

Étude de l'influence des petites échelles océaniques sur la propagation acoustique : application à la campagne ALMA 2017

Alexandre L'Her^{1,4}, Angélique Drémeau¹, Florent Le Courtois²,
Gaultier Real³, Xavier Cristol⁴, Yann Stephan²

¹ENSTA Bretagne et Lab-STICC

²Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM)

³DGA Techniques Navales

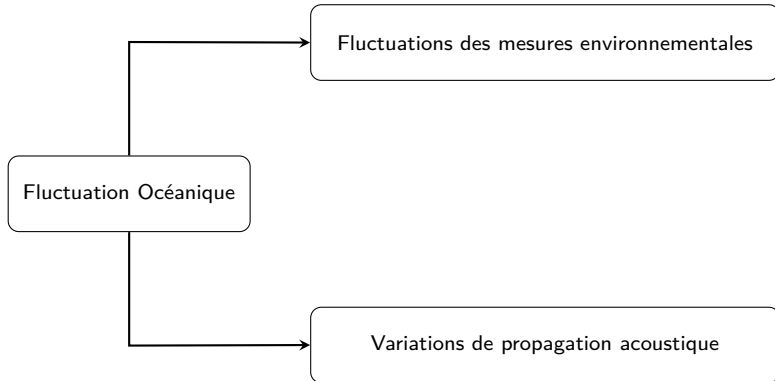
⁴THALES Defence Mission Systems

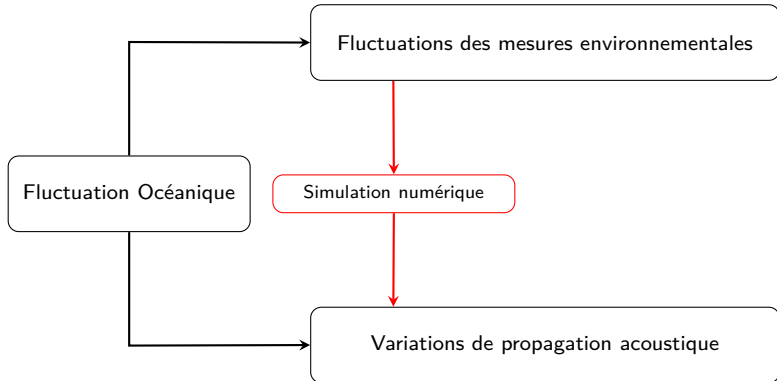
SERENADE 2022 - 27 au 30 Juin 2022

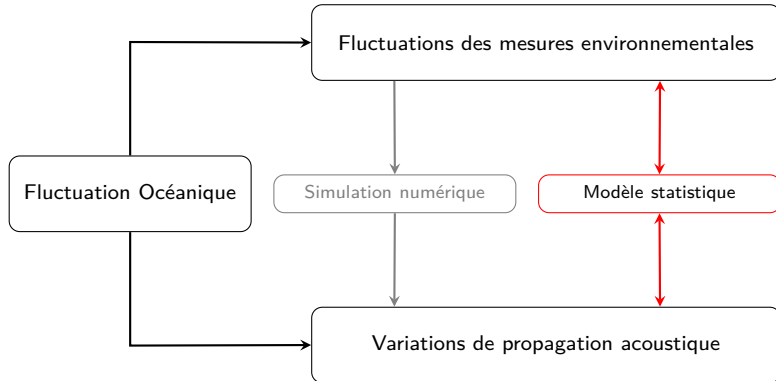
THALES



- 1 Introduction
 - Contexte
- 2 Méthode
- 3 Résultats
- 4 Conclusion







But de l'étude

Modéliser les relations statistiques entre des mesures océanographiques et des variables acoustiques

1 Introduction

2 **Méthode**

- Analyse des corrélations canoniques

3 Résultats

4 Conclusion

Analyse des corrélations canoniques (CCA)

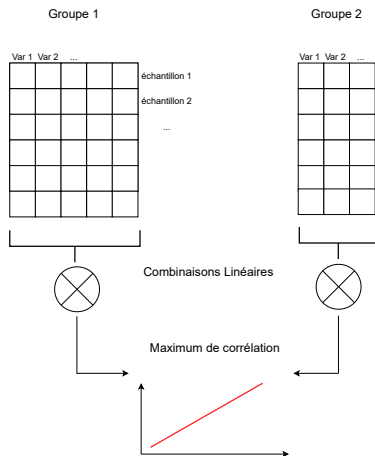


Diagramme du principe de la CCA

- Maximise la corrélation entre des combinaisons linéaires de deux groupes de variables.

Modèle

$$U = XA, \quad V = YB \quad (1)$$

U, V variables canoniques. X, Y variables du problème étudié. A, B coefficients canoniques.

$$\underset{AB}{\operatorname{argmax}} \operatorname{Tr} (A^T X^T Y B) \quad (2)$$

1 Introduction

2 Méthode

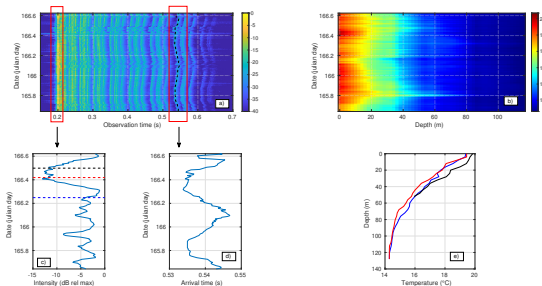
3 Résultats

- Cas simple : INTIMATE 96
- Cas complexe : ALMA 2017

4 Conclusion

Campagne INTIMATE 96

- Campagne du SHOM, Institut Hydrographique du Portugal, Université d'Algarve, New Jersey Institute of Technology. [Stéphan et al., 1998]
- Plateau continental portugais.
- Petits fonds, fluctuation principale M2.



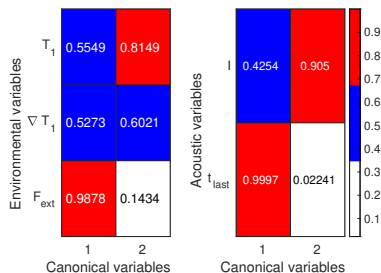
a) Réponse impulsionnelle; b) Température de la colonne d'eau; c) Intensité de la première arrivée; d) Temps d'arrivée d'un dernier rayon; e) Profils de température.

Influence de l'environnement

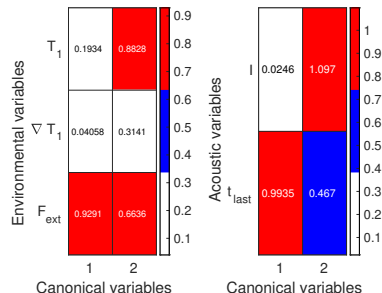
- Le temps d'arrivée des derniers rayons est influencé par la marée barotrope et la profondeur de la thermocline.
- L'énergie du premier paquet est influencée par la profondeur et le gradient de la thermocline.

CCA sur les données de deux groupes

- Océanographique : Modes d'EOF de T (profondeur de la thermocline) et ∇T (amplitude du gradient), forçage externe F_{ext} (M2).
- Acoustique : Intensité de la première arrivée (I) et temps d'arrivée d'un des derniers rayons (t_{last}).



Loadings (gauche : variables environnementales, droite : variables acoustiques)



Coefficients canoniques (gauche : variables environnementales, droite : variables acoustiques)

Résultat compatible avec la physique du problème. ([Stéphan et al., 1998])

1 Introduction

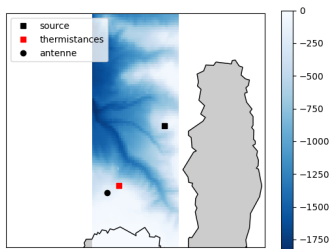
2 Méthode

3 Résultats

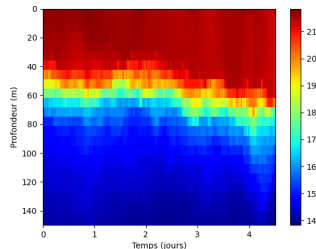
- Cas simple : INTIMATE 96
- Cas complexe : ALMA 2017

4 Conclusion

ALMA 2017



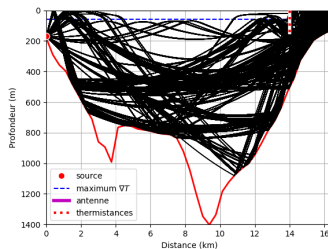
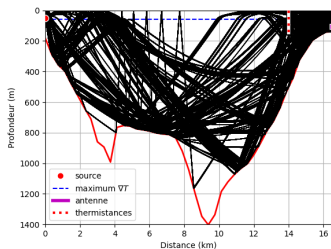
Localisation de la campagne. Position des sources et de l'antenne, bathymétrie.



Température mesurée par la chaîne de thermistances.

- Campagne de DGA TN ([Fattaccioli and Real, 2017])
- 3 profondeurs de source : 170m, 130m, 50m (sous la thermocline et dans la thermocline).
- LFM de 1kHz à 13kHz sur 10s.
- Antenne composée de 4 sous-antennes verticales de 32 éléments ajustée à 5kHz (5m de haut, 1m50 de large).

Tracés de rayons

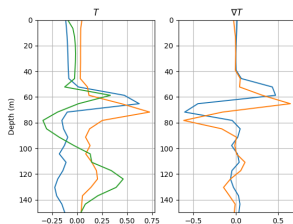


Tracés de rayons correspondant aux sources à 50m (gauche) et 170m (droite) réalisés avec Bellhop ([Porter, 2011]).

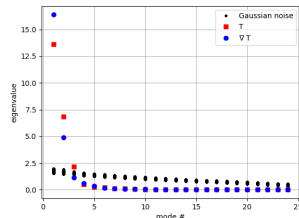
- Propagation acoustique complexe
- 16.5 km de propagation à travers un canyon
- Caractéristiques de propagation grand fond et petit fond
- Une seule position de mesure de température

Variables environnementales

Calcul des EOF de T et de $\nabla_z T$ sur la phase étudiée (12h).



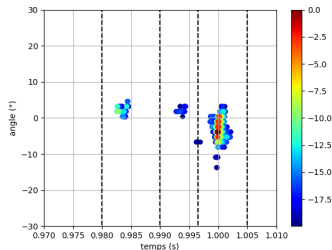
Modes verticaux de T et $\nabla_z T$.



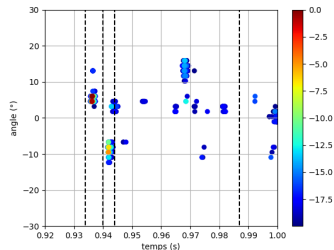
Valeurs propres de la matrice de covariance de T , ∇T et une variable $\mathcal{N}(0, 1)$. "Rule N" de sélection des modes d'EOF.
[Xiao-feng et al., 2000]

- 3 modes d'EOF de T .
- 2 modes d'EOF de $\nabla_z T$.
- Bruit ambiant acoustique à la verticale de l'antenne représentant l'état de mer.

Variables acoustiques



Sortie de formation de voie en temps-site, source à 170m, seuil à -20dB du maximum.

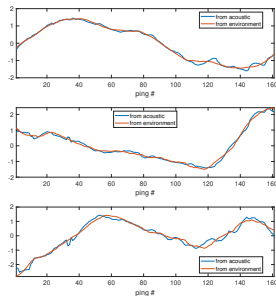
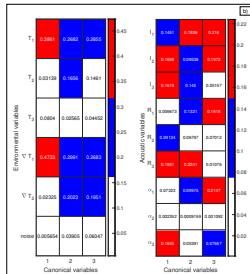
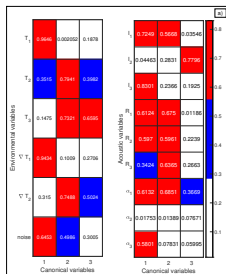


Sortie de formation de voie en temps-site, source à 50m, seuil à -20dB du maximum.

Quantités acoustiques calculées dans chacune des 3 fenêtres temporelles, moyennées sur 30 pings (90 min) :

- Rayon de cohérence ([Collis et al., 2008], [Carey, 1998])
- Intensité moyenne sur l'antenne
- Angle du maximum de cohérence

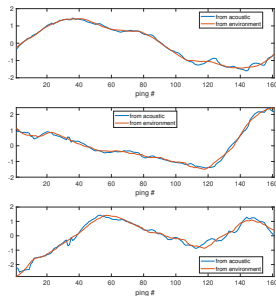
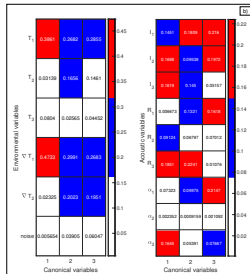
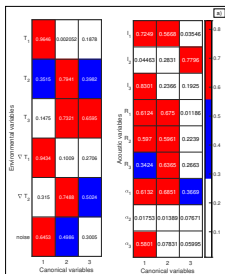
Source sous la thermocline (170 m)



a) Loadings ; b) coefficients canoniques. (gauche : variables environnementales, droite : variables acoustiques)

3 premières variables canoniques

Source sous la thermocline (170 m)



a) Loadings ; b) coefficients canoniques. (gauche : variables environnementales, droite : variables acoustiques)

3 premières variables canoniques

- Fait apparaître des relations plus complètes que la matrice de corrélations croisées.
- Modèle statistique des relations entre environnement et acoustique.
- Possibilité de relier la CCA à des modèles de variables latentes. [Bach and Jordan, 2005]

- 1 Introduction
- 2 Méthode
- 3 Résultats
- 4 Conclusion**

Conclusion

- La CCA nous permet de lier les variables acoustiques à des mesures du milieu de propagation.
- Trouve des résultats cohérent avec la physique d'un milieu simple.
- Premier pas dans la recherche d'alternatives aux modèles numériques.
- Possibilité d'utiliser ces résultats en entrée d'autres traitements.

Perspectives

- Utiliser la CCA comme modèle intermédiaire pour un traitement d'antenne adaptatif.
- Adapter l'analyse pour avoir des résultats en utilisant des mesure environnementales non-simultanées.
- Appliquer les techniques développées à d'autres phénomènes physiques (soliton : COACH06, front de température : NARVAL).

Merci de votre attention.

Contact :

alexandre.l-her@fr.thalesgroup.com
alexandre.lher@ensta-bretagne.org

Bibliographie



Bach, F. R. and Jordan, M. I. (2005).

A probabilistic interpretation of canonical correlation analysis.



Carey, W. M. (1998).

The determination of signal coherence length based on signal coherence and gain measurements in deep and shallow water.
The Journal of the Acoustical Society of America, 104(2) :831–837.



Collis, J. M., Duda, T. F., Lynch, J. F., and DeFerrari, H. A. (2008).

Observed limiting cases of horizontal field coherence and array performance in a time-varying internal wavefield.
The Journal of the Acoustical Society of America, 124(3) :EL97–EL103.



Fattaccioli, D. and Real, G. (2017).

The dga “alma” project : an overview of the recent improvements of the system capabilities and of the at-sea campaign alma-2016.

In *UACE Proceedings*.



Porter, M. B. (2011).

The bellhop manual and user’s guide : Preliminary draft.



Stéphan, Y., Démoulin, X., Folégot, T., Jesus, S., Porter, M., and Coelho, E. (1998).

Influence de l’environnement sur la propagation acoustique par petits fonds : la campagne de tomographie intime96.
Technical report, Technical report no 18/EP SHOM, CMO/OCA/NP.

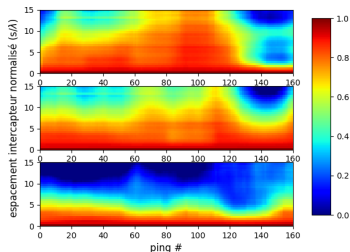


Xiao-feng, L., Pietrafesa, L., Shu-Fang, L., and Li-an, X. (2000).

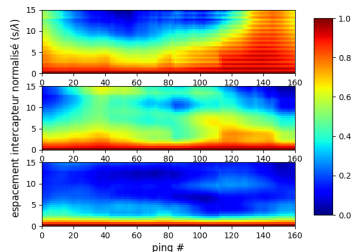
Significance test for empirical orthogonal function (eof) analysis of meteorological and oceanic data.
Chinese Journal of Oceanology and Limnology, 18(1) :10–17.

Fonction de cohérence mutuelle

A partir des corrélations on peut calculer l'intensité moyenne sur l'antenne et le rayon de cohérence (séparation intercepteur à laquelle $\Gamma(I) < 1/e$).



Fonction de cohérence mutuelle pour les 3 fenêtres, en fonction du ping, pour la source à 170m



Fonction de cohérence mutuelle pour les 3 fenêtres, en fonction du ping, pour la source à 50m