Activité T1.2

Prévention des risques de collision avec les cétacés marins

Livrables T1.2.1

Spécifications techniques exécutives pour le développement et l'installation du système de détection en temps réel des mammifères marins

Partenaire responsable:

date de début et de fin: 01.04.2019-31.10.2022

Version finale, 31.10.2022

Sommaire

Introduction 3
Description de la ligne de mouillage 4
Les caractéristiques de l'enregistreur pour 8
la détection des cétacés 8
Les traitements des données enregistrées 8
La description du système d'enregistrement et de stockage des données 8
Spécifications des hydrophones 9
Spécification de la carte son 11
Spécification du système complet 11
Références 13

Introduction

La biodiversité marine s'effondre. Les fonctions des cétacés qui en sont des super-prédateurs principaux sont majeures. Mais les connaissances sur l'état de leur population sont faibles. Ces sentinelles de la biodiversité marine de la méditerranée sous forte pression anthropique, doivent être mieux observées. Nous proposons alors cet observatoire de bouées GIAS Bombyx2 pour mesurer et comprendre leurs comportements et prévenir de leur collision avec le trafic maritime.

Ce projet d'"éthoacoustique" repose sur des innovations en instrumentation scientifique et les algorithmes IA, notamment dans le cadre de la Chaire IA ADSIL http://bioacoustics.lis-lab.fr, pour l'acquisition de masses de données sur la mégafaune et l'anthropophonie. Ces analyses participent à prévenir les risques de collision entre mégafaune et le trafic maritime.

Ce projet s'appuie sur le bilan de Bombyx1, la 1ère bouée marine stéréo long terme au monde, placée par UTLN (Pi Glotin) au large du PNPC, qui a suivi la population de cétacés de la Région [Glotin 2017, Poupard pHd 2020] de 2015 à 2019. GIAS concentre aussi notre savoir faire des missions Sphyrna [Exploration de Monaco, Glotin et al 2020, Ferrari Phd 2020] et les résultats de la thèse de P. Best (Région 2019-22) sur la bouée Bombyx2 qui est définie en 5 hydrophones et communication 4G pour la détection des cétacés en temps-réel. Ce projet participera à continuer l'effort de modéliser leur comportement et présence sur les grands rails de trafic maritime et donc pourra alerter et prévenir les risques de collision entre eux et le trafic.

Le bilan de Bombyx1 bouée stéréo au large du PNPC 2015 2018, et la construction des algorithmes et embarquement dans la carte QHB SMIoT UTLN durant la thèse de P. Best qui s'achève en 2022 [21,3]. Afin d'observer plus en détail le comportement de la mégafaune en milieu anthropisé [17], nous proposons cet observatoire. En sous traitance avec PME Toulonnaise, OSEAN SAS du Pradet et la plateforme technologique SMIoT UTLN, la bouée Bombyx2 nouvelle génération avec 5 hydrophones permettra d'envoyer en 4G ou IRIDIUM les détections des cétacés, et dans de bonnes conditions leur observation en 3D dans un rayon de 5 à 15 km suivant estimations sur Bombyx1 (rapport Pelagos 2017 VAMOS Glotin et al., Poupard PhD 2020).

Le LIS DYNI a un savoir-faire reconnu internationalement en suivi de cétacés et IA,

reconnu par l'octroi de la Chaire IA ADSIL co-financée par l'AID.

Cet observatoire BOMBYX2 est le fruit de 10 ans de recherche en IA et en bioacoustique. Projet d'envergure, il est bien évidemment édifié en concertation avec toutes les parties concernées. Il a été présenté discuté et affiné durant des conseils dédiés, notamment à la demande de H. Glotin :

- Conseil Scientifique de l'Université de Toulon en février 2021, validé, classé 1er pour la Région Sud,
- Commission recherche de la Région Sud (en cours d'instruction),
- Comité de financement du Contrat Pluriannuel Etat Recherche BIOMED (CPER), pour un financement de 300 K€ au printemps 2021,
- Comité Maritime lors du Living Lab 2021,
- SHOM (M. Kinda) en avril 2021 pour le calcul des bruits sur la côte Française,
- DGA (GALLIANO Sylvain-Pierre <sylvain.galliano@intradef.gouv.fr>, MICHAEL WOOLLEY <michael.woolley@intradef.gouv.fr>, FATTACCIOLI Dominique <dominique.fattaccioli@intradef.gouv.fr>, M. Galliano étant responsable du suivi de la chaire IA ADSIL) en fin avril 2021 (La Chaire IA ADSIL est cofinancée par l'Agence Innovation Défense (Pi Glotin)),
- Service Bioacoustique DGA Toulon (GERARD Odile <odile.gerard@intradef.gouv.fr>) en fin avril 2021,
- Parc national de Port-Cros et son conseil scientifique dans le cadre de la prévention des collisions cétacés-trafic (Me Taupier-Létage (Isabelle.Taupier.Letage@ifremer.fr), Me Peirache, M. Barcelo et M. Oddy) en avril 2021,
- Secrétariat Général Pelagos (costanzafavilli@pelagos-sanctuary.org) début avril 2021,
- Dépôt au Plan d'investissement Amont UTLN PIA4 pour complément financement (glotin@univ-tln.fr).

Description de la ligne de mouillage

Les bouées sont constituées de 3 parties principales qui sont le corps mort, la bouée Subsurface et le flotteur. Ces trois parties sont reliées grâce à des laisses d'accroches. L'ensemble du système est présenté ci-dessous.

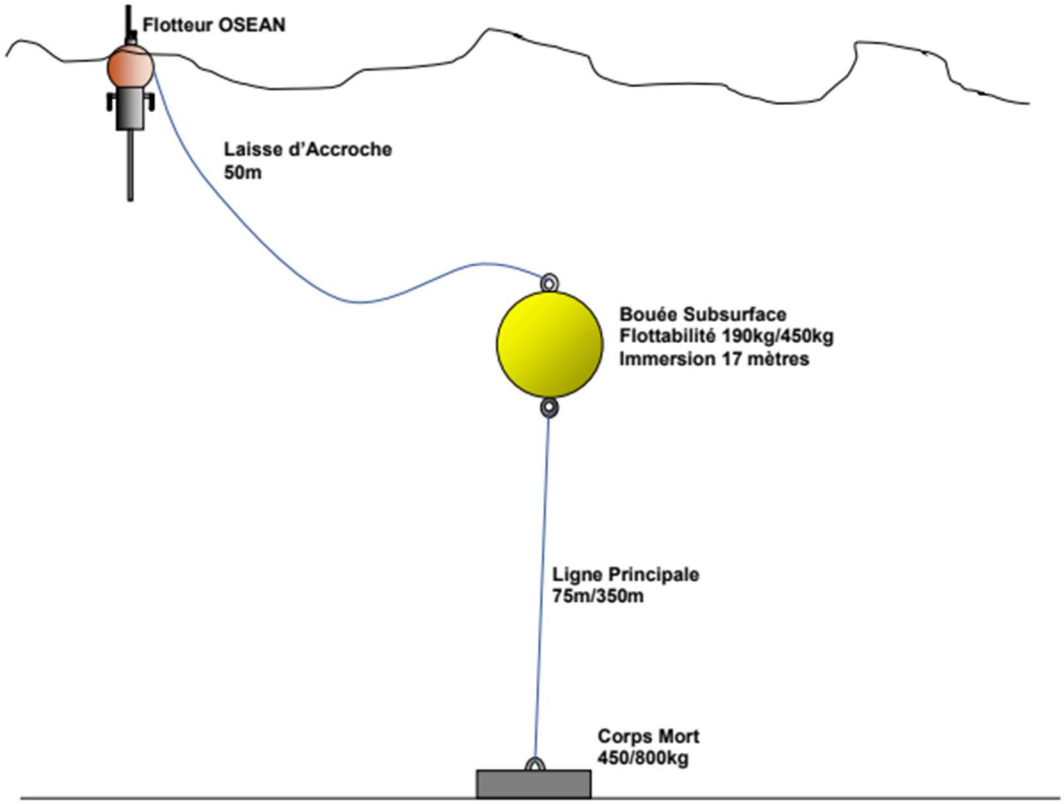


Figure 1: Schéma global de la ligne complète de Bombyx2. Munie d'un ballast, elle remonte en surface pour émettre ses alertes en 2 minutes de surface, puis se replonge à -30m pour plusieurs heures. Le système de ballast est éprouvé, la bouée de base MERMAID OSEAN ayant déjà fait plusieurs missions en dérive sur plusieurs années, pour des mesures sismiques dans le Pacifique pour le CNRS.

<u>Bouée sub-surface</u>
Immersion : 17 mètres
Diamètre : 1000mm
Masse : 75 kg
Flottabilité : 450kg

<u>Ligne principale</u>
Longueur : suivant la profondeur du corps mort

Diamètre : 6mm
Type : DYNESTAR
<u>Laisse</u>
Longueur : 50 mètres
Diamètre : 3mm
Type : DYNESTAR

<u>Corps Mort</u>
Masse : 800kg
Dimensions : 1000x1000x680mm (LxlxH)
Matière : Acier S235

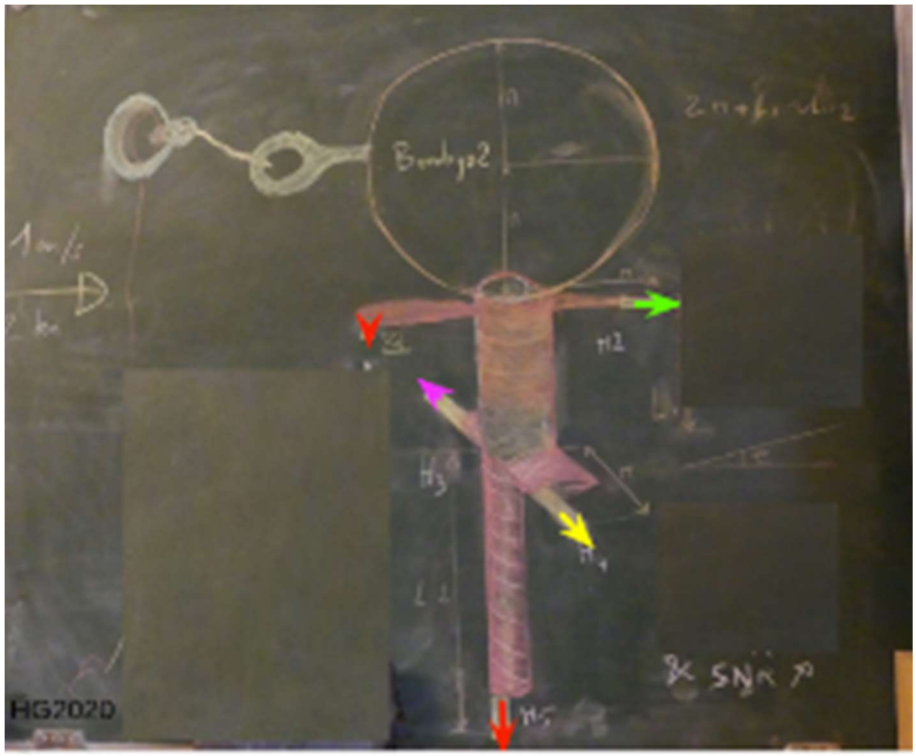


Figure 2a : Design original de BOMBYX2 par H. Glotin en 2020, avec ses 5 hydrophones, son profil Naca, et son attache

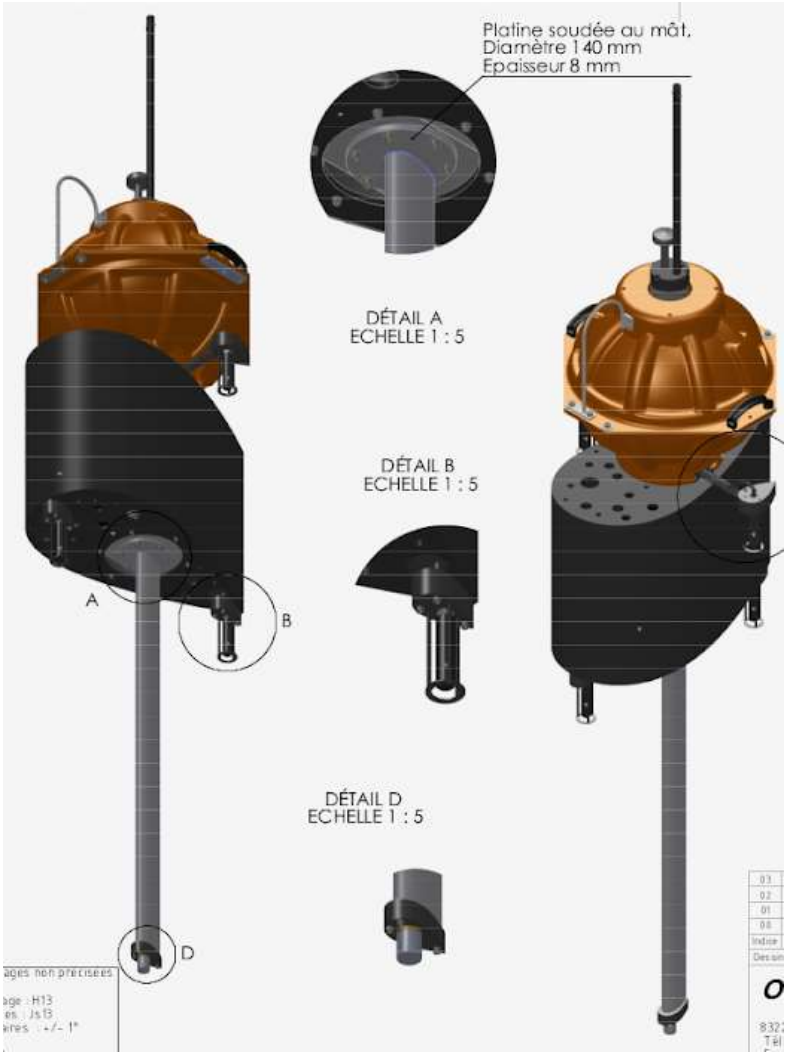


Figure 2b : Plan de la Bouée BOMBYX2 par le prestataire sur marché public GIAS UTLN

La bouée est dotée d'un ballaste qui lui permet d'ajuster sa profondeur et donc remonter en surface pour émettre ses alertes.

Les hydrophones sont dans un pentaèdre non régulier avec les distances inter-hydrophones suivantes de 60 cm 140 cm environ.

Les caractéristiques de l'enregistreur pour la détection des cétacés

- Fréquence d'échantillonnage à l'acquisition : 512 à 128 kHz
- Formation de voie OUI
- Gain d'antenne = 12 dB environ
- Bande passante compte tenu des filtres numériques utilisés 5 Hz à 250 kHz, sinon 120 kHz en mode large bande

Les traitements des données enregistrées

Traitement audio OUI

Type de traitement de signal qui sera utilisé (*exemple : FFT, ondelette…*)

FFT, STFT, spectrogramme, autocorrélation et recherche Intervalle interpulse, deep learning pour reconnaissance forme d'onde et décision d'envoi d'alerte de présence au serveur UTLN AID ADSIL sur UTLN.

LA carte son fera des traitements acoustique en IA embarquée.

La description du système d'enregistrement et de stockage des données

Les données sont-elles traitées en temps différé ? Oui

Les données sont-elles blanchies des références temporelles ? Non

L'acquisition des données se fait-il par l'intermédiaire d'un réseau connecté à l'internet ? OUI, 4G

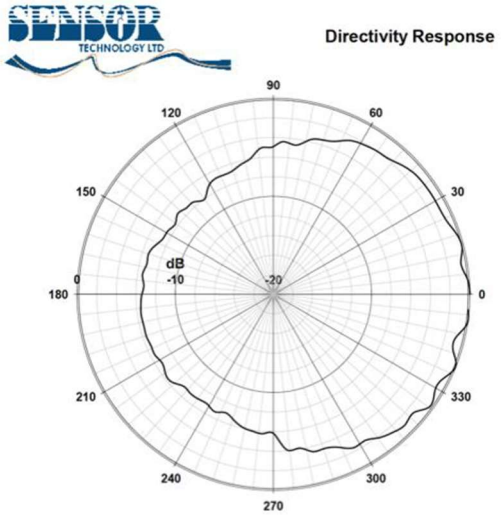
L'enregistrement peut-il être stoppé à tout instant sur demande des autorités militaires ? Oui si ordre envoyé 12h avant : les bouées remontent au moins toutes les 12h, et reçoivent alors message depuis notre serveur LIS pour unordre, qui

peut être une mise en veille totale sur N jours (pas d'enregistrement et mise sous -30m longue).

Spécifications des hydrophones

Le système d'enregistrement est composé d'un hydrophone SQ26 (https://www.cetaceanresearch.com/hydrophones/sq26-01-hydrophone/index.html) et de quatre hydrophones C57 (https://www.cetaceanresearch.com/hydrophones/c57-hydrophone/index.html)

a) 1 Hydrophone SQ26



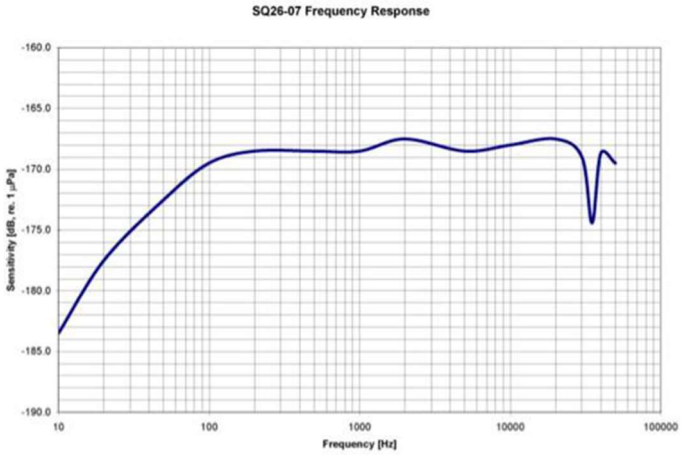


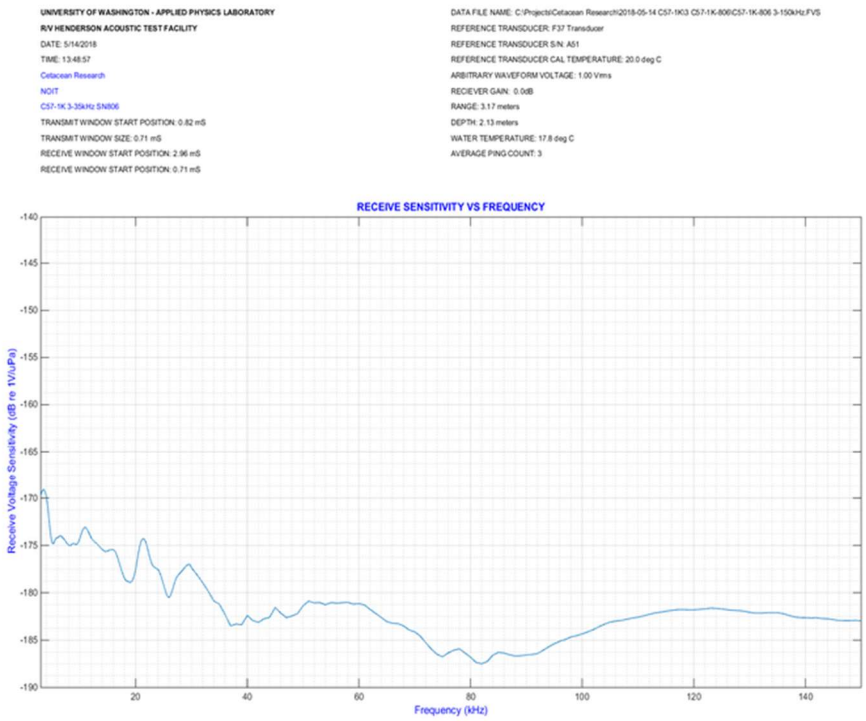
Figure 3 : Réponse de l'hydrophone SQ26

SPL Équiv. Bruit propre à 1kHz [dB, re 1µPa/√Hz]= 44 dB

b) 4 hydrophones C57

SPL équiv Self Noise à 1 kHZ = 46 (Sea State Zero)

C57 hydrophone specifications	
	C57 / C57X
Linear Frequency Range (±3dB) [kHz]	0.015 to 45
Usable Frequency Range (+3/-12dB) [kHz]	0.008 to 100
Transducer Sensitivity* [dB, re 1V/µPa]	-187
Preamplifier Gain [dB]	20 / 33
Effective Sensitivity* [dB, re 1V/µPa]	-167 / -154
SPL Equiv. Self Noise at 1kHz [dB, re 1µPa/√Hz]	46 (*Sea State Zero*)
Power Requirement [Vdc]	5 to 32
RMS Overload Acoustic Pressure [dB, re 1µPa]	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



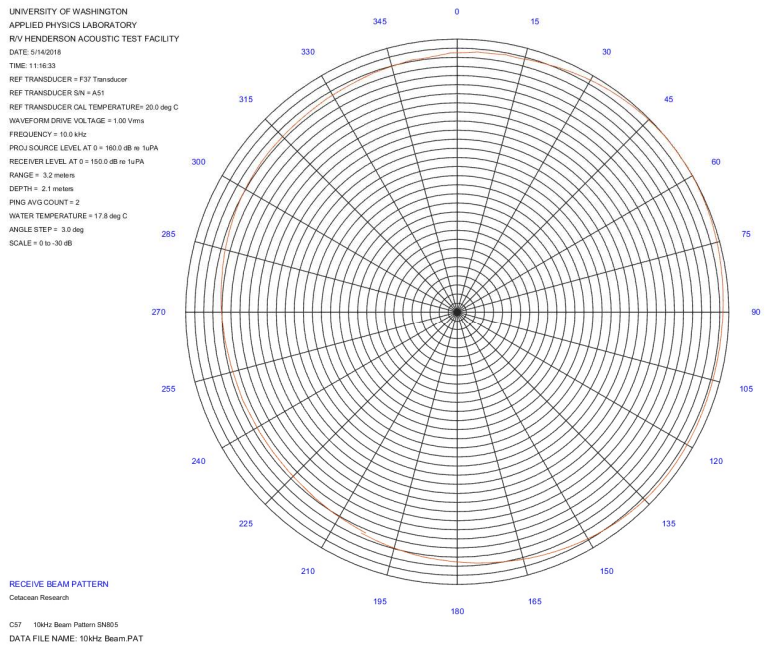


Figure 4 : description du C57

Spécification de la carte son

La carte son est définie par LIS UTLN dans son programme JASON / qualilife (http://sabiod.org/pub/QHB.pdf) afin d'assurer la qualité des enregistrement et l'autonomie et l'IA embarquée de BOMBYX2

Figure 5 : la carte son pour BOMBYX, QHB, avec IA embarquée

Spécification du système complet

Le système Bombyx2 est défini pour son algorithme figure 6.

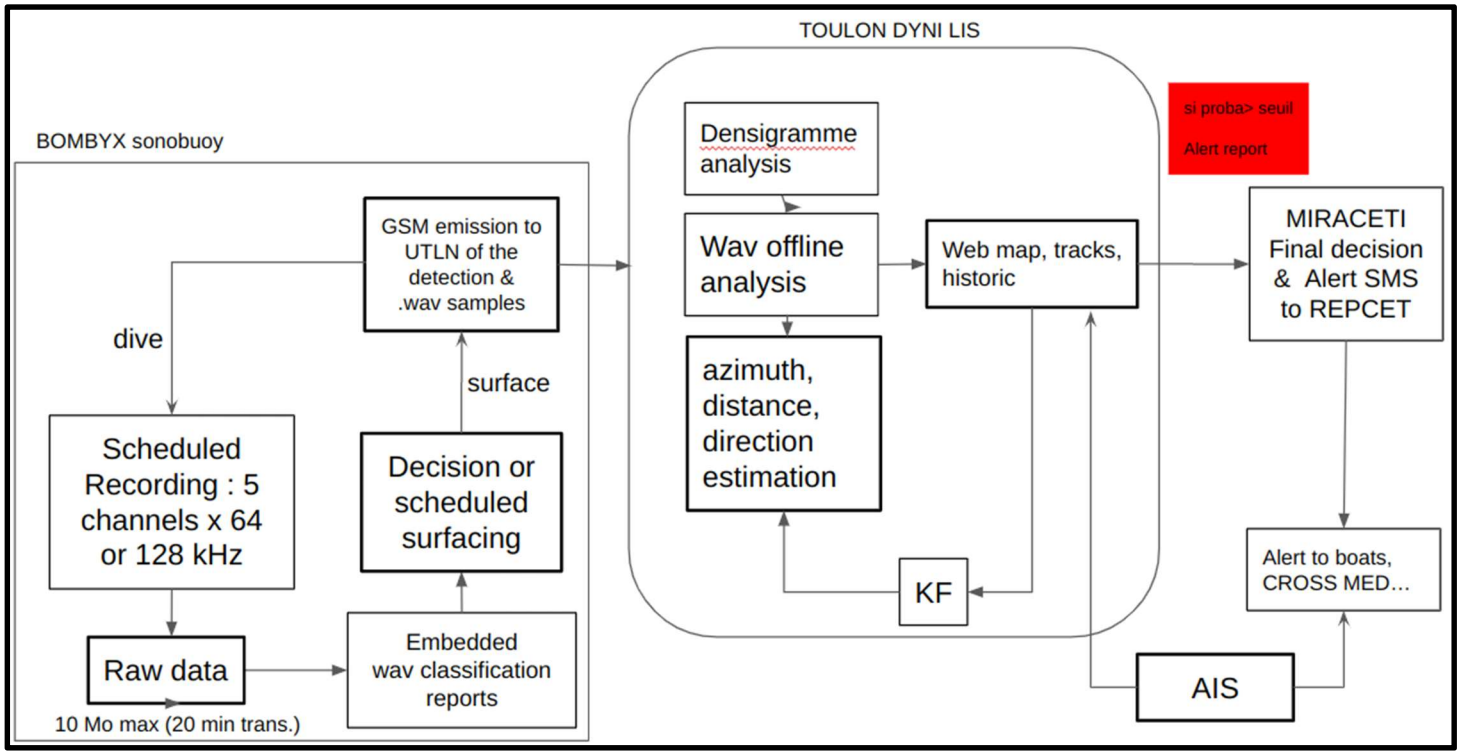


Figure 6 : Spécification de l'algorithme global de Bombyx2.

La bouée détecte par son IA embarquée et ses hydrophones les sources de cétacés. Elle monte à la surface pour envoyer une alerte. Le serveur du laboratoire reçoit cette alerte et un échantillon de signal, qu'il filtre et valide en 1 minute de postprocess. Si l'alerte est confirmée, elle est transmise à REPCET et la PREMAR, et mise à jour sur le serveur de cartographie.

Références

[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] Balestriero, Roger, Glotin, Baraniuk, 2018, Apprentissage semi-supervisé via une nouvelle inversion profonde du réseau, arXiv:1711.04313

[7] Balestriero, 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://sabiod.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://sabiod.univ-tln.fr/pub/QualiHighBlue_DAQ_FA2020.pdf

[21] Glotin, Enfon, Balestriero, 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, Teglberg 2020, La scène d'écho à longue portée du biosonarBiol du cachalot. Lettre.1620200134http://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