

Détection d'événements acoustiques par DAS et CNN : application à la détection de cris de baleines

Michel Dione*, Jerry Lonlac**, Anthony Fleury*,** Hélène Louis***,
Stéphane Lecoecue****

* IMT Nord Europe, Institut Mines-Telecom, Univ. Lille, Centre for Digital Systems, Lille
**IMT Mines Alès, Alès, France
{michel.dione, jerry.lonlac, anthony.fleury, helene.louis}@imt-nord-europe.fr

Le DAS (Distributed Acoustic Sensing) est une technologie innovante permettant des mesures acoustiques rapides et précises sur de longues distances. Toutefois, le volume massif de données qu'il génère pose des défis de stockage et de traitement en temps réel. Lorsqu'il est associé à des algorithmes d'apprentissage automatique, le DAS démontre des performances remarquables, notamment dans le domaine ferroviaire, où il atteint une précision de 97% pour détecter en temps réel des événements acoustiques tels que le passage de trains et les défauts sur les rails (Rahman et al., 2024).

Dans ce travail, nous présentons une approche reposant sur l'utilisation de réseaux de neurones convolutifs (CNN) pour la détection d'événements acoustiques à partir des données collectées via le DAS. Pour la première fois, cette méthode est appliquée au suivi acoustique des baleines à travers l'analyse de leurs vocalisations utilisant les données publiques de l'OOI (Ocean Observatories Initiative) disponibles ici ¹.

Notre approche est subdivisée en deux étapes principales : (1) le prétraitement des données brutes, comprenant le filtrage, la conversion en images spatio-temporelles et leur annotation ; (2) la classification des images via un modèle CNN pour identifier la présence ou l'absence de cris de baleines dans chaque enregistrement donné.

Structure des données. La structure générale des données d'enregistrement 1 :

	CH ₁	CH ₂	CH ₃	CH ₄	...	CH _m
t ₁	str ₁ ¹	str ₁ ²	str ₁ ³	str ₁ ⁴	...	str ₁ ^m
...	...	...	...	...	...	...
t _n	str _n ¹	str _n ²	str _n ³	str _n ⁴	...	str _n ^m

TAB. 1 – Structure d'une donnée d'enregistrement acquise par le DAS. En colonnes on a les points de mesure le long du câble optique, et en lignes on a les instants d'échantillonnage.

Prétraitement des données. En raison du fonctionnement du DAS, les données collectées contiennent divers bruits, parfois de haute fréquence, nécessitant un filtrage adapté.

1. http://piweb.ooirsn.uw.edu/das/data/Optasense/NorthCable/TransmitFiber/North-C1-LR-P1kHz-GL50m-Sp2m-FS200Hz_2021-11-03T15_06_51-0700/

Détection de cris de baleines par réseau de neurones convolutif

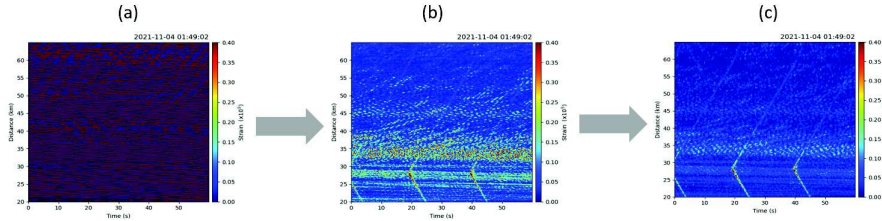


FIG. 1 – Illustration du filtrage des données acoustiques de cris de baleines : données brutes (a), filtrées par passe-bande (10-30 Hz) (Wilcock et al., 2023) (b), et filtrées par vitesse de propagation (c). L'axe horizontal, la distance le long de la fibre (m), et vertical, le temps (s).

Modèle CNN. Notre approche d'apprentissage profond repose sur l'idée de convertir d'abord les signaux acoustiques filtrés en images (visualisations spatio-temporelles), puis d'appliquer un réseau neuronal profond pour reconnaître les événements acoustiques (l'apparition de formes en "V") dans l'image. Le modèle comprend trois couches de convolution 2D :

- **Couche 1** : 32 filtres 3×3 , activation ReLU, suivie d'un max-pooling (2×2 , *stride* 2).
- **Couche 2** : Identique à la première, avec 32 filtres 3×3 , ReLU et max-pooling.
- **Couche 3** : 64 filtres 3×3 , ReLU et max-pooling (2×2 , *stride* 2).

Les filtres partagent les mêmes paramètres, optimisés par rétropropagation. Les couches inférieures détectent des motifs simples, et les supérieures des formes complexes, comme les structures en "V". L'approche est illustrée dans la figure 2 :

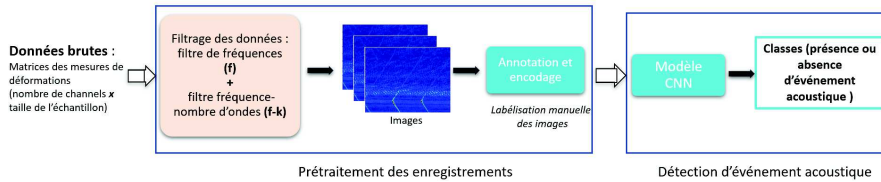


FIG. 2 – Illustration de l'approche proposée

Notre approche basée sur les CNN atteint une précision remarquable de 98 % dans la détection des baleines sur les données de l'OOI.

Références

- Rahman, M. A., S. Jamal, et H. Taheri (2024). Remote condition monitoring of rail tracks using distributed acoustic sensing (das) : a deep cnn-lstm-sw based model. *Green Energy and Intelligent Transportation*, 100178.
- Wilcock, W. S., S. Abadi, et B. P. Lipovsky (2023). Distributed acoustic sensing recordings of low-frequency whale calls and ship noise offshore central oregon. *JASA Express Letters* 3(2).

Ce projet a été financé par le Gouvernement dans le cadre du plan France 2030 opéré par l'ADEME et financé par l'Union Européenne-NextGeneration EU.