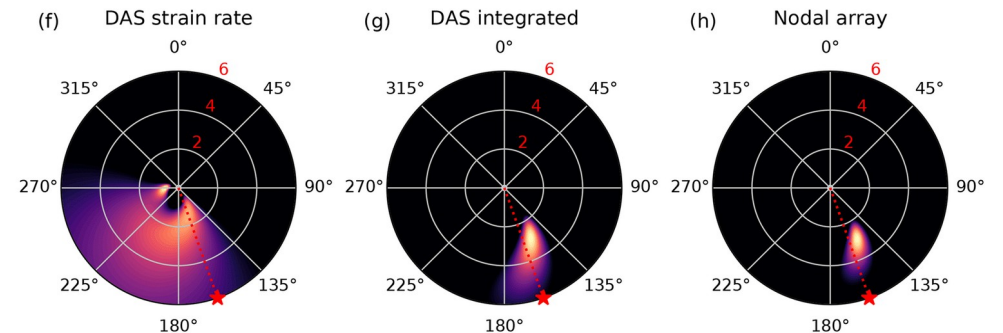
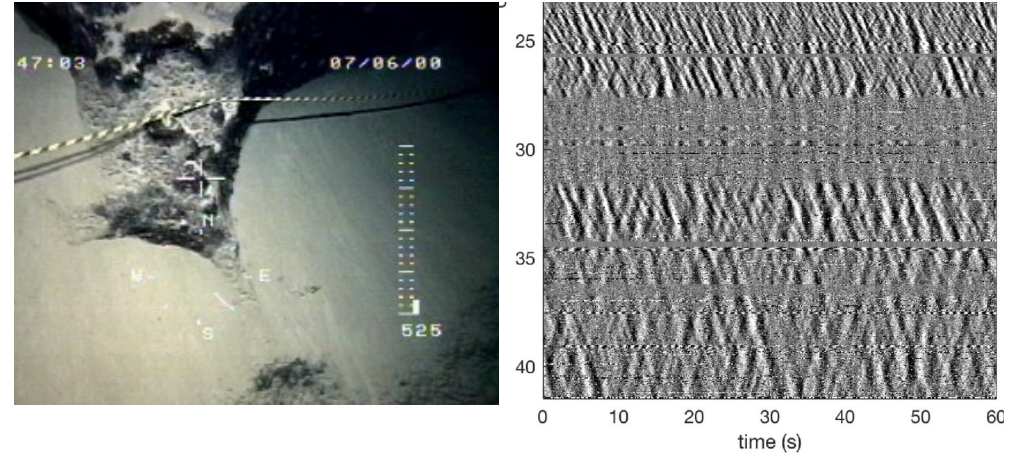


- Cable Svalbard 120km (7To/jour)
- 832 calls en 44 jours
- Suivi des déplacements par traitement d'antenne
- Capacité à faire de l'imagerie passive (ou active?)



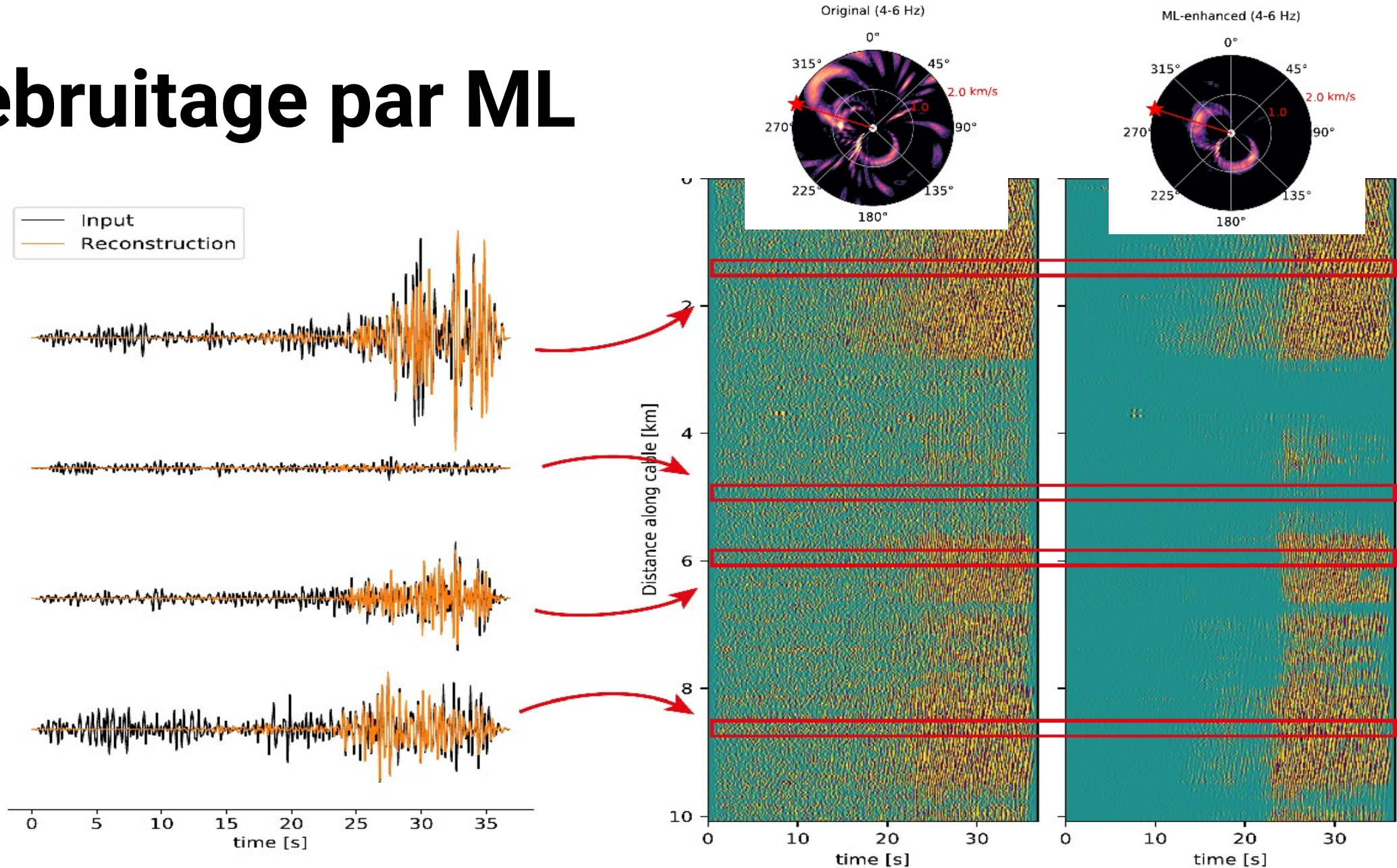
Défis du DAS

- Couplage et localisation du câble
(cf. poster Lucas Papotto),
- Vérités terrain : comprendre et valider les observations,
- Mesure déformation (ss unité) : mesure relative, liée à la *longueur de jauge* et influencée par le milieu local
- Volume de données
>> Gestion, Exploration, Exploitation



van den Ende & Ampuero, Solid Earth, (2021)

Debruitage par ML



Des perspectives

Technologie à très fort potentiel scientifique : on a gratté, venez creuser !

Naturellement adapté pour l'opérationnel

Interrogeurs en progrès constants : portée , résolution spatiale et temporelle, niveau de bruit, consommation, intégration, prix...

Accès aux câbles évolue :

- décommissionnés (beaucoup en fin de vie),
- fonctionnement DAS en parallèle des telecoms,
- intégration de fibres dédiées dans les nouveaux câbles,
- solutions pour l'ensouillage de câbles (charrue légère Géoazur)

Belle opportunité pour de la recherche inter-disciplinaire...