

ATTIVITÀ T1.2

Prevenzione del rischio collisione con cetacei marini

Prodotto T1.2.1

Specifiche tecniche esecutive per lo sviluppo e l'installazione del sistema di rilevamento in tempo reale dei mammiferi marini

Partner responsabile: UTLN

data di inizio e di fine: 01.04.2019-31.10.2022

Versione definitiva, 22.10.2022

Riepilogo

Introduzione	3
Descrizione della linea di ormeggio	4
Le caratteristiche del registratore per rilevamento dei cetacei.....	8
Trattamento dei dati registrati	8
Descrizione del sistema di registrazione e conservazione dei dati.....	8
Specifiche dell'idrofono	9
Specifiche della scheda audio.....	11
Specifiche complete del sistema	12
Riferimenti	13

Introduzione

La biodiversità marina sta crollando e anche le funzioni dei cetacei che sono i suoi principali superpredatori sono importanti. Ma la conoscenza dello stato della loro popolazione è scarsa. Queste sentinelle della biodiversità marina mediterranea sottoposte a forte pressione antropica vanno meglio osservate e grazie al **progetto GIAS** di seguito viene proposto quindi questo *osservatorio* delle **boe GIAS Bombyx2** per misurare e comprendere il loro comportamento e prevenirne la collisione con il traffico marittimo.

Questo progetto "etoacustico" sviluppato all'interno del progetto GIAS si basa su innovazioni nella strumentazione scientifica e negli algoritmi di intelligenza artificiale, in particolare anche nell'ambito della cattedra ADSIL IA. <http://bioacoustics.lis-lab.fr>, per l'acquisizione di dati massicci su megafauna e antropofonia. Queste analisi contribuiscono a prevenire il rischio di collisione tra megafauna e traffico marittimo.

Questo progetto si basa sui risultati di Bombyx1, the 1^{tempo} boa stereo marina a lungo termine nel mondo, collocata da UTLN (Pi Glotin) al largo del PNPC, che ha monitorato la popolazione di cetacei nella Regione [Glotin 2017, Poupard PhD 2020] dal 2015 al 2019. GIAS concentra anche la nostra expertise nelle missioni Sphyrna [Exploration of Monaco, Glotin et al 2020, Ferrari Phd 2020] e i risultati della tesi di P. Best (Region 2019-22) sulla boa Bombyx2 che è definita in 5 idrofoni e comunicazione 4G per il rilevamento dei cetacei in tempo reale. Questo progetto parteciperà alla continuazione dello sforzo per modellare il loro comportamento e la loro presenza sulle principali rotaie del traffico marittimo e quindi sarà in grado di allertare e prevenire i rischi di collisione tra loro e il traffico.

La valutazione della boa stereo Bombyx1 al largo del PNPC 2015 2018, e la costruzione degli algoritmi e l'imbarco nella scheda QHB SMIoT UTLN durante la tesi di P. Best che si conclude nel 2022 [21,3]. Per osservare più in dettaglio il comportamento della megafauna in un ambiente antropizzato [17], proponiamo questo osservatorio. Subappaltata con PME Toulonnaise, OSEAN SAS du Pradet e la piattaforma tecnologica SMIoT UTLN, la boa Bombyx2 di nuova generazione con 5 idrofoni consentirà di inviare rilevamenti di cetacei in 4G o IRIDIUM e, in buone condizioni, la loro osservazione in 3D in un raggio di 5 a 15 km secondo le stime su Bombyx1 (Pelagos 2017 report VAMOS Glotin et al., Poupard PhD 2020).

Il LIS DYNi ha un know-how riconosciuto a livello internazionale nel monitoraggio dei cetacei e dell'IA, riconosciuto dall'assegnazione della Cattedra ADSIL AI cofinanziata dall'AID. Questo osservatorio BOMBYX2 è il risultato di 10 anni di ricerca in IA e bioacustica su cui ha lavorato anche il progetto GIAS. Si tratta di un grande progetto, ovviamente costruito in consultazione con tutte le parti interessate per creare una rete.

È stato presentato, discusso e perfezionato durante appositi consigli, in particolare su richiesta di H. Glotin:

- Consiglio scientifico dell'Università di Tolone nel febbraio 2021, convalidato, classificato 1° per la Regione Sud,
- Commissione per la ricerca della regione meridionale (in fase di revisione),
- Comitato di finanziamento del Contratto di Ricerca Statale Pluriennale BIOMED (CPER), per un finanziamento di 300.000 euro nella primavera 2021,
- Comitato Marittimo durante il Living Lab 2021,
- SHOM (M. Kinda) nell'aprile 2021 per il calcolo del rumore sulla costa francese,
- DGA (GALLIANO Sylvain-Pierre <sylvain.galliano@intradef.gouv.fr>, MICHAEL WOOLLEY <michael.woolley@intradef.gouv.fr>, FATTACCIOLI Dominique <dominique.fattaccioli@intradef.gouv.fr>, il dott. Galliano è responsabile del monitoraggio della Cattedra IA ADSIL) alla fine di aprile 2021 (La Cattedra IA ADSIL è cofinanziata dall'Agenzia per l'Innovazione della Difesa (Pi Glotin)),
- Dipartimento di Bioacustica DGA Toulon (GERARD Odile <odile.gerard@intradef.gouv.fr>) a fine aprile 2021,
- Parco nazionale di Port-Cros e il suo consiglio scientifico nel contesto della prevenzione delle collisioni tra traffico di cetacei (Me Taupier-Letage (Isabelle.Taupier.Letage@ifremer.fr), Me Peirache, Mr Barcelo e Mr Oddy) nell'aprile 2021,
- Segreteria Generale Pelagos (costanzafavilli@pelagos-sanctuary.org) inizio aprile 2021,
- Presentazione al piano di investimenti upstream UTLN PIA4 per ulteriori finanziamenti (glotin@univ-tln.fr).

Descrizione della linea di ormeggio

Le boe sono composte da 3 parti principali: il corpo morto, la boa subacquea e il galleggiante. Queste tre parti sono collegate da tiranti. Il sistema completo è mostrato di seguito :

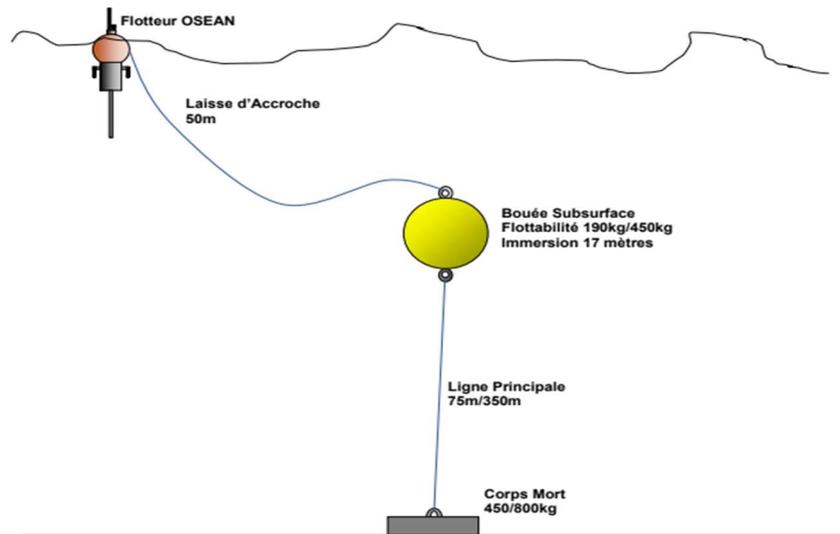


Figura 1: Schema generale della linea completa di Bombyx2. Dotato di una zavorra, risale in superficie per emettere i suoi allarmi in 2 minuti in superficie, per poi ripiombare a -30m per diverse ore. Il sistema di zavorra è collaudato, la boa di base MERMAID OSEAN ha già effettuato diverse missioni di deriva per diversi anni, per misurazioni sismiche nel Pacifico per il CNRS.

Boa sotto la superficie

Immersione: 17 metri
 Diametro: 1000 mm
 Massa : 75 kg
 Galleggiabilità: 450 kg

linea principale

Lunghezza: a seconda della profondità del cadavere
 Diametro: 6 mm
 Tipo: DYNESTAR

Lasciare in pace

Lunghezza: 50 metri
 Diametro: 3 mm
 Tipo: DYNESTAR

Corpo morto

Massa: 800 kg
 Dimensioni: 1000x1000x680mm (LxPxA)
 Materiale: acciaio S235

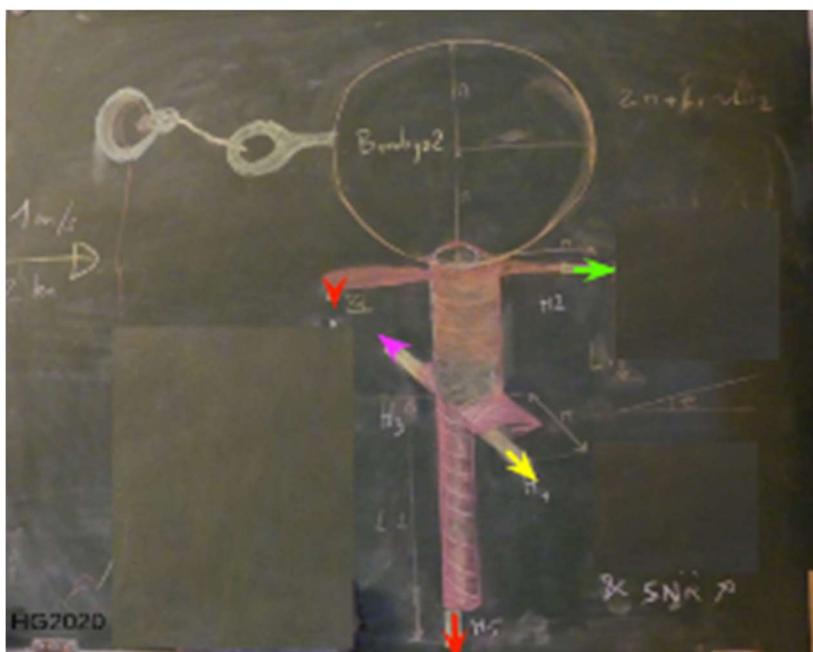


Figura 2a : Pianta della boa BOMBYX2 H. Glotin en 2020



Figure 2b : Pianta della boa BOMBYX2, public market GIAS UTLN OSEAN

La boa è dotata di una zavorra che le permette di regolarne la profondità e quindi risalire in superficie per emettere i propri allarmi.

Gli idrofoni sono in un pentaedro non regolare con le seguenti distanze inter-idrofoni di 60 cm 140 cm circa.

Le caratteristiche del registratore per rilevamento dei cetacei

Frequenza di campionamento dell'acquisizione: da 512 a 128 kHz

Formazione corsia SI

Guadagno dell'antenna = circa 12 dB

Larghezza di banda tenendo conto dei filtri digitali utilizzati Da 5 Hz a 250 kHz, altrimenti 120 kHz in modalità banda larga

Trattamento dei dati registrati

Elaborazione audio Sì

Tipo di elaborazione del segnale che verrà utilizzato (*esempio : FFT, ondelette...*)

FFT, STFT, spettrogramma, ricerca di autocorrelazione e intervallo di interpulse, deep learning per il riconoscimento della forma d'onda e decisione di inviare un avviso di presenza al server UTLN AID ADSIL su UTLN.

LA scheda audio eseguirà l'elaborazione acustica nell'IA di bordo.

Descrizione del sistema di registrazione e conservazione dei dati

I dati sono trattati in tempo differito? Sì

I dati sono sbiancati da riferimenti temporali? NO

L'acquisizione dei dati avviene tramite una rete connessa a Internet? SI, 4G

La registrazione può essere interrotta in qualsiasi momento su richiesta delle autorità militari? Sì se l'ordine viene inviato 12h prima: le boe salgono almeno ogni 12h, quindi ricevono un messaggio dal nostro server LIS per un ordine, che può essere uno standby totale per N giorni (nessuna registrazione e lunghezza inferiore a -30m).

Specifiche dell'idrofono

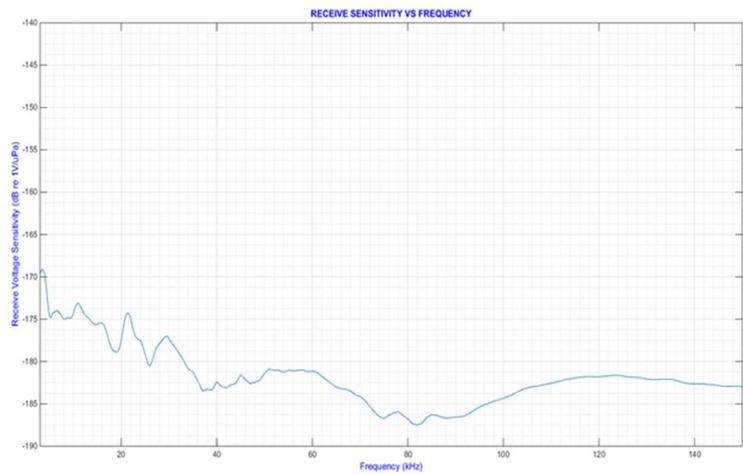
Il sistema di registrazione è composto da un idrofono SQ26 (<https://www.cetaceanresearch.com/hydrophones/sq26-01-hydrophone/index.html>) e quattro idrofoni C57 (<https://www.cetaceanresearch.com/hydrophones/c57-hydrophone/index.html>)

a) 1 Idrofono SQ26

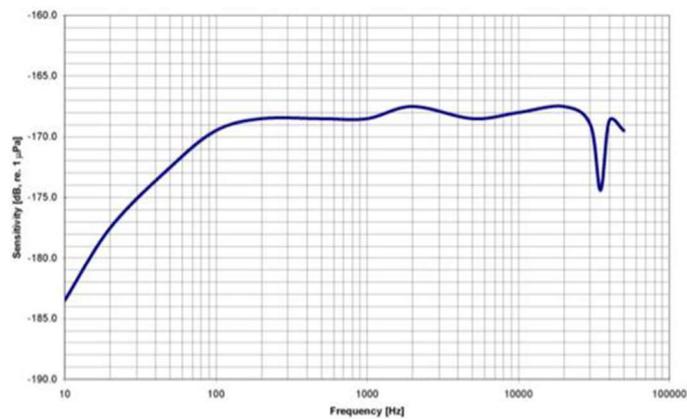
C57 hydrophone specifications	
	C57 / C57X
Linear Frequency Range (± 3 dB) [kHz]	0.015 to 45
Usable Frequency Range (+3/-12dB) [kHz]	0.008 to 100
Transducer Sensitivity* [dB, re 1V/ μ Pa]	-187
Preamplifier Gain [dB]	20 / 33
Effective Sensitivity* [dB, re 1V/ μ Pa]	-167 / -154
SPL Equiv. Self Noise at 1kHz [dB, re 1 μ Pa/Hz]	46 (Sea State Zero)
Power Requirement [Vdc]	5 to 32
RMS Overload Acoustic Pressure [dB, re 1 μ Pa]	171 to 188 / 158 to 175
Maximum Operating Depth [m]	370
Operating Temperature Range [°C]	-40 to 60
Output Impedance [Ω]	10
Dimensions [mm]	116L x 25dia.
Integral Connector ***	Subconn MCBH3MSS

UNIVERSITY OF WASHINGTON - APPLIED PHYSICS LABORATORY
BY HENDERSON ACOUSTIC TEST FACILITY
DATE: 5/4/2018
TIME: 13:48:57
Citation: Research
NDIT
C57-1K 3.35kHz 5N006
TRANSMIT WINDOW START POSITION: 0.82 mS
TRANSMIT WINDOW SIZE: 0.71 mS
RECEIVE WINDOW START POSITION: 2.96 mS
RECEIVE WINDOW START POSITION: 0.71 mS

DATA FILE NAME: C:\Projects\Cetacean Research\2018-05-14 C57-1K3 C57-1K-R00C57-1K-R00 3-150kHz.FVS
REFERENCE TRANSDUCER: F37 Transducer
REFERENCE TRANSDUCER SN: A01
REFERENCE TRANSDUCER CAL TEMPERATURE: 20.0 deg C
ARBITRARY WAVEFORM VOLTAGE: 1.00 Vrms
RECEIVER GAIN: 0.5dB
RANGE: 3.17 meters
DEPTH: 2.13 meters
WATER TEMPERATURE: 17.8 deg C
AVERAGE PING COUNT: 3



SQ26-07 Frequency Response



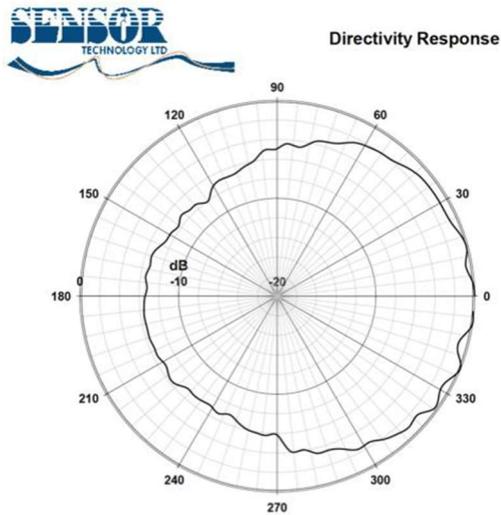


Figura 3: risposta dell'idrofono SQ26SPL equiv. Autorumore a 1kHz [dB, re 1 μ Pa/ \sqrt Hz]= 44 dB

b) 4 idrofoni C57

SPL equivalente Autorumore a 1 kHz = 46 (Sea State Zero)

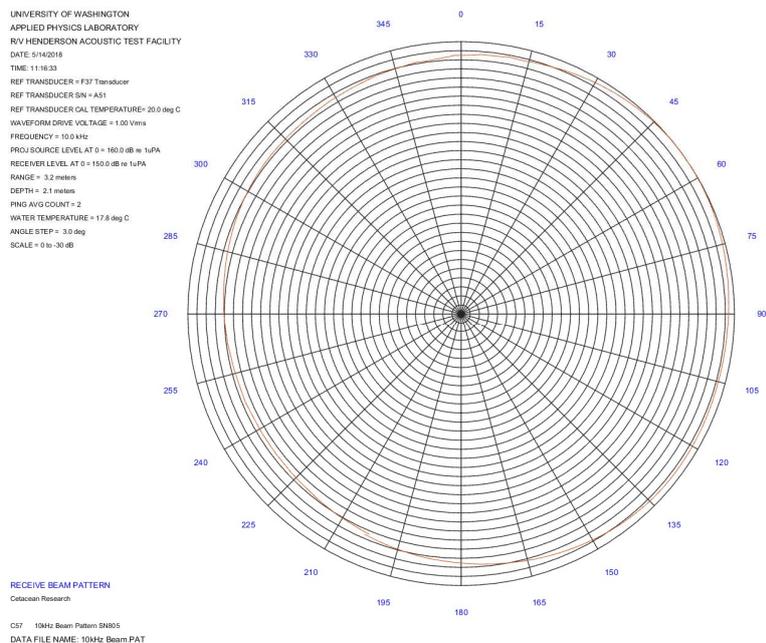


Figura 4: descrizione del C57

Specifiche della scheda audio

La scheda audio è definita da LIS UTLN nel suo programma JASON/qualilife (<http://sabiod.org/pub/QHB.pdf>) per garantire la qualità delle registrazioni e l'autonomia e l'intelligenza artificiale incorporata di BOMBYX2



Figura 5: scheda audio per BOMBYX, QHB, con AI incorporata

Specifiche complete del sistema

Il sistema Bombyx2 è definito per il suo algoritmo figura 6.

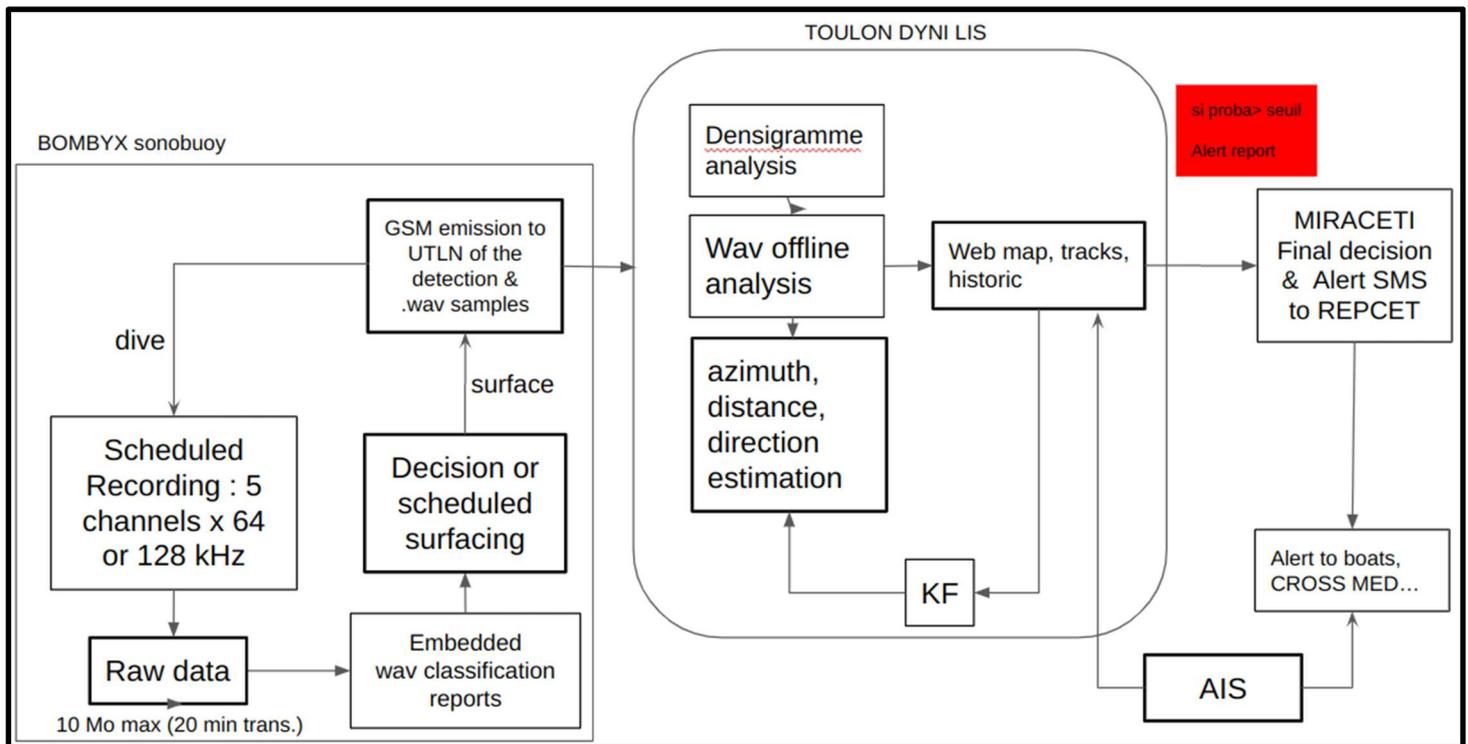


Figura 6: specifica dell'algoritmo globale Bombyx2

La boa rileva le fonti di cetacei attraverso l'intelligenza artificiale e gli idrofoni di bordo. Si alza in superficie per inviare un avviso. Il server di laboratorio riceve questo avviso e un campione di segnale, che è filtrato e valido in 1 minuto di postelaborazione. Se l'avviso è confermato, viene trasmesso a REPCET e PREMAR e aggiornato sul server di mappatura.

Riferimenti bibliografici

- [1] Joly, Goëau, Glotin, Spampinato, Bonnet, Vellinga, et al. Lifeclef, 2017, vue d'ensemble du laboratoire : défis d'identification d'espèces multimédia Int. C. du Cross-Language Ev.Forum
- [2] Richard, Virtanen, Bello, Ono, Glotin, 2017, Introduction to the special section on sound scene and event analysis, IEEE/ACM Trans on Audio, Speech, and Language Proc 25 (6)
- [3] Poupard, Phd Thesis, Contributions en bioacoustique, dir Glotin, soutenue dec 2020, http://sabiod.univ-tln.fr/pub/poupard/cv/m_poupard_phd_08012021.pdf
- [4] Nugraha, Liutkus, Vincent, 2016, Séparation des sources audio multicanaux avec réseaux de neurones profonds, IEEE/ACM Trans on Audio, Speech, Language Proc 24, 9, 1652-1664
- [6] Balestrieri, Roger, Glotin, Baraniuk, 2018, Apprentissage semi-supervisé via une nouvelle inversion profonde du réseau, arXiv:1711.04313
- [7] Balestrieri, Cosentino, Glotin, Baraniuk, 2018, Filtres splines pour l'apprentissage en profondeur de bout en bout, Int C on Machine Learning, 364-373
- [8] Glotin, LeCun, Artieres, Mallat, 2013, Le traitement de l'information neuronale à l'échelle de la bioacoustique, des neurones au big data, Atelier NIPS
- [9] Ravanelli, Bengio, 2018, "Filtres convolutifs interprétables avec SincNet", dans Proc. du NIPS@IRASL
- [10] Chouchane, Paris, Le Gland, Musso, Pham, 2011, Sur la distribution de probabilité d'une cible mobile. Résultats asymptotiques et non asymptotiques, Information Fusion int. conf.
- [11] Paris, Jauffret, 2003, Frequency Line Tracking using HMM-based Schemes [sonar passif] Aerospace and Electronic Systems, IEEE Trans. le 39 (2), 439-449, 28
- [12] Giraudet, Glotin, 2008, Suivi 3D en temps réel des baleines par estimations TDOA précises écho-robustes avec un réseau d'hydrophones largement espacés, Applied Acoustics 67 (11-12), 1106-1117
- [13] Glotin, Giraudet, Caudal, 2014, Méthode robuste en temps réel de détermination de la trajectoire d'un ou plusieurs cétacés par acoustique passive, Brevet US 8,638,641, EU, CA
- [14] Poupard, Ferrari, Schlüter, Marxer, Pavan, Glotin, 2019, 'Suivi 3D acoustique passif en temps réel des cétacés en plongée profonde par une petite antenne de surface

mobile non uniforme », IEEE int. conférence ICASSP, Brighton

[15] Vera-Diaz, Pizarro ID Macias-Guarasa, 2020, Towards End-to-End Acoustic Localization using Deep Learning: from Audio Signal to Source Position Coordinates, à paraître dans Sensors int. J

[16] David, Di-Meglio, Monestiez, 2019, Collisions de cachalots dans le Sanctuaire Pelagos et les eaux adjacentes : évaluation et cartographie des risques de collision en été. J de la recherche et de la gestion des cétacés. 18. 135-147

[17] Glotin et al. Rapport Mission Sphyrna Odyssey, sept 2020-mars 2021, 2020, CNRS UTLN Ed, <http://sabiiod.org/pub/SO1.pdf>

[18] Best, Glotin et al., 2020, Rapport Abyssound, FUI, Modèle d'impacts anthropophoniques sur la mégafaune, projet BPI ABYSSOUND

[19] Silvia, Arcangeli, Mussi, Vivaldi, Ledon, Lagorio, Giacomini, Pavan, Ardizzone. 2018, Modélisation de l'adéquation de l'habitat dans différents groupes sociaux de cachalots. J de gestion de la faune 82, 5

[20] Barchasz, ... Glotin, 2020, A novel low-power high speed DAQ for long time biodiversity survey, European Forum Acusticum, http://sabiiod.univ-tln.fr/pub/QualiHighBlue_DAQ_FA2020.pdf

[21] Glotin, Enfon, Balestrieri, Mishchenko, Prevot, Razik, Paris, Patris, 2016, Détection et mesure du cachalot et bruits anthropiques sur les signaux monophoniques d'Antares [DECAN] LIS, DYNI, Pelagos Research Report

[22] Glotin, Giraudet, Ricard, Malige, Patris, Roger, Prévot, Poupard,...2018, VAMOS: Visées Aériennes de Mammifères marins jointes aux Observations acoustiques Sous-marines de BOMBYX et ANTARES : nouveaux modèles en suivis et lois allométriques du Physeter macrocephalus, Ziphius Cavirostris et autres cétacés, LIS DYNI, Pelagos Research Report, <https://www.sanctuaire-pelagos.org/fr/tous-les-telechargements/etudes-scientifiques-studi-scientifici-studies/etudes-francaises/789-14-037-vamos>

[23] Pernille, Cláudia, Mark, Teglbjerg 2020, La scène d'écho à longue portée du biosonarBiol du cachalot. Lettre.1620200134 <http://doi.org/10.1098/rsbl.2020.0134>

[24] Ferrari, 2020, Biosonar du cachalot, modèle et analyse, dir Glotin et Asch, Phd thesis nov. 2019

[25] Abeille, Chamroukhi, Doh, Dufour, Giraudet, Halkias, Glotin, Prévot, Rabouy, Razik, 2012, Détection et classification sur transect audio-visuel de populations de cétacés du nord Pelagos - Iles d'Or (DECAV) Pelagos Research Report, LIS DYNI

[26] Abeille, Doh, Giraudet, Glotin, Prévot, Rabouy, 2014, Estimation robuste par

acoustique passive de l'intervalle-Inter-Pulse des clics de *Physeter macrocephalus* : méthode et application sur le PNPC in Journal of the Scientific Reports of Port-Cros national Park, V28

[27] Vassallo et al., 2020, Le modèle de distribution spécifique à l'espèce peut ne pas suffire : l'étude de cas de la distribution de l'habitat du grand dauphin (*Tursiops truncatus*) dans le sanctuaire Pelagos. Conservation aquatique : écosystèmes marins et d'eau douce

[28] Poupard, Ferrari, Schluter, Astruch, Schohn, Rouanet, Glotin, 2018, Acoustique passive pour surveiller les espèces phares à proximité du trafic maritime dans la réserve naturelle de scandola, patrimoine mondial de l'unesco, Input Academy : Conférence internationale sur l'innovation dans la conservation urbaine et régionale

[29] Poupard, Symonds, Spong, Glotin, 2020, Evidences of Intra-group Orca Call Rate Modulation using a Small-aperture Four Hydrophone Array, soumis à Nature Scientific Report https://assets.researchsquare.com/files/rs-116685/v1_stamped.pdf