

SeGaMas : un simulateur pour l'étude des mammifères marins

Modélisation complète des scènes acoustiques sous-marines pour l'étude des cétacés

Lilou Dantin^{1,2,*}, Hervé Glotin^{1,2}, Sébastien Paris^{1,2},
Adeline Paiement^{1,2}, and Stéphane Jaspers²

¹ Université de Toulon, Aix Marseille Univ, CNRS, DYNI, LIS, Toulon, France, * lilou.dantin@gmail.com

² Centre International d'Intelligence Artificielle en Acoustique Naturelle



Objectifs

La localisation des cétacés avec une petite antenne reste imprécise en raison des limites des méthodes de localisation actuelles. Pour y remédier, une nouvelle méthode basée sur l'IA est proposée ici. En raison du manque de données réelles, un simulateur appelé SeGaMas est en développement pour générer des scènes acoustiques réalistes pour l'entraînement du modèle. Reconstruire les trajectoires des cétacés à partir de leurs sons permettra de :

- ★ Prévention des collisions
- ★ Identification des individus
- ★ Optimisation du placement des hydrophones
- ★ Compréhension du placement des cétacés

Limite des TDOA

La différence de temps d'arrivée (TDOA) est l'une des méthodes les plus utilisées pour localiser les sources sonores. Toutefois, son efficacité est limitée par plusieurs exigences :

- ★ des hydrophones parfaitement synchronisés
- ★ une connaissance précise de leur position [1]
- ★ un réseau spatial étendu
- ★ un environnement acoustique simple (pas d'échos, un seul émetteur à la fois)

Matériel et méthode

SeGaMas modélise les scènes acoustiques avec :

- un modèle de lancé de rayon
- des trajectoires réalistes de cétacés
- l'émission régulière d'un signal bioacoustique

→ Reconstruction du signal arrivant à l'hydrophone
Dans cette étude, l'accent est mis sur les cachalots (*Physeter macrocephalus*), dont les clics caractéristiques et le comportement en plongée profonde sont toujours intrigants.

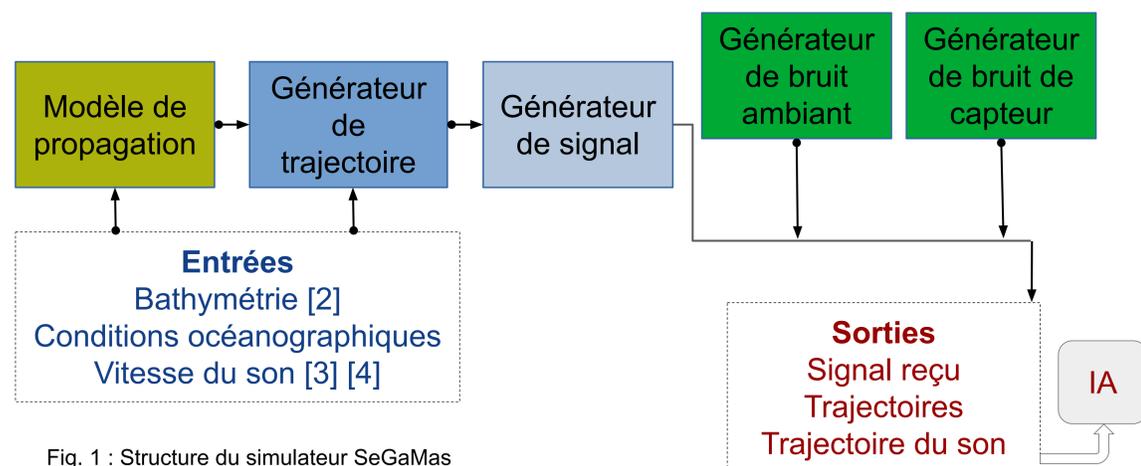


Fig. 1 : Structure du simulateur SeGaMas

Résultats préliminaires

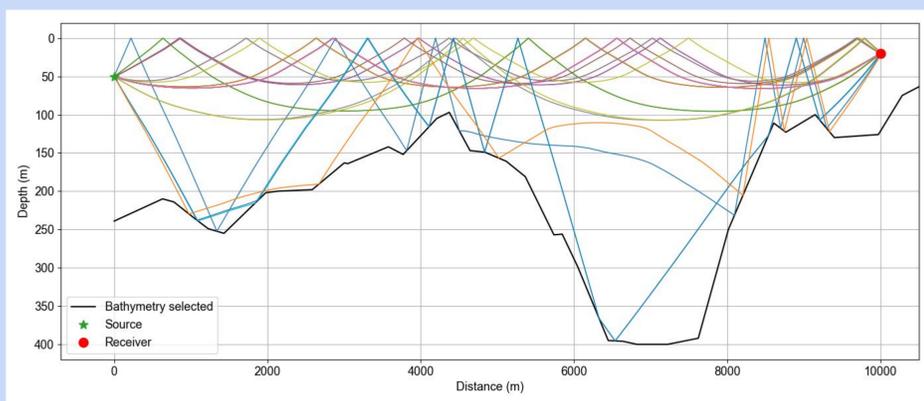


Fig. 2 : Traçage de rayons entre une source et un récepteur distants de 10 km dans le fjord de Seglvik, Norway, modélisé avec Bellhop [5]

Modèle de propagation

Bellhop est actuellement utilisé pour lancer des faisceaux dans divers environnements afin de reconstruire le signal à l'hydrophone. En tant que modèle de traçage de faisceau, Bellhop modélise les rayons avec des faisceaux de largeur finie, ce qui permet une modélisation précise de la propagation acoustique [5].

L'étape suivante consiste à comparer différents modèles de propagation afin d'identifier et de sélectionner le plus précis.

Travaux futurs

Les trajectoires seront modélisées comme des mouvements rectilignes uniformes [6], reproduisant le mouvement naturel d'un cachalot poursuivant un calmar géant (*Architeuthis dux*). Ces trajectoires simulées (Fig. 3 B) et les sons propagés (Fig. 3 A) seront ensuite utilisés pour entraîner un modèle basé sur un transformateur qui utilise l'ensemble du train de clics pour déduire la trajectoire de la baleine.

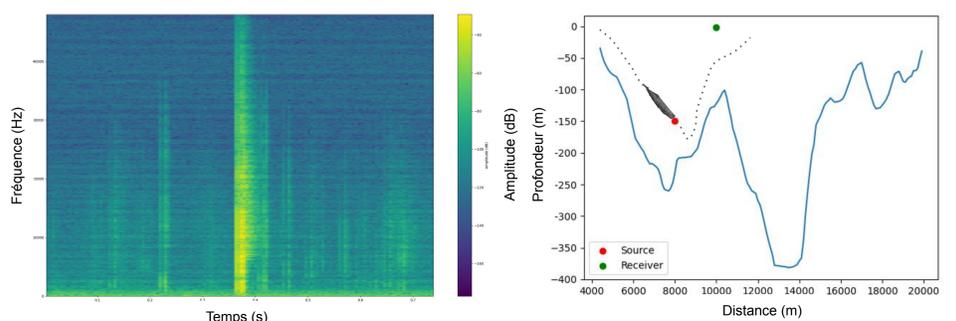


Fig. 3 : Données d'entrée du modèle d'entraînement (*Transformers*) (A) Signal d'arrivée reconstruit (B) Trajectoires réalistes des cétacés

Remerciements :

Nous tenons à remercier Dominic Lagrois pour le temps qu'il a généreusement consacré à nous aider sur la partie propagation. H.G remercie l'ANR pour les subventions ULPCochlea ANR-21-CE04-0020 et la DGA IAD pour la chaire AI ADSIL ANR-20-CHIA-0014. Nous remercions également la Région Sud PACA et EUROPAM Biodiversa pour leurs financements.

- [1] Ho, K. C., Lu, X., & Kovavisaruch, L. (2007). Source Localization Using TDOA and FDOA Measurements in the Presence of Receiver Location Errors: Analysis and Solution. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 55(2), 684–696. <https://doi.org/10.1109/TSP.2006.885744>
- [2] The General bathymetric Chart of the Ocean. (2024). GEBCO Gridded Bathymetry Data Download. <https://download.gebco.net/>
- [3] K.V. Mackenzie, Nine-term equation for the sound speed in the oceans (1981) *J. Acoust. Soc. Am.* 70(3), pp 807-812
- [4] Copernicus Marine Service. (1993-2021) cmems_mod_glo_phy_my_0.083deg_P1D-m and cmems_mod_glo_phy_my_0.083deg_P1D-m. <https://marine.copernicus.eu/fr>
- [5] Porter, M. B. (n.d.). *The BELLHOP Manual and User's Guide: PRELIMINARY DRAFT.*
- [6] Chouchane, M. (2013). Chapitre 2. Optimisation spatio-temporelle d'efforts de recherche pour cibles manœuvrantes et intelligentes.

SeGaMas : Serious Game for Marine mammals survey

Complete modeling of underwater acoustic scenes for cetacean studies

Lilou Dantin^{1,2,*}, Hervé Glotin^{1,2}, Sébastien Paris^{1,2},
 Adeline Paiement^{1,2}, and Stéphane Jespers²
¹ Université de Toulon, Aix Marseille Univ, CNRS, DYNI, LIS, Toulon,
 France, * lilou.dantin@gmail.com
² Centre International d'Intelligence Artificielle en Acoustique Naturelle



Objectives

Cetaceans location with small antennas remains imprecise due to the limits of actual location methods. To address this, a new AI-based method for position and trajectory estimation is proposed here. Given the lack of real data, a simulator named *SeGaMas* is currently developed to generate realistic acoustic scenes for model training. Reconstruct cetaceans trajectories based on their sound will allow to:

- ★ Collision prevention
- ★ Hydrophone placement optimization
- ★ Individual identification
- ★ Cetacean placement understanding

TDOA limits

Time Difference Of Arrival (TDOA) is one of the most widely used methods for locating sound sources. However, its effectiveness is constrained by several requirements:

- Perfectly synchronized hydrophones
- Accurate knowledge of their positions [1]
- A wide spatial network
- Simple acoustic environments (no echoes, one emitter at a time)

Materials and methods

SeGaMas models acoustics scenes including :

- Ray-tracing model
- Realistic cetacean trajectories
- Regular emission of a biophonic signal
- ➔ Reconstruction of the signal arriving at the hydrophone

In this study, the focus is placed on sperm whales (*Physeter macrocephalus*), whose characteristic clicks and deep-diving behavior are still intriguing.

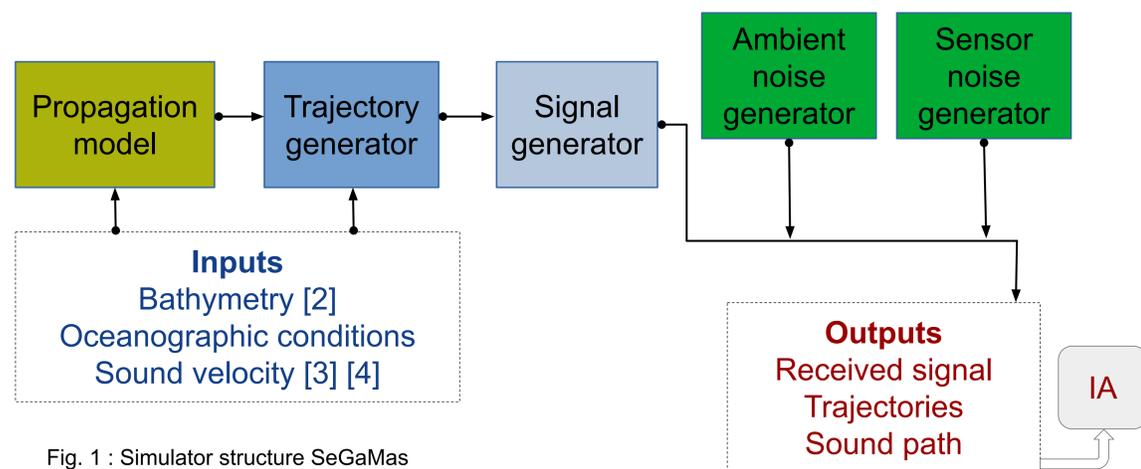


Fig. 1 : Simulator structure *SeGaMas*

Preliminary results

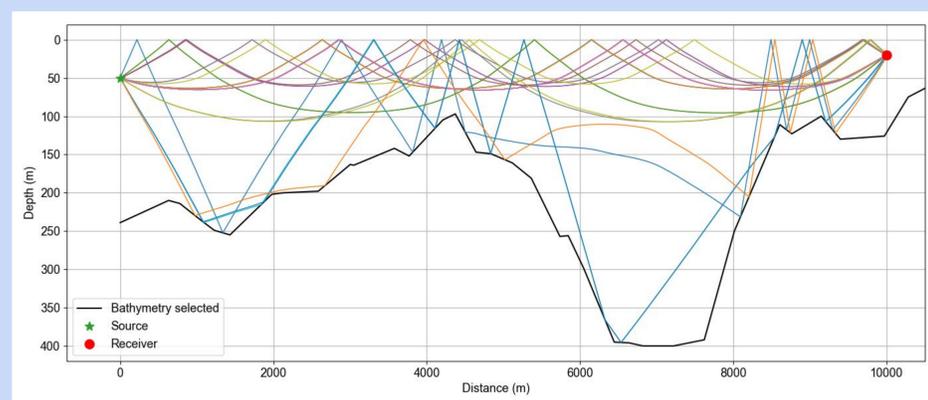


Fig. 2 : Ray tracing between a source and a receiver 10 km apart in Seglvik Fjord, Norway modeled with Bellhop [5]

Propagation model

Bellhop is currently used to launch beams in various environments in order to reconstruct the signal at the hydrophone. As a beam tracing model, a derivative of the ray tracing algorithm, Bellhop model rays with finite-width beams, allowing accurate modeling of acoustic propagation [5].

The next step consists in comparing different propagation models to identify and select the most accurate one. If existing models do not meet the required accuracy, a custom propagation model will be developed.

Future works

The trajectories will be modeled as uniform rectilinear motions [6], reproducing natural movement of a sperm whale chasing a giant squid (*Architeuthis dux*). These simulated trajectories (Fig. 3 B) and propagated sounds (Fig. 3 A) will then be used to train a transformer-based model that uses the entire click train to infer the whale's path.

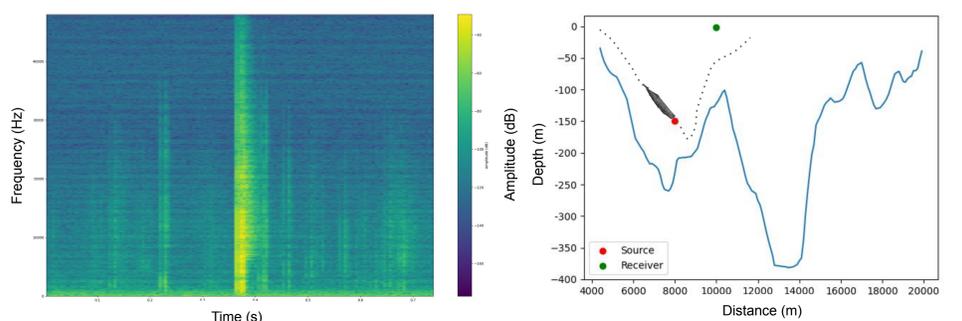


Fig. 3 : Training model input data (*Transformer*)
 (A) Reconstructed arrival signal (B) Realistic cetacean trajectories

Acknowledgement :

We would like to thank Dominic Lagrois for the time he generously dedicated to helping us on the propagation part. H.G thanks ANR for grants ULPCochlea ANR-21-CE04-0020 & DGA IAD for AI Chair ADSIL ANR-20-CHIA-0014. We also acknowledge Région Sud PACA and EUROPAM Biodiversa for fundings.

- [1] Ho, K. C., Lu, X., & Kovavisaruch, L. (2007). Source Localization Using TDOA and FDOA Measurements in the Presence of Receiver Location Errors: Analysis and Solution. *IEEE Transactions on Signal Processing*, 55(2), 684–696. <https://doi.org/10.1109/TSP.2006.885744>
- [2] The General bathymetric Chart of the Ocean. (2024). GEBCO Gridded Bathymetry Data Download. <https://download.gebco.net/>
- [3] K.V. Mackenzie, Nine-term equation for the sound speed in the oceans (1981) *J. Acoust. Soc. Am.* 70(3), pp 807-812
- [4] Copernicus Marine Service. (1993-2021) cmems_mod_glo_phy_my_0.083deg_P1D-m and cmems_mod_glo_phy_my_0.083deg_P1D-m. <https://marine.copernicus.eu/fr>
- [5] Porter, M. B. (n.d.). *The BELLHOP Manual and User's Guide: PRELIMINARY DRAFT.*
- [6] Chouchane, M. (2013). Chapitre 2. Optimisation spatio-temporelle d'efforts de recherche pour cibles manœuvrantes et intelligentes.