

BOMBYX2

IA embarquée + PAM = Anticollision



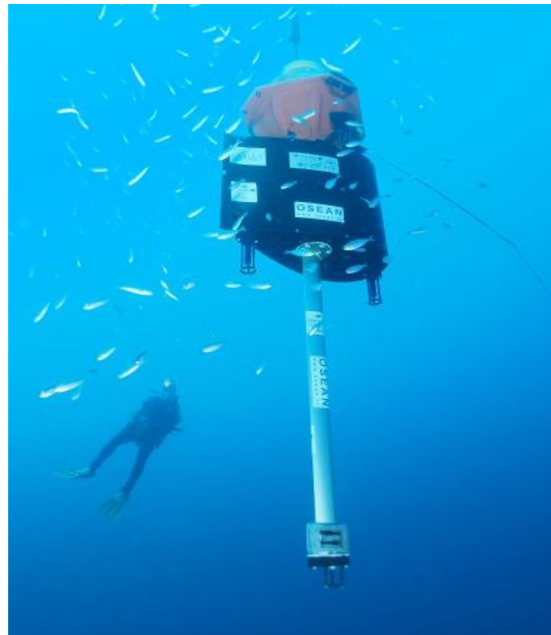
— CENTRE —
INTERNATIONAL
d' **ACOUSTIQUE**
— NATURELLE —



LI5



BOMBYX1 2014-2018
Chaire IA DGA ADSIL 2020-2025
Eur. GIAS1 2019-2023
Eur. GIAS2 2023-2027
Eur. BIODIVERSA EUROPAM 2023-2028
PACA ETHAC 2021-2023
CPER 2023-2027
ANR 2022-2026 ... (tot. ~4 millions eur.)



CIAN team, Univ Toulon
contact : glotin@univ-tln.fr

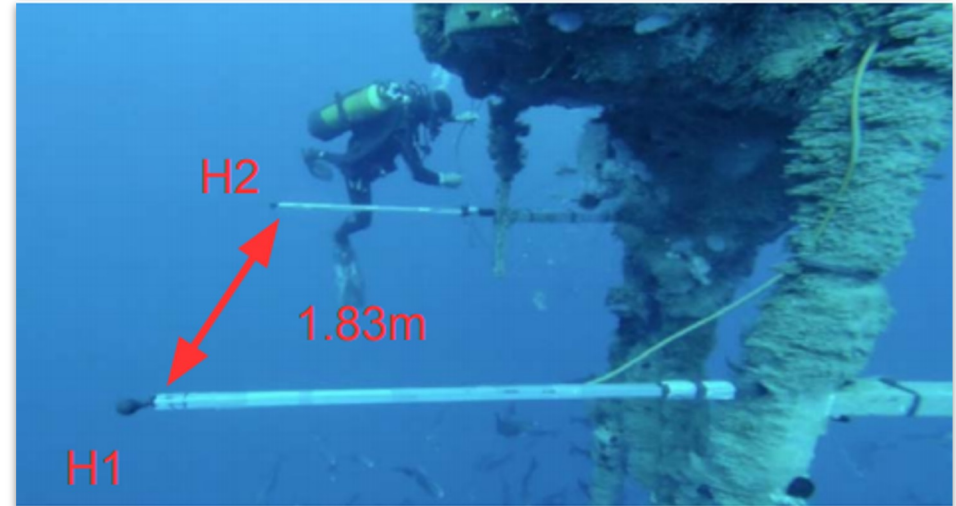
Contexte : BOMBYX1 (2015-2018)

Données :

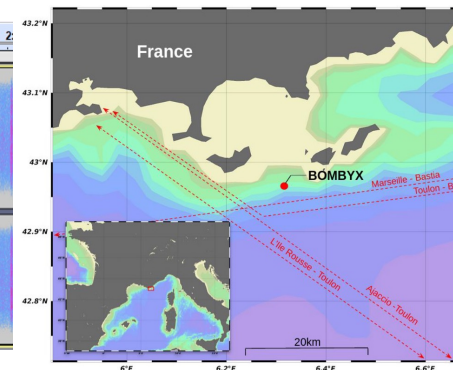
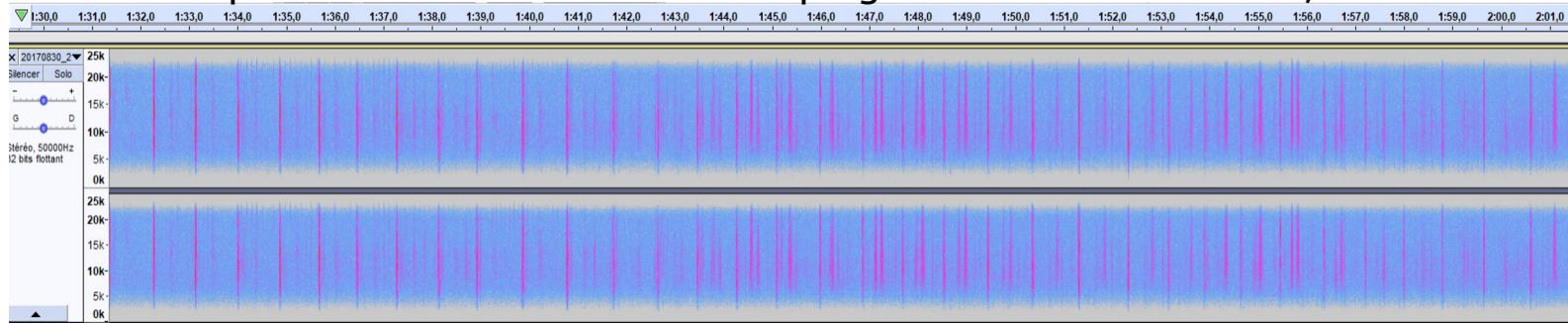
- Enregistrements discontinus de 2015 à 2018
- 2 channels (2 meters wide)
- Échantillonnage : 50kHz
- 25m de profondeur
- Pas d'annotation

Objectifs :

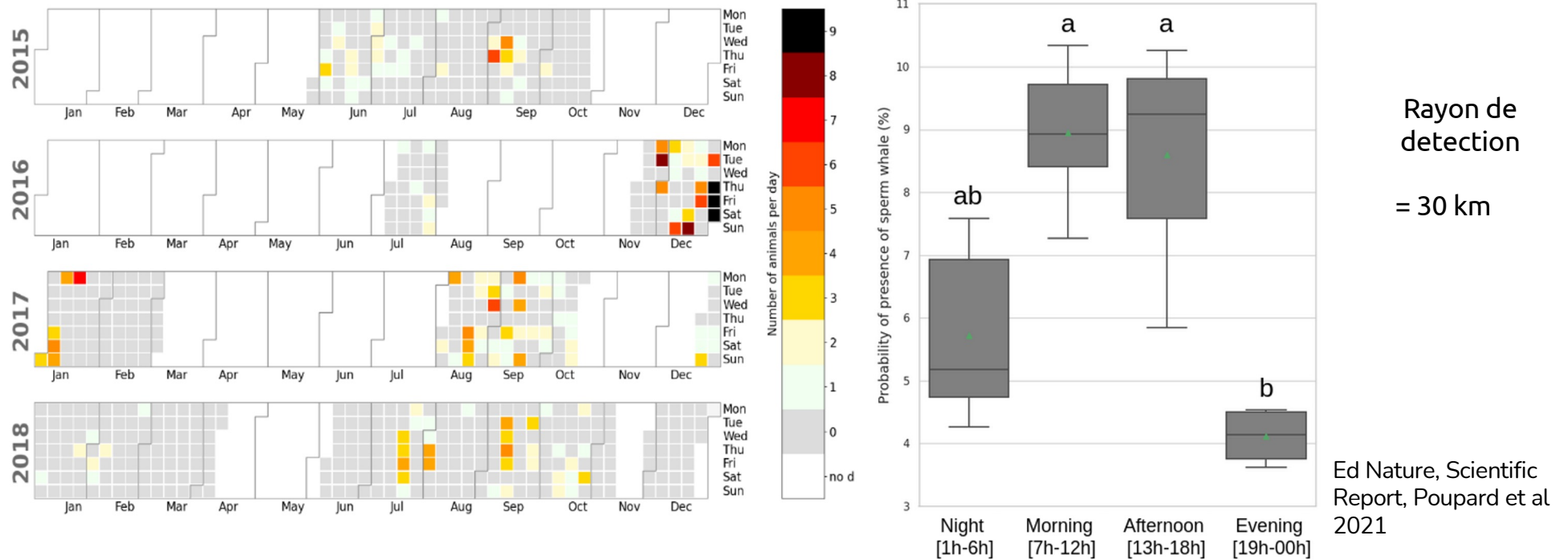
- Détection automatique de cachalots et rorquals



La stéréo permet une détection et un comptage robustes des individus, ex cachalot :



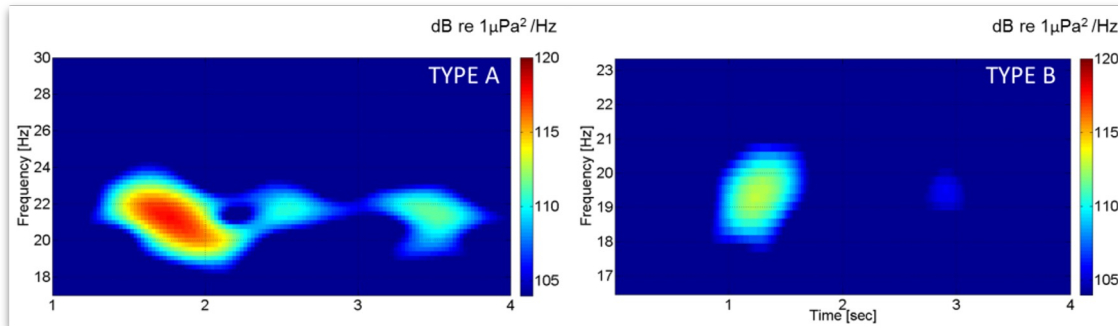
BOMBYX1 : apprentissage IA détection du cachalot



A gauche : Nombre de cachalots détectés par jour pendant les 4 années d'enregistrements (zone blanche : pas d'enregistrement). A droite : Moyenne de la probabilité de présence pour chaque période de la journée.

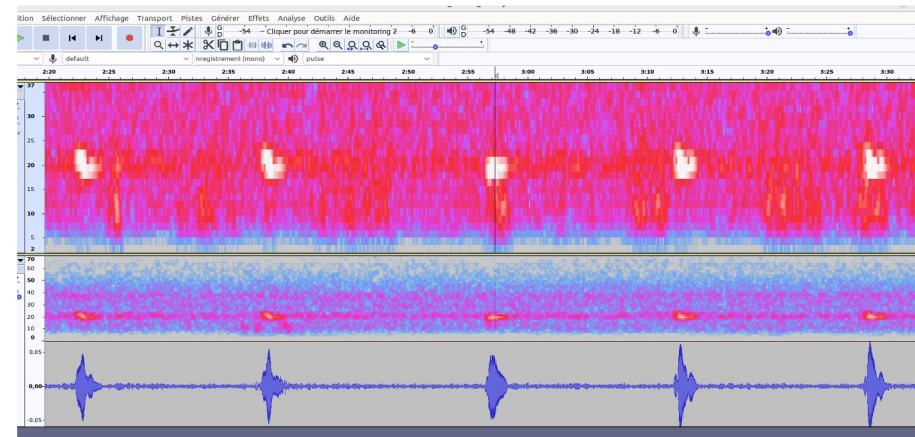
env: 13 jours positifs à la présence de cachalots en été 2018.

BOMBYX1 : apprentissage IA détection du rorqual



Surveillance de la présence acoustique des rorquals communs (Balaenoptera physalus) au moyen d'un hydrophone sismique basse fréquence en mer Ionienne occidentale - site EMSO. Gianni Pavan

- Fréquence centroïde basse
- Bande passante : 5-7 Hz
- Durée : 1 sec
- Période : 15-40 sec



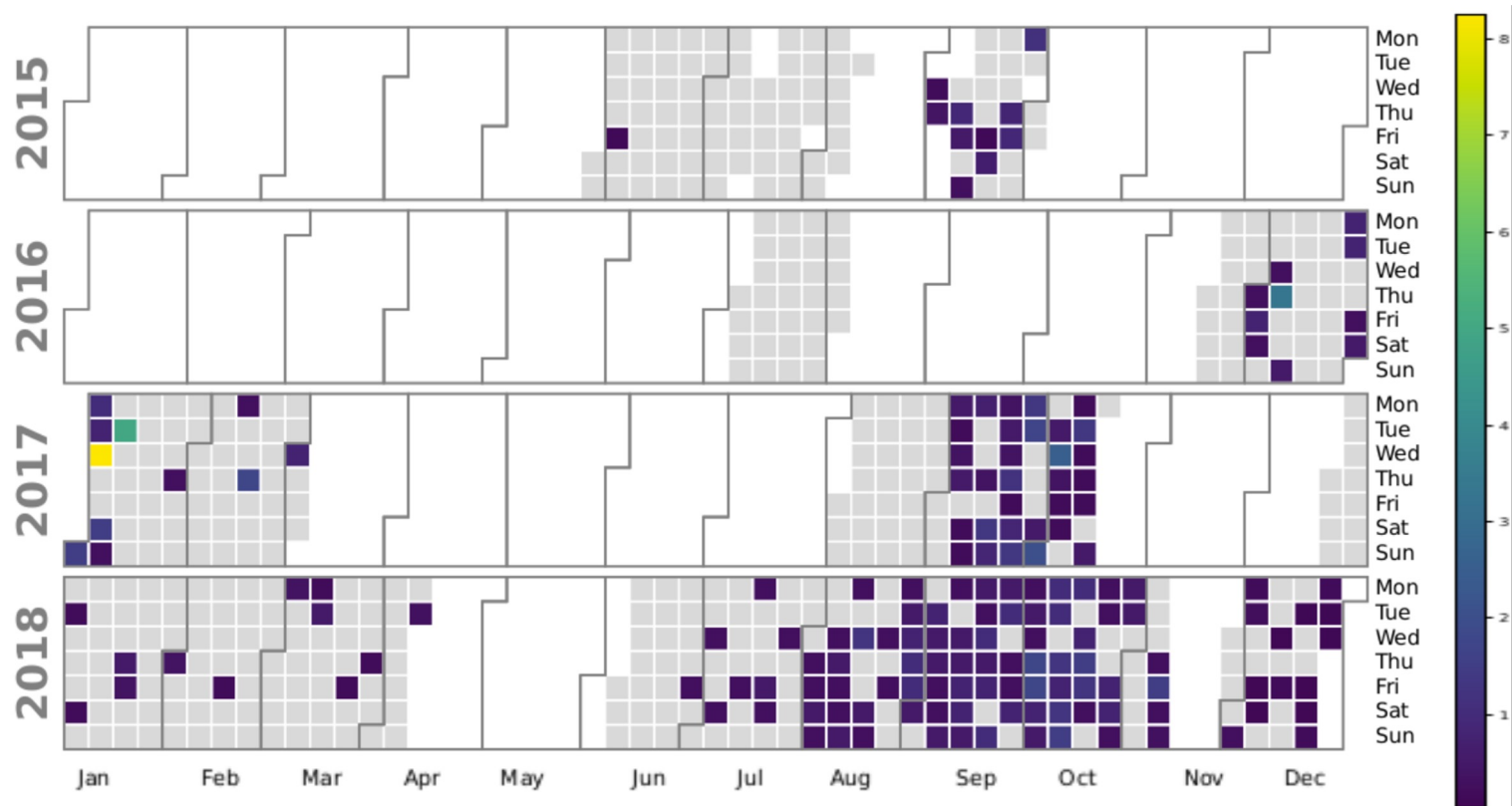
Sample from BOMBYX 1 dataset

BOMBYX1 : apprentissage détection du rorqual

Environ 12 passages sur 1 mois d'été

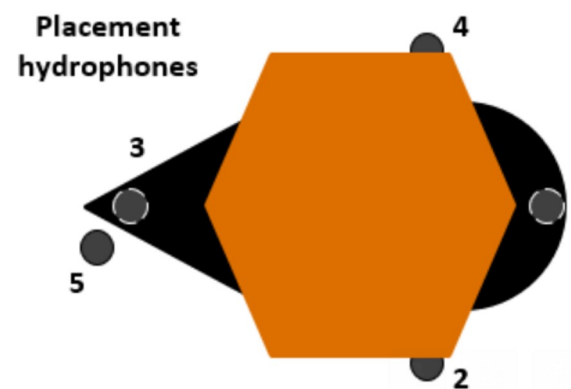
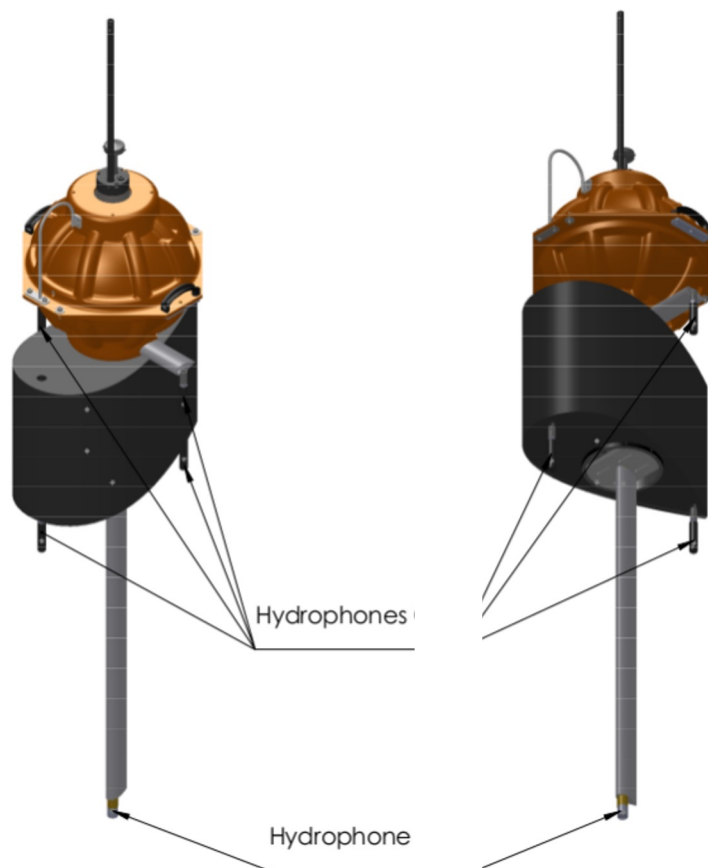
Rayon de
détection

> 30 km

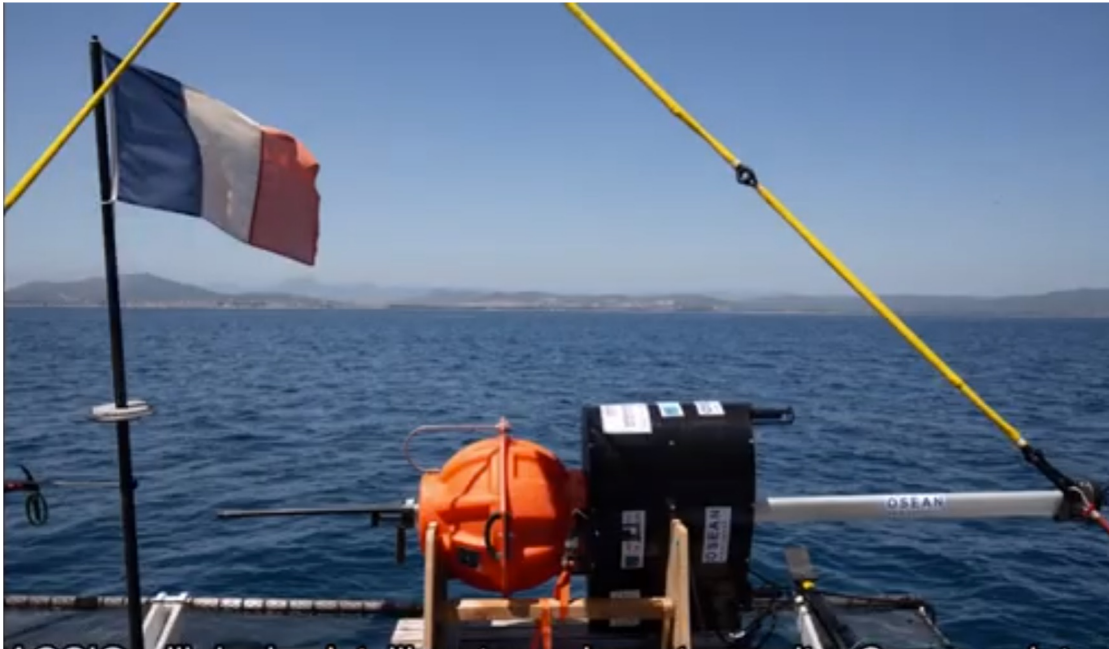


[P. Best et al. 2022 Scientific Report]

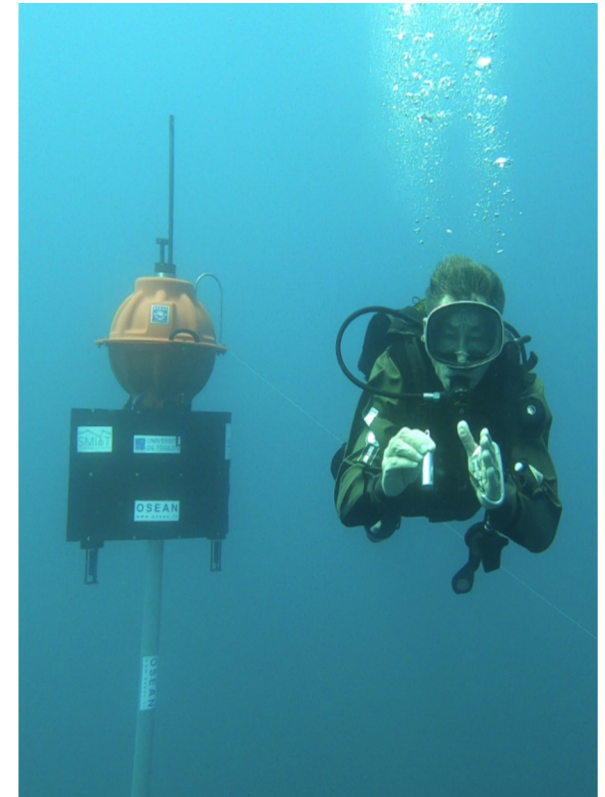
BOMBYX2 : nouvelle bouée avec capacité de calcul IA et d'alerte



Première installation de BOMBYX2 : mai 2021

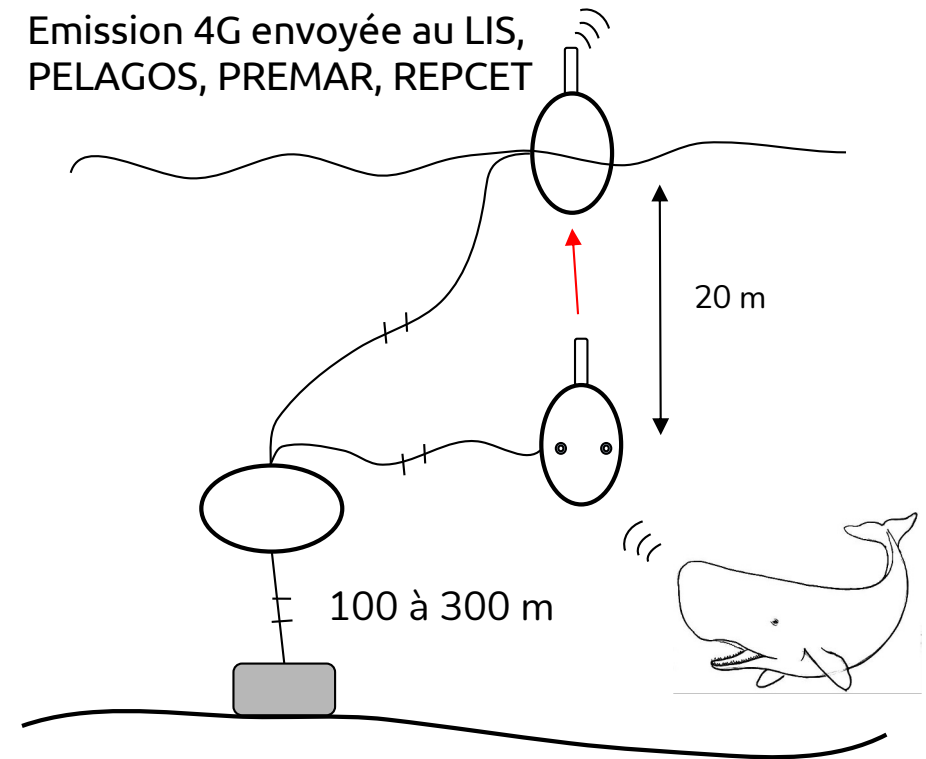


5 hydrophones d'écoute "intelligente"



BOMBYX2 : IA embarquée et communication

- Système de variation de flottabilité
 - Enregistrement à 20 m de profondeur et communications 4G en surface
- Système d'alerte pour la présence de cachalots et de rorquals communs
 - Atténuer le risque de collision avec les navires
- 5 hydrophones
 - estimation de l'Azimuth et de la distance
- Alimenté en batterie (approx. 6 mois)
- PIC32-Mz microprocessor



Intelligence artificielle embarquée

Low power micro-processor (PIC) dans BOMBYX2

Analyse pour 5 secondes de signal

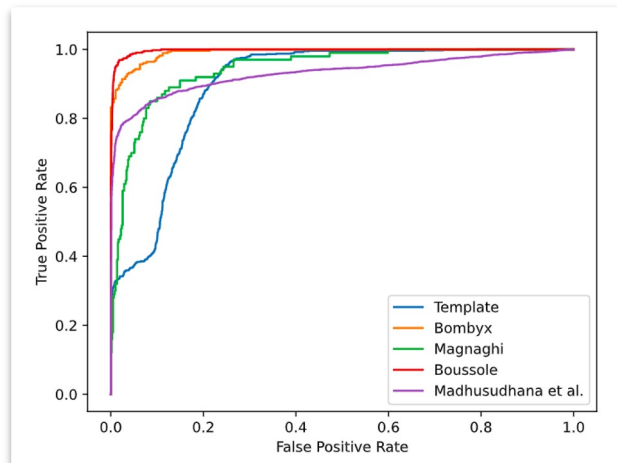
	Fin Whale	Sperm Whale
Sampling rate	200 Hz	50 kHz
Spectrogram size	128 x 46	64 x 974
Spectrogram computation time	0.2 sec	4.5 sec
Forward pass time	0.5 sec	2.1 sec



PIC 32MZ by Microchip

[P. Best et al. 2020]

Classification d'événements basse freq : détection de pulse de rorquals

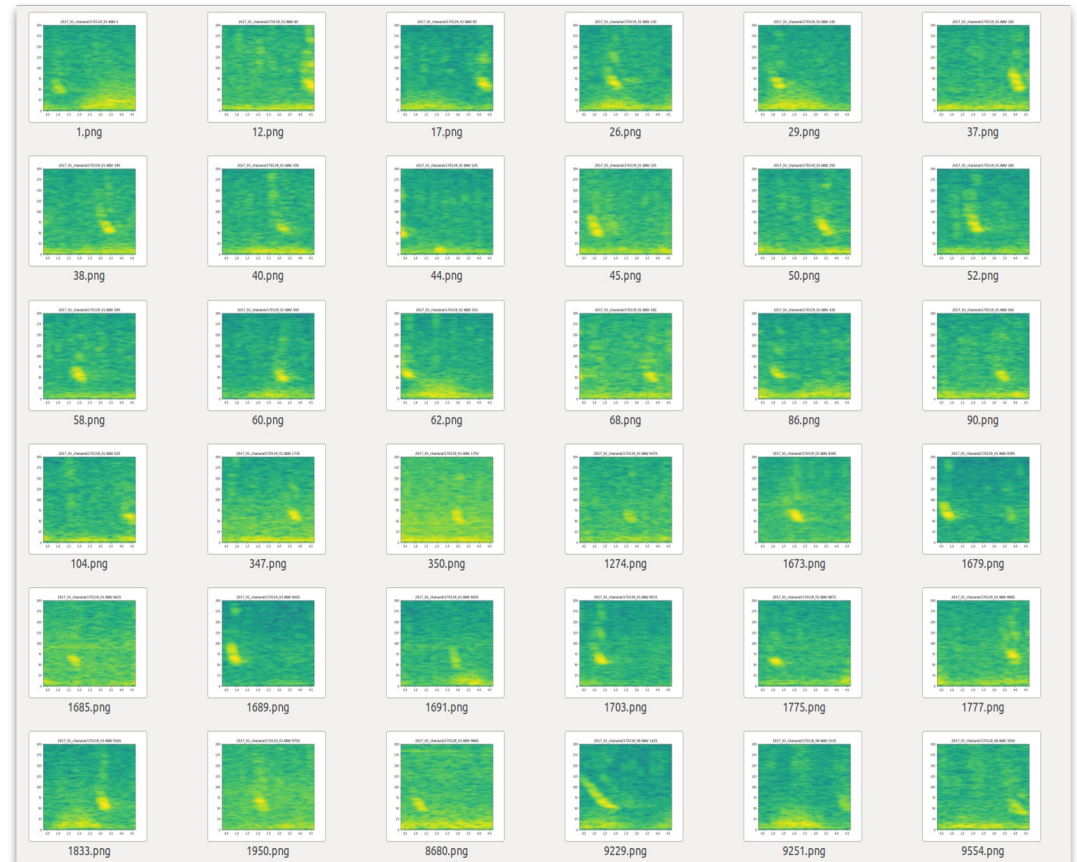


- Sampling frequency = 200Hz
- STFT (winsize=256, hopsize=16)
- Mel (128 features from 0 to 100Hz)
- Log
- Conv 128 - 512
- Conv 512 - 512
- Conv 512 - 1
- MaxPool

Conv = batch norm, depthwise conv, dropout, Relu

Best et al 2021

*Sample of high predictions over Chilian dataset
(rec. Patris, Malige, Glotin 2017, Chanaral, Humbold loop...)*



Bombyx 2

Low complexity CNNs

	params type	# params	poids params	# mutliplifications
Depthwise	float32	11K	54Ko	13 M
Quantized	int8	272K	1.1Mo	309 M

- Sampling frequency = 50kHz
 - STFT (winsize=512, hopsize=256)
 - Mel (64 features from 2 to 25kHz)
 - Log
 - Conv 64 - 64
 - Conv 64 - 64
 - Conv 64 - 1
 - MaxPool
- Conv = batch norm, depthwise conv, dropout, Relu*
Valid AUC = 93 %

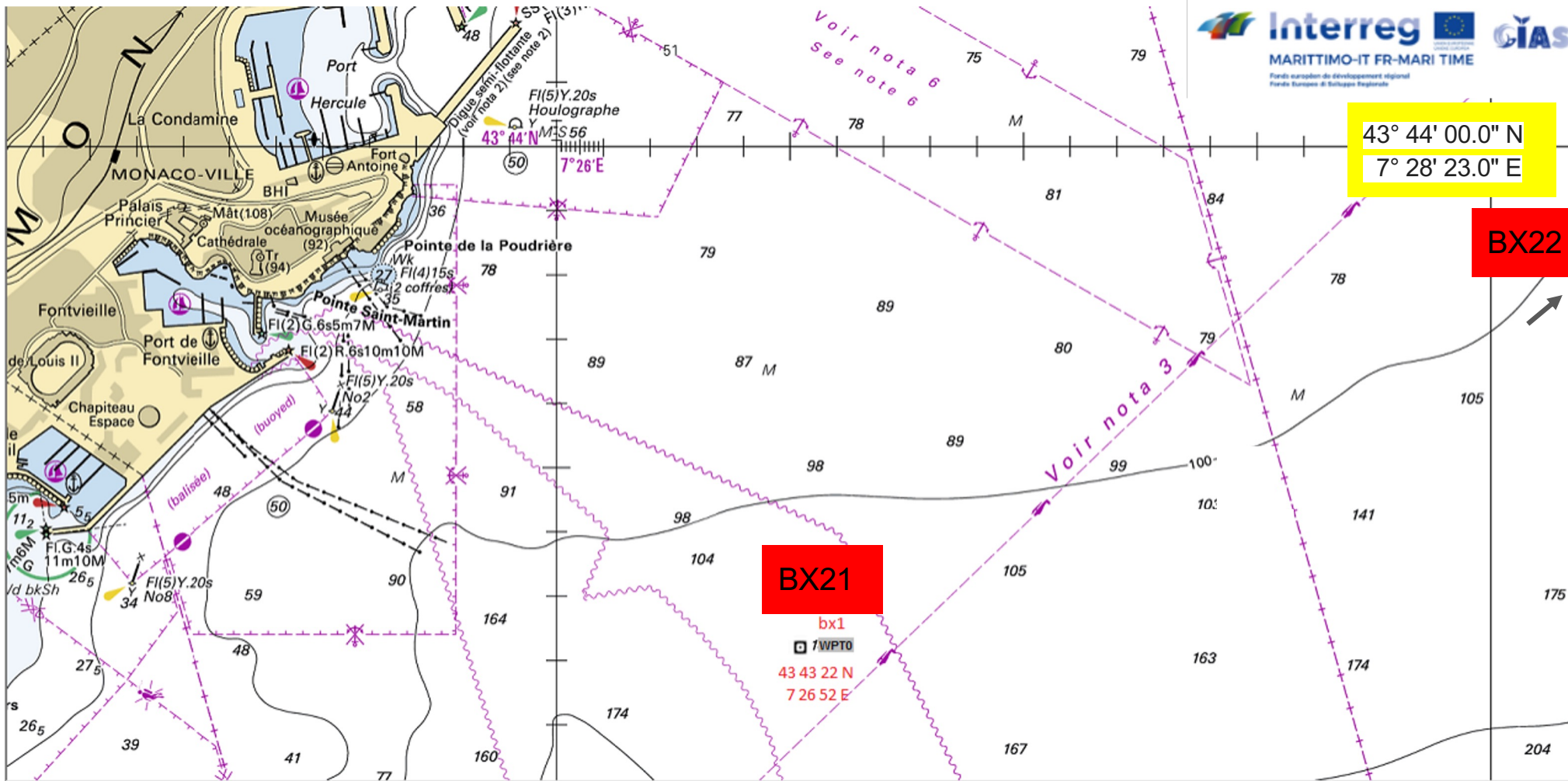
Sperm whale binary classifier

- Sampling frequency = 200Hz
 - STFT (winsize=256, hopsize=16)
 - Mel (128 features from 0 to 100Hz)
 - Log
 - Conv 128 - 512
 - Conv 512 - 512
 - Conv 512 - 1
 - MaxPool
- Conv = batch norm, depthwise conv, dropout, Relu*
Valid AUC = 90 %

Fin whale binary classifier

Positions de BOMBYX2.1 et 2.2






$43^{\circ} 44' 00.0'' \text{ N}$
 $7^{\circ} 28' 23.0'' \text{ E}$

BX22

BX21

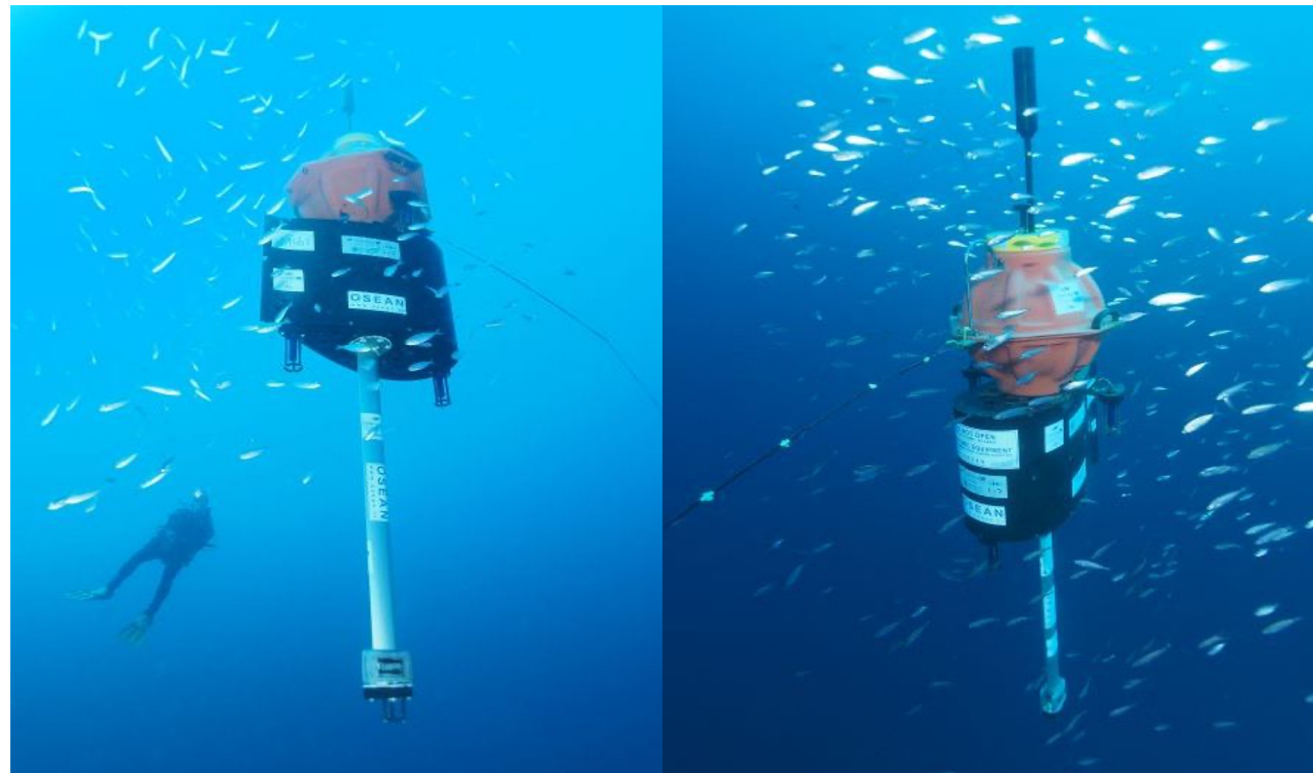
bx1
 1/WPT0
 $43 43 22 \text{ N}$
 $7 26 52 \text{ E}$

Installation de BOMBYX2 à Cap Martin

http://sabiody-lis-lab.fr/pub/BOMBYX2/MONACO_2022-07/bombyx2_Monaco_CapMartin_aout_2022b.mp4

Monaco proche Cap Martin
Juillet / Août 2022

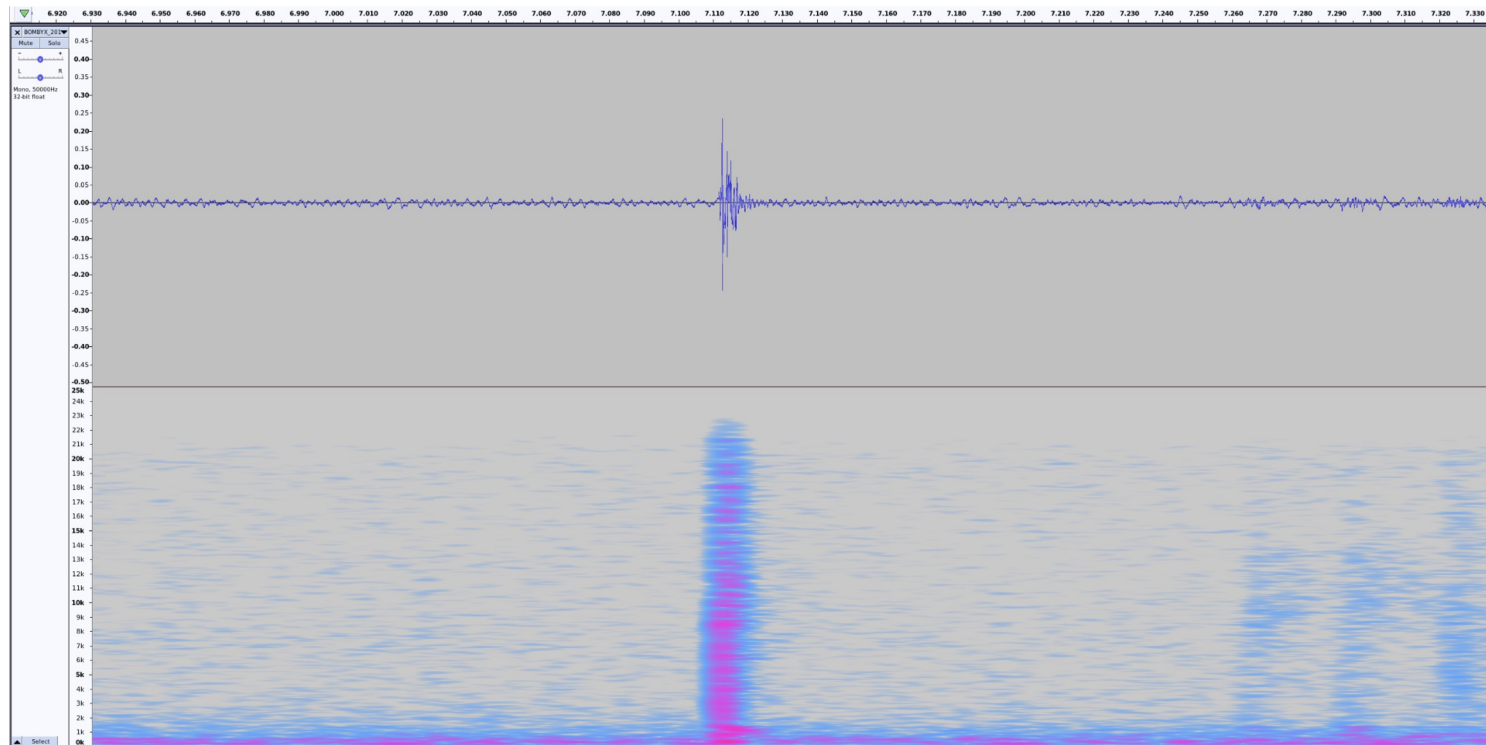
Total:
26 jours de run
52 heures d'enregistrements
451 Go
5 voies



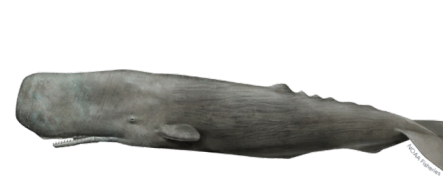
Détection de clics de cachalot



Qu'est ce qu'un clic ?

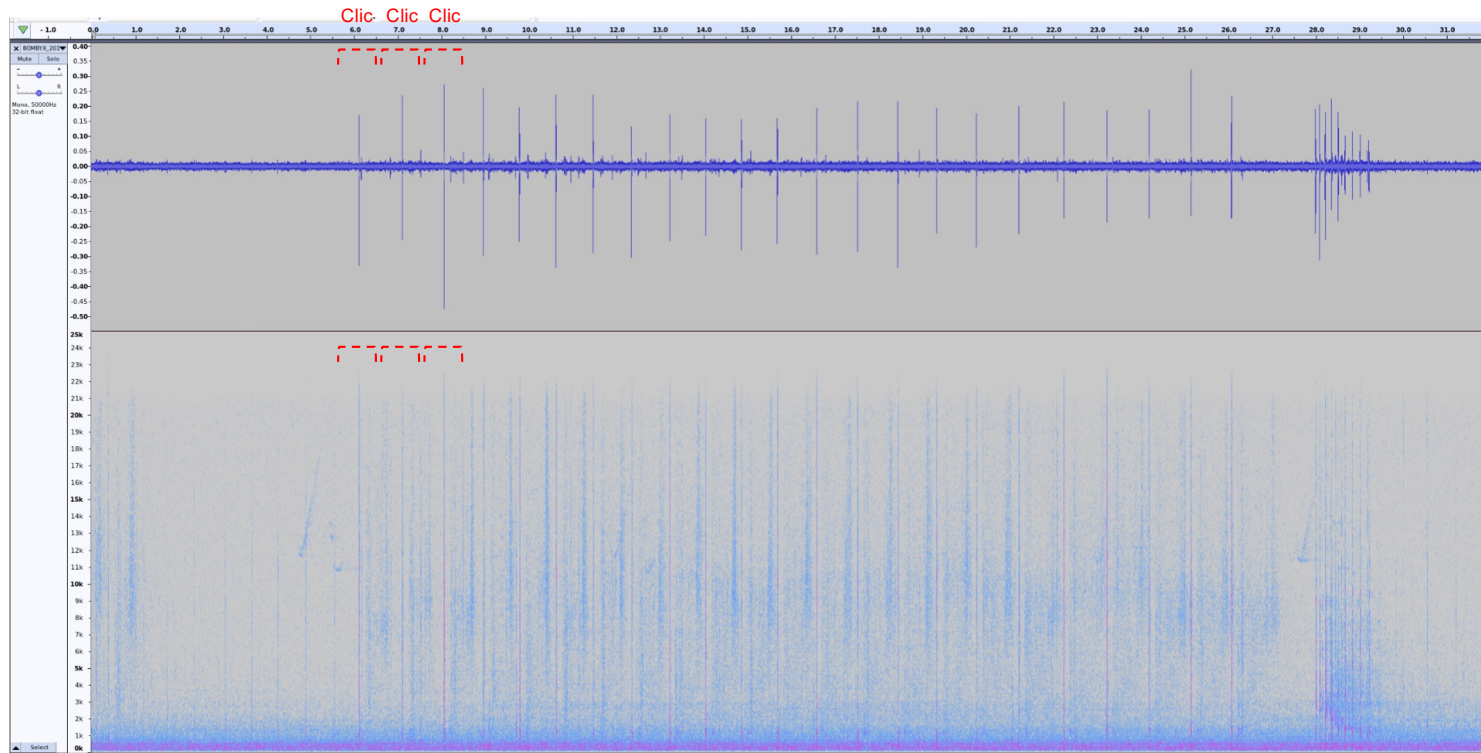


Détection de clics de cachalot



Comment valider un clic ? Observation d'un train de cachalot (ICI)

20220728_000918UTC



Rapport de détection



Format des rapports envoyés

- Date et Heure
- Probabilité de présence P

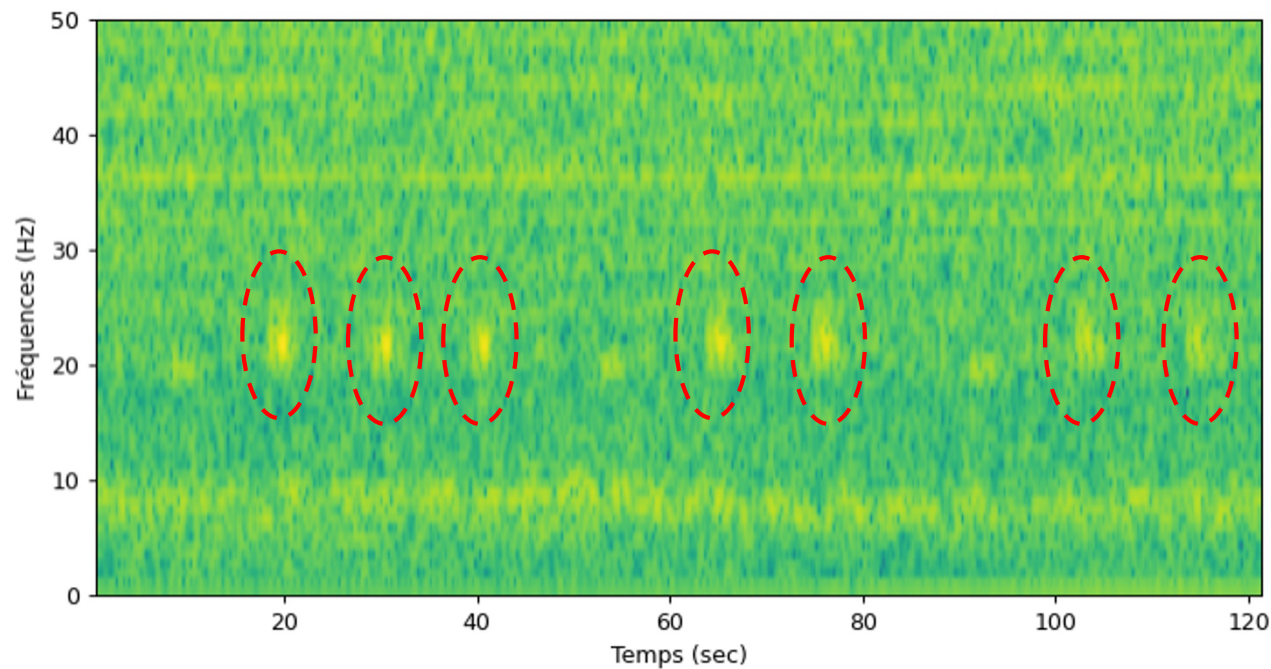
date	sec	P(cachalot)
20220728_000918UTC_V12.wav	160	0.3529639
20220728_000918UTC_V12.wav	165	0.017730286
20220728_000918UTC_V12.wav	170	0.343511
20220728_000918UTC_V12.wav	175	0.03539723
20220728_000918UTC_V12.wav	180	0.08584233
20220728_000918UTC_V12.wav	185	0.917102
20220728_000918UTC_V12.wav	190	0.07624311
20220728_000918UTC_V12.wav	195	0.9999893
20220728_000918UTC_V12.wav	200	0.99990165
20220728_000918UTC_V12.wav	205	0.9406052
20220728_000918UTC_V12.wav	210	0.9485358
20220728_000918UTC_V12.wav	215	0.5486088
20220728_000918UTC_V12.wav	220	0.9581965
20220728_000918UTC_V12.wav	225	0.054285493
20220728_000918UTC_V12.wav	230	0.15936567
20220728_000918UTC_V12.wav	235	0.6549609
20220728_000918UTC_V12.wav	240	0.07359292
20220728_000918UTC_V12.wav	245	0.08724517

20220728_000918UTC_V12.wav	215	0.5486088
20220728_000918UTC_V12.wav	220	0.9581965
20220728_000918UTC_V12.wav	225	0.054285493

Détection de pulse de Rorqual



Exemple de vrais positifs sur BOMBYX2 :



Total: 8 alertes rorquals
en 26 jours
(moyenne ~ 1 alerte tous
les 3 jours)

	date	proba
	2022-07-29 04:09:19	1
◆	2022-08-06 21:09:36	1
◆	2022-08-06 22:09:37	1
	2022-08-07 06:09:37	1
	2022-08-12 13:09:44	1
	2022-08-13 22:09:47	1
	2022-08-20 21:09:48	1
	2022-08-23 05:09:46	1

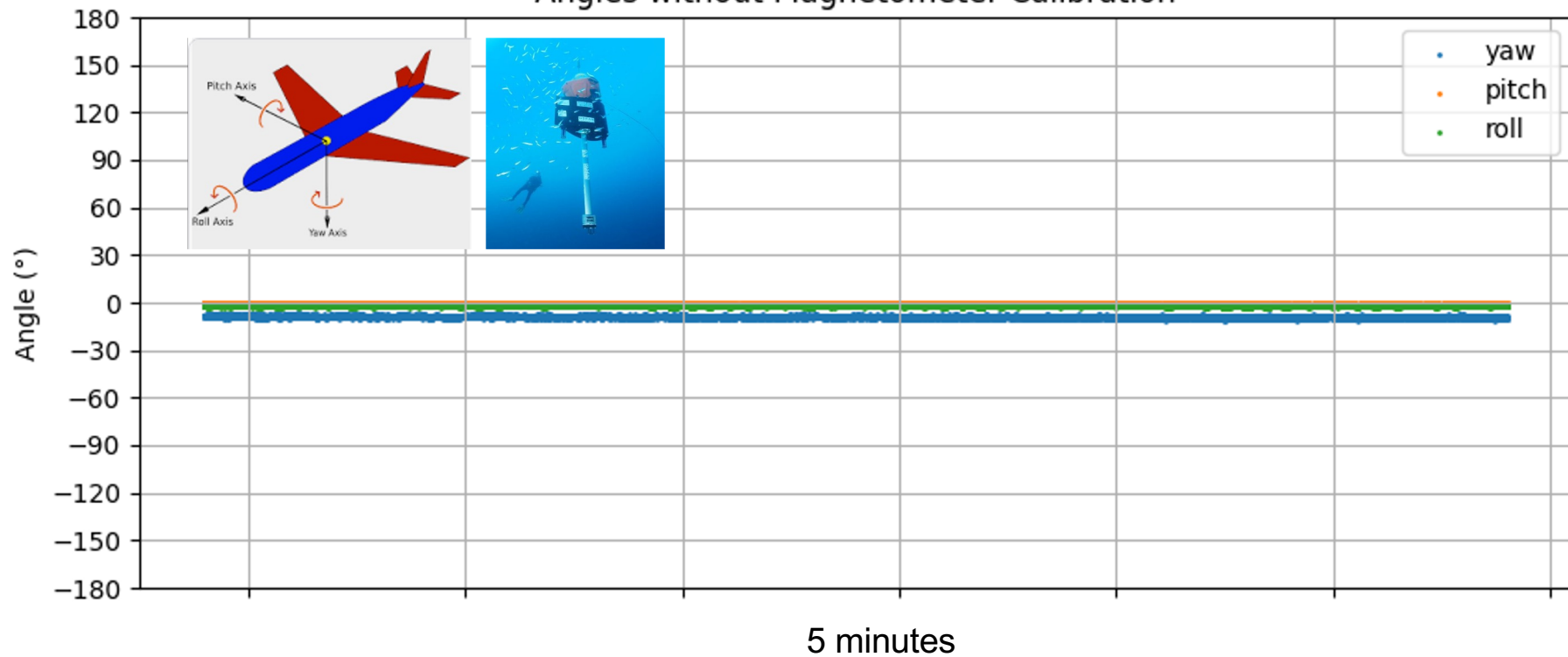
Prochainement: Ré entraînement du modèle avec les détections de Bombyx 2

Localisation, azimuth
par différence des temps,
ou des phases

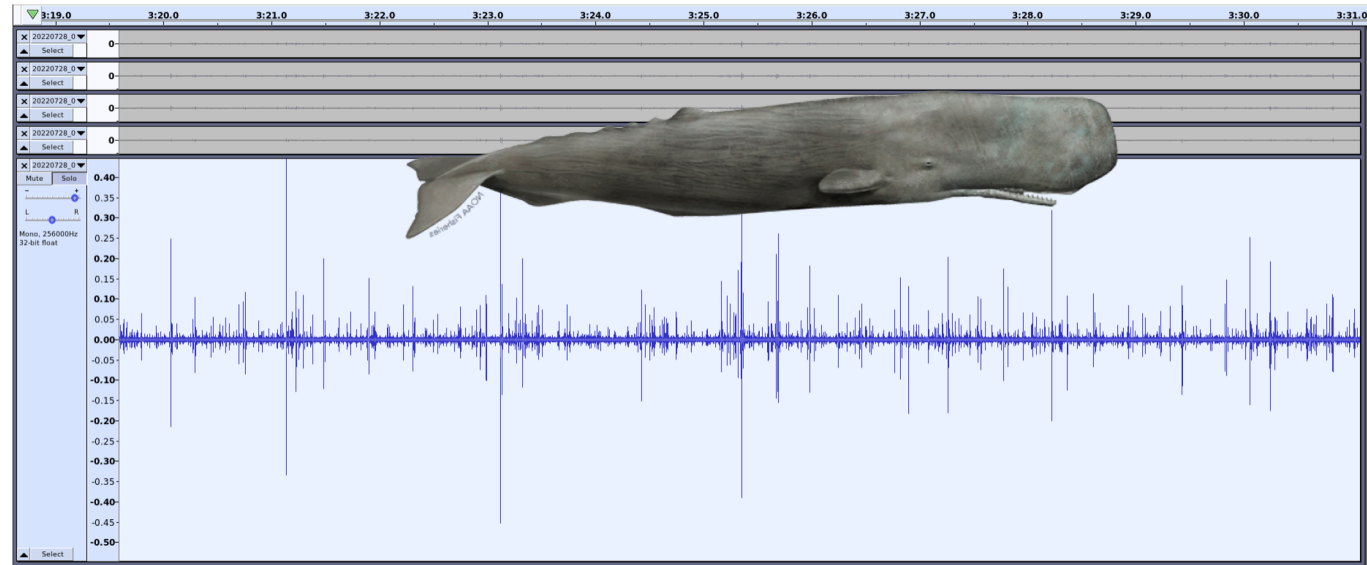
Installation de BOMBYX2 à Cap Martin

Assiette de BOMBYX2 très stable :

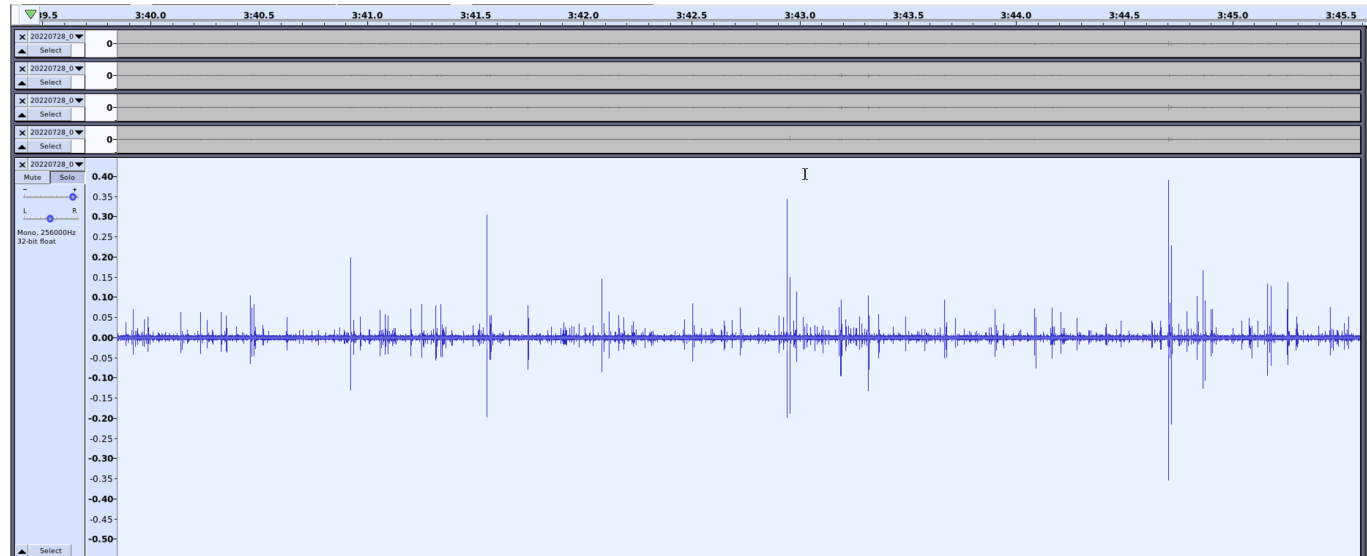
Angles without Magnetometer Calibration

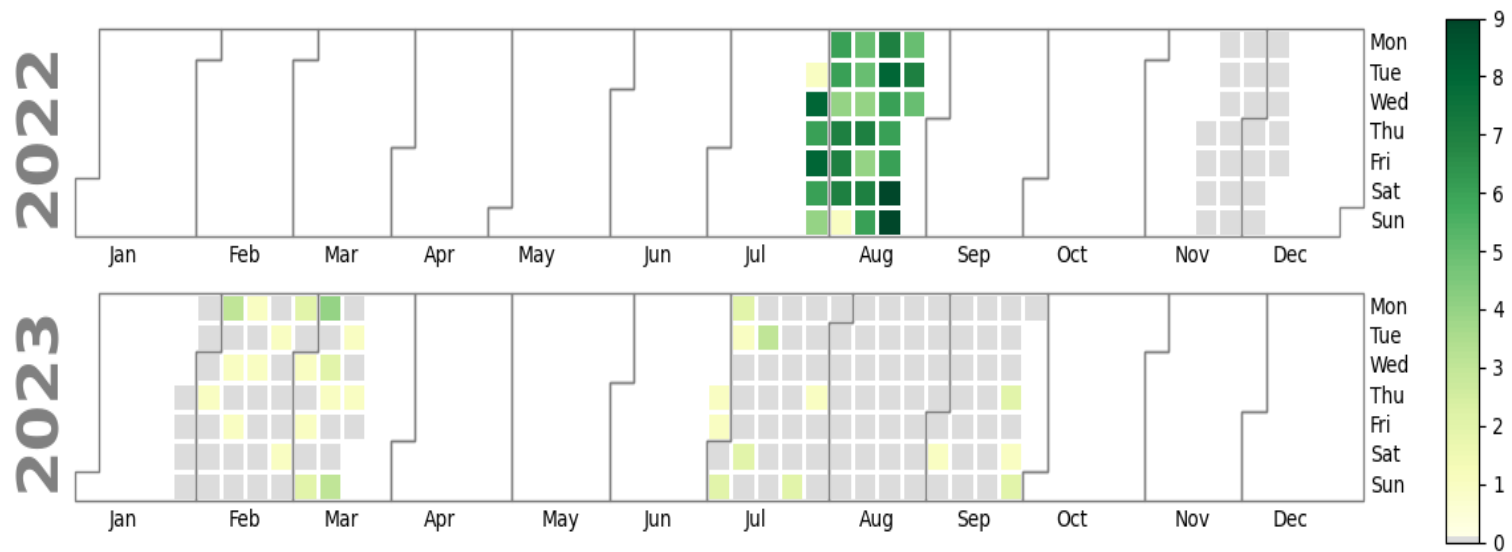


20220728_000918UTC_V12.wav	153	0.30039600
20220728_000918UTC_V12.wav	160	0.3529639
20220728_000918UTC_V12.wav	165	0.017730286
20220728_000918UTC_V12.wav	170	0.343511
20220728_000918UTC_V12.wav	175	0.03539723
20220728_000918UTC_V12.wav	180	0.08584233
20220728_000918UTC_V12.wav	185	0.917102
20220728_000918UTC_V12.wav	190	0.07624311
20220728_000918UTC_V12.wav	195	0.9999893
20220728_000918UTC_V12.wav	200	0.99990165
20220728_000918UTC_V12.wav	205	0.9406052
20220728_000918UTC_V12.wav	210	0.9485358
20220728_000918UTC_V12.wav	215	0.5486088
20220728_000918UTC_V12.wav	220	0.9581965
20220728_000918UTC_V12.wav	225	0.054285493
20220728_000918UTC_V12.wav	230	0.15936567
20220728_000918UTC_V12.wav	235	0.6549609
20220728_000918UTC_V12.wav	240	0.07359292
20220728_000918UTC_V12.wav	245	0.08724517



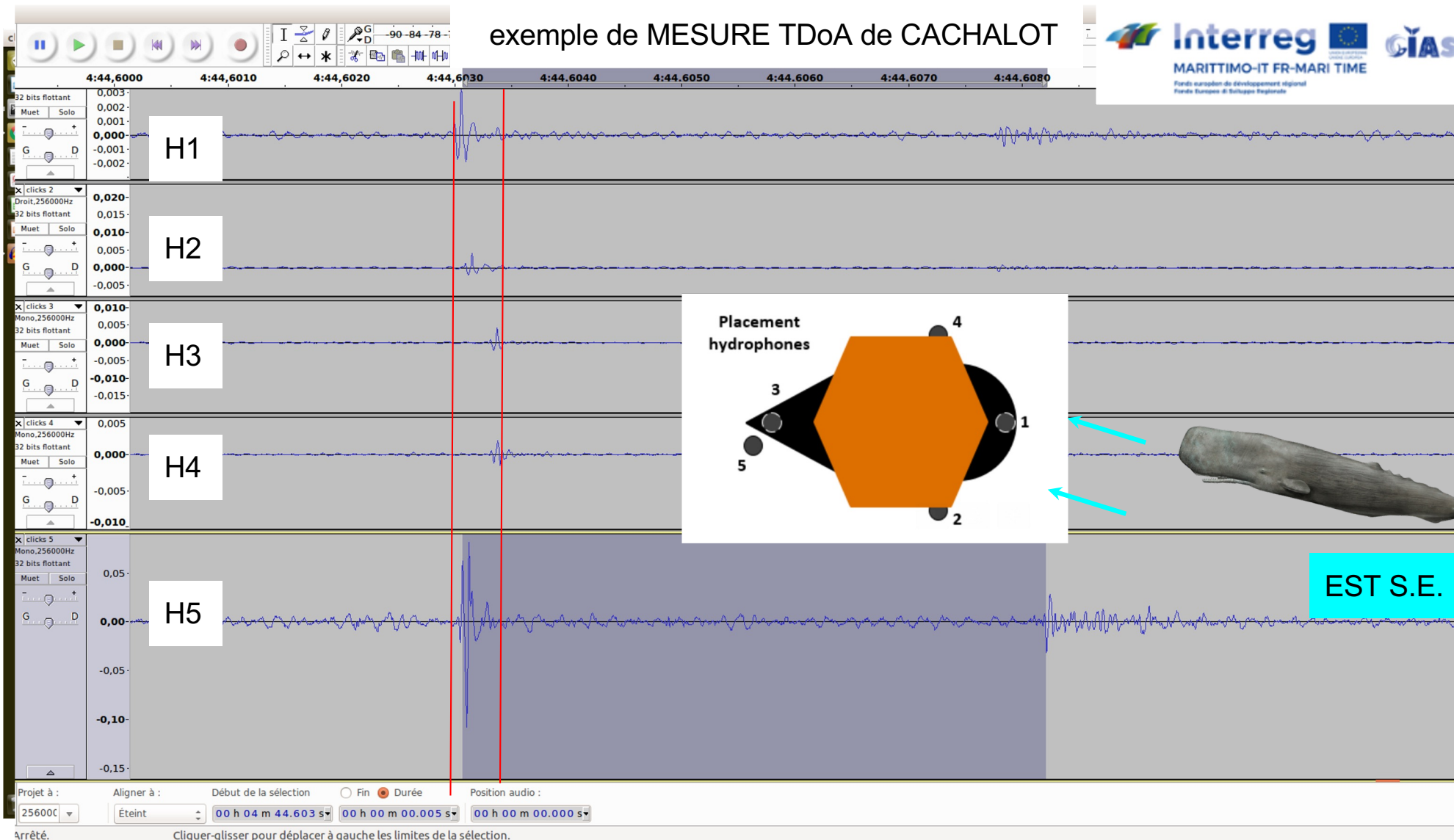
20220728_000918UTC_V12.wav	215	0.5486088
20220728_000918UTC_V12.wav	220	0.9581965
20220728_000918UTC_V12.wav	225	0.054285493





Calendrier des détections de cachalot par BX2

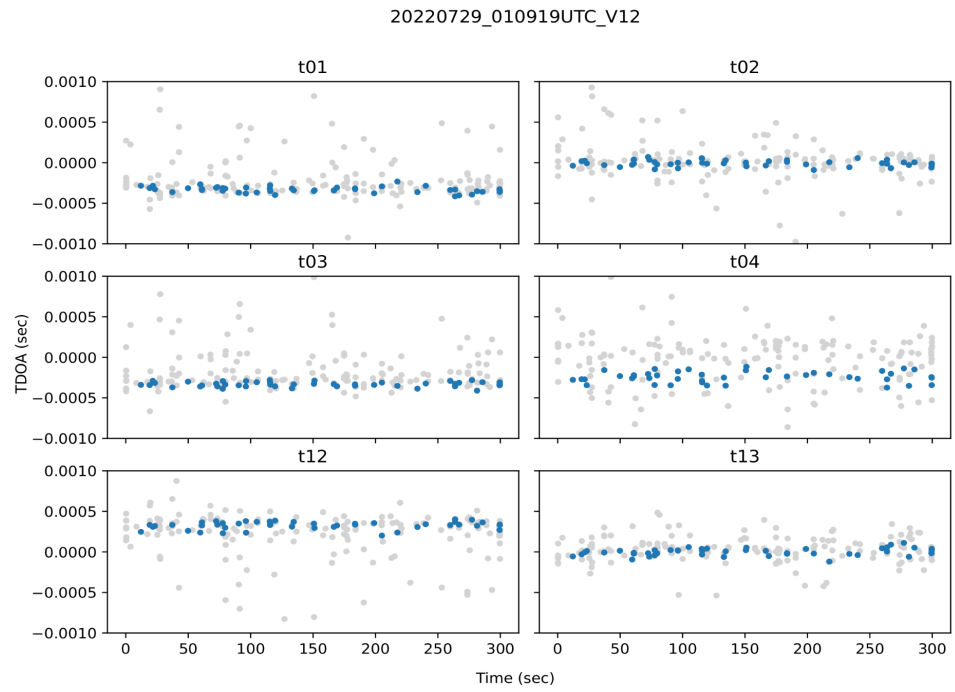
exemple de MESURE TDoA de CACHALOT



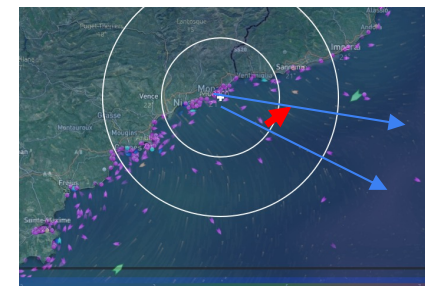
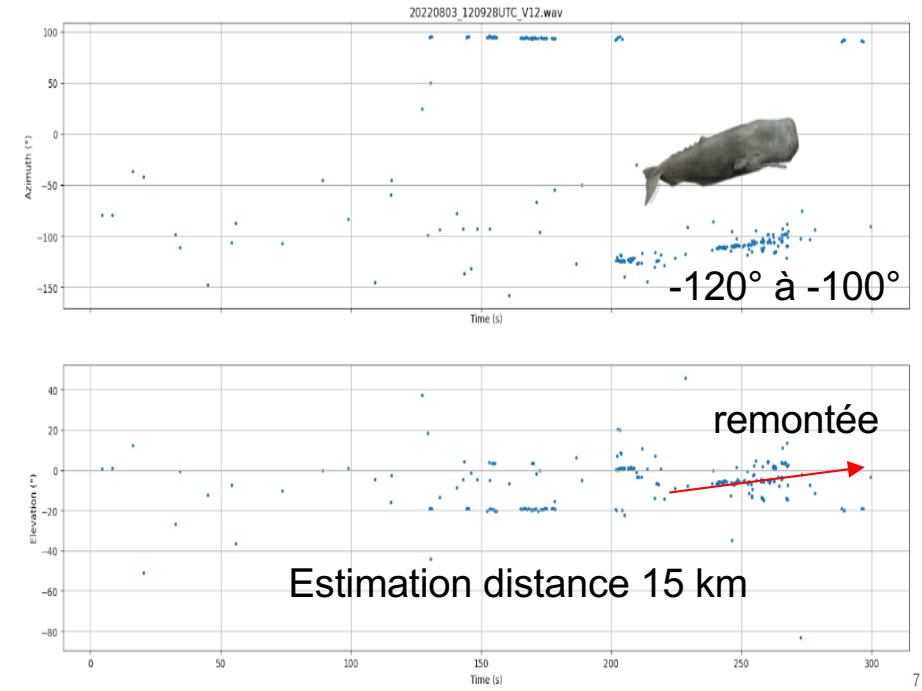
Projet à : 25600C
Aligner à : Éteint
Début de la sélection : 00 h 04 m 44.603 s
Fin : 00 h 00 m 00.005 s
Durée : 00 h 00 m 00.000 s
Position audio : 00 h 00 m 00.000 s

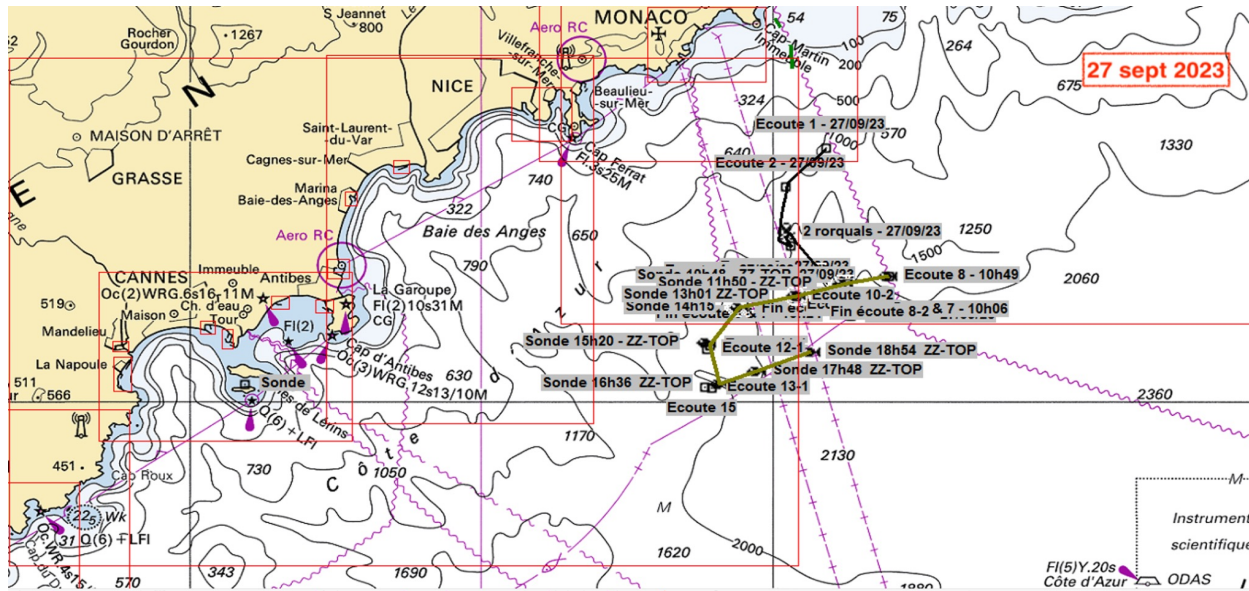
Arrêté. Cliquer-glisser pour déplacer à gauche les limites de la sélection.

Exemples de Time diff of Arrival sur 5 minutes

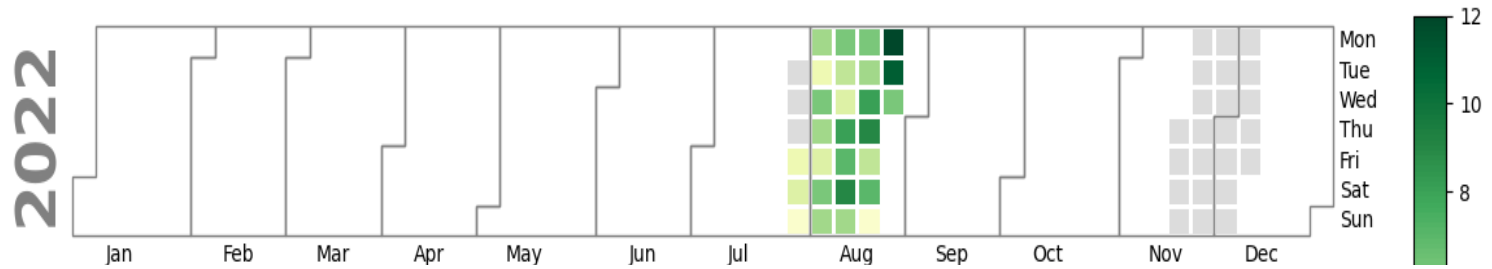


Azimuth et Elevation sur 5 minutes





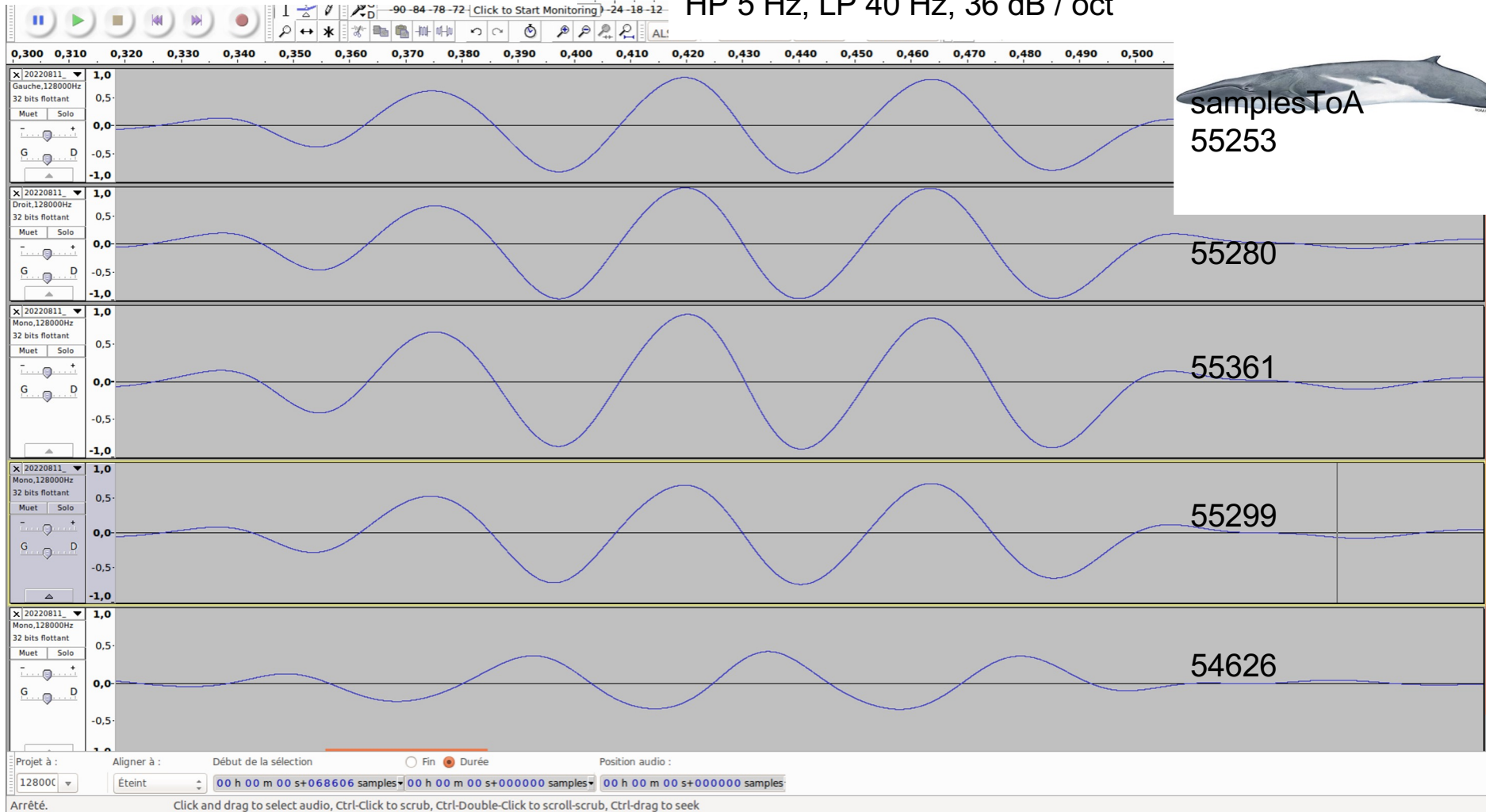
27 sept 2023



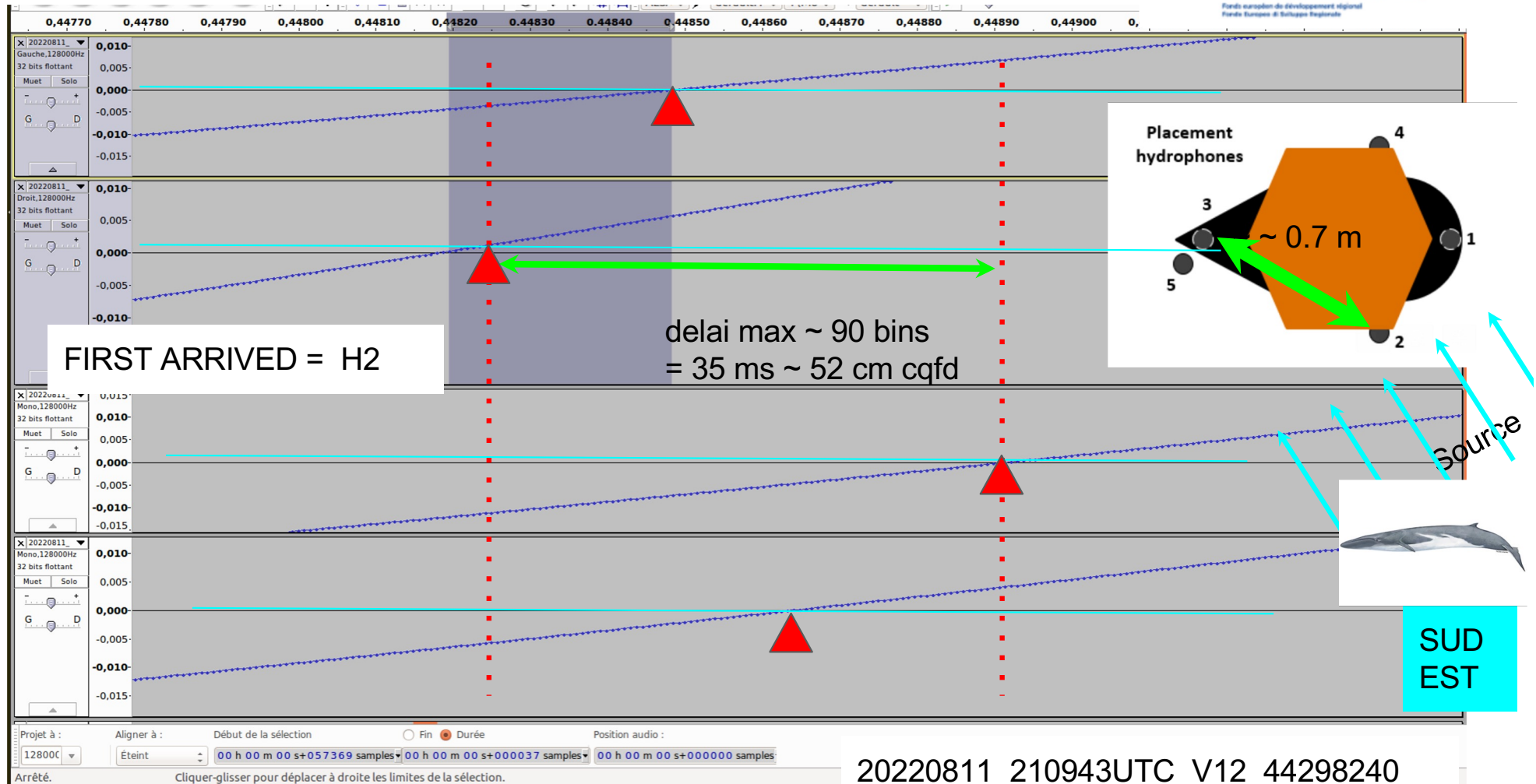
Calendrier des détections de rorqual par BX2

20220811_210943UTC_V12_44298240

HP 5 Hz, LP 40 Hz, 36 dB / oct

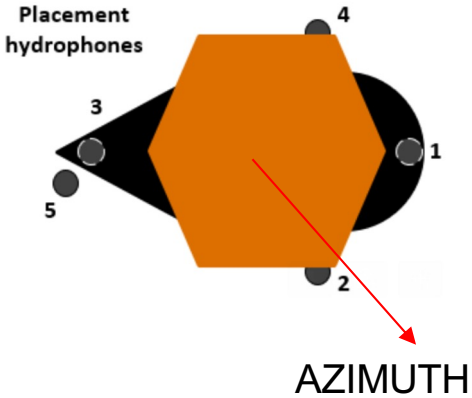
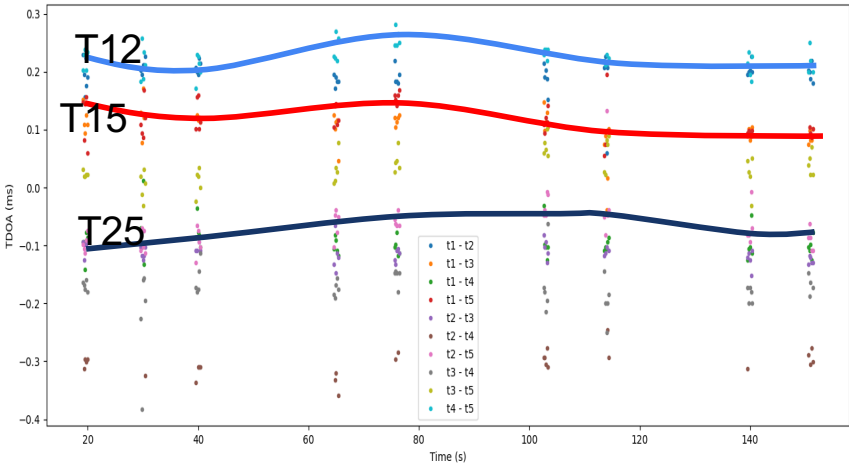
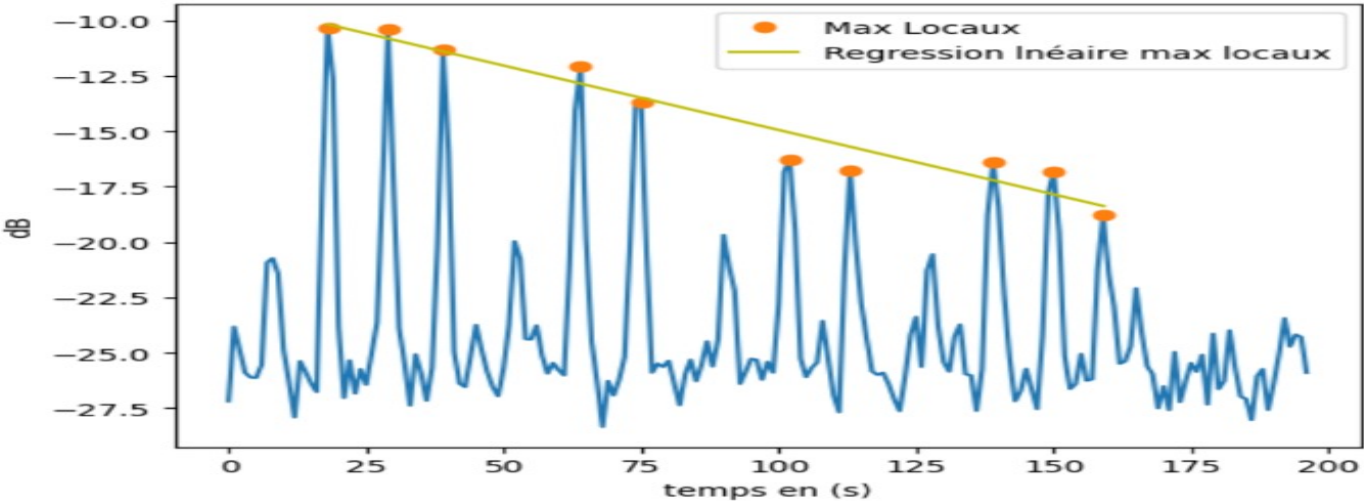


20220811_210943UTC_V12_44298240

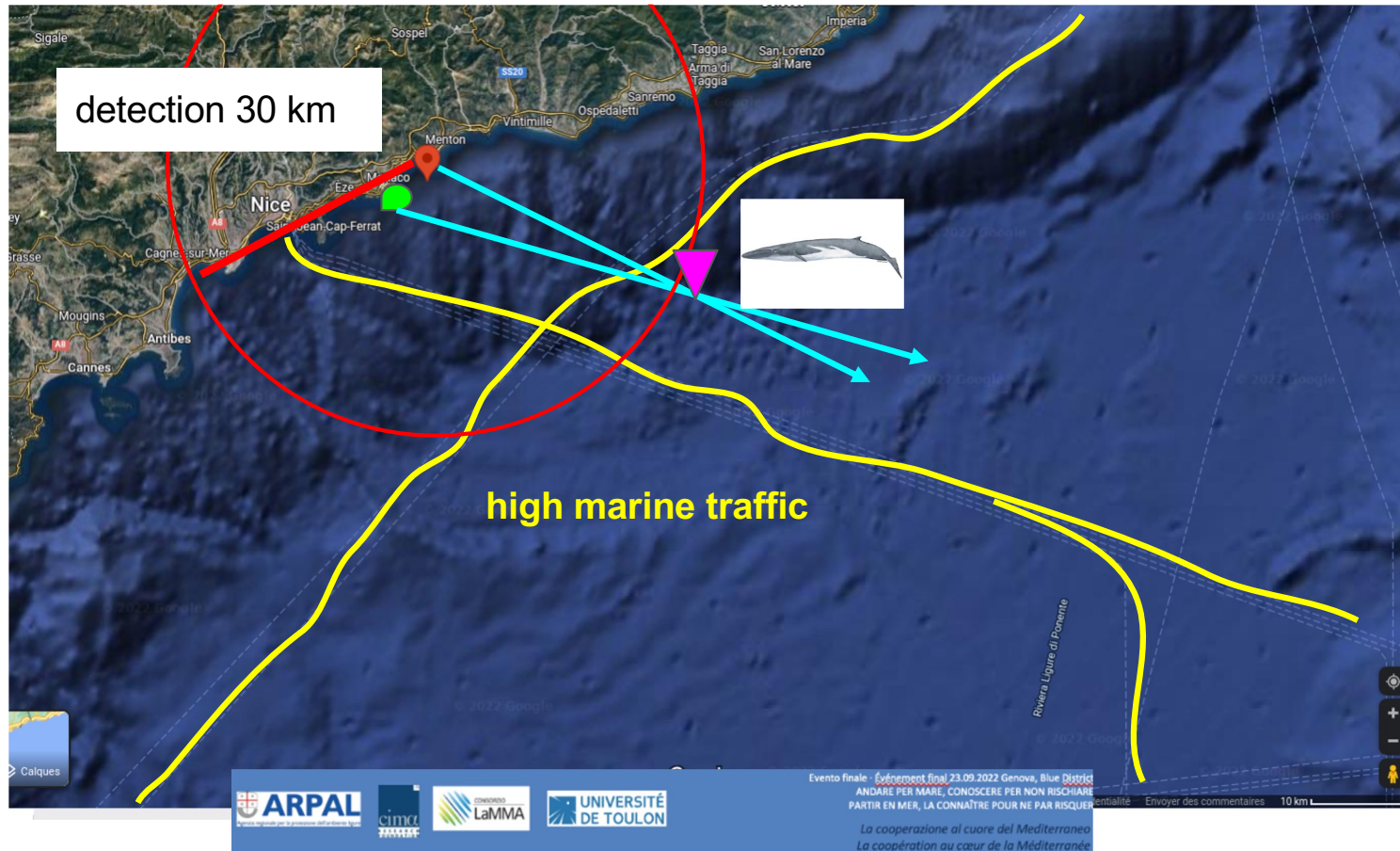


20220811_210943UTC_V12_44298240

Detection et defilement azimuth d'un rorqual (TDoA) sur 3 minutes le 29 juillet 2023, BX2 Monaco



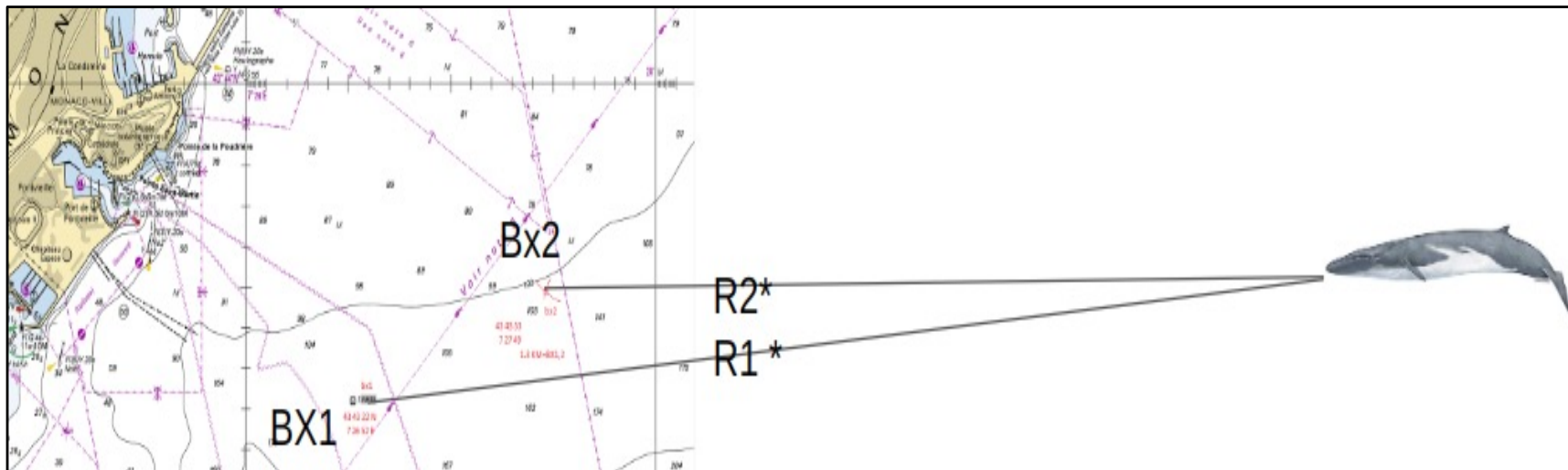
Conclusion : pose de BX22 et BX21 jointes pour qualifier la qualité des estimations de distance



IA pour PRECISION de la fonction RAYON

$$R^{\wedge} = FR(ILD, TDoA, \text{dephasage})$$

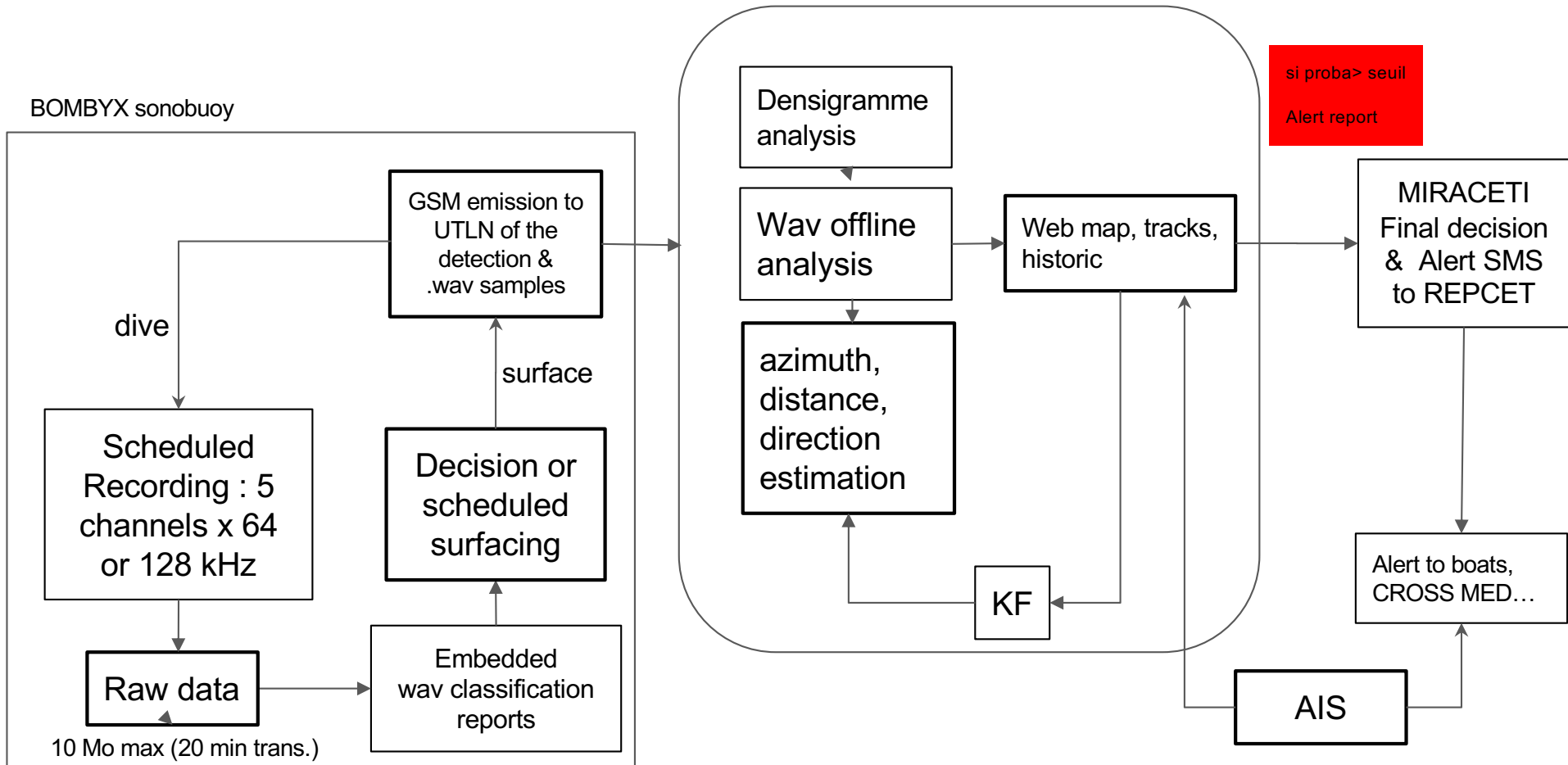
Qualification des erreurs d'estimation du rayon de détection => croiser les gisements et estimer le range, et l'apprendre sur les détections par IA



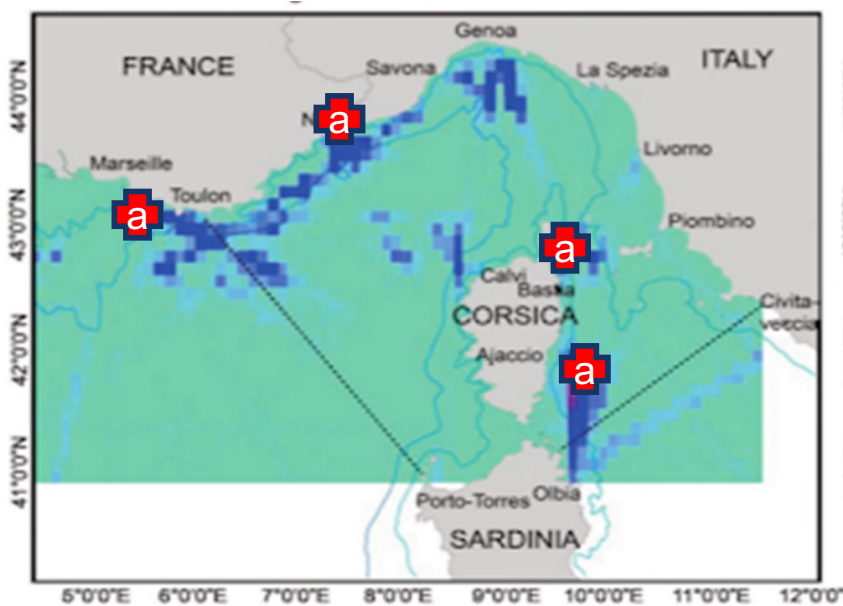
BOMBYX Intel. Cetacean Alert. => REPCET / MIRACETI en PRIVE



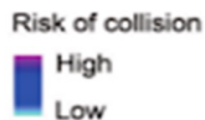
CNRS TOULON CIAN LIS



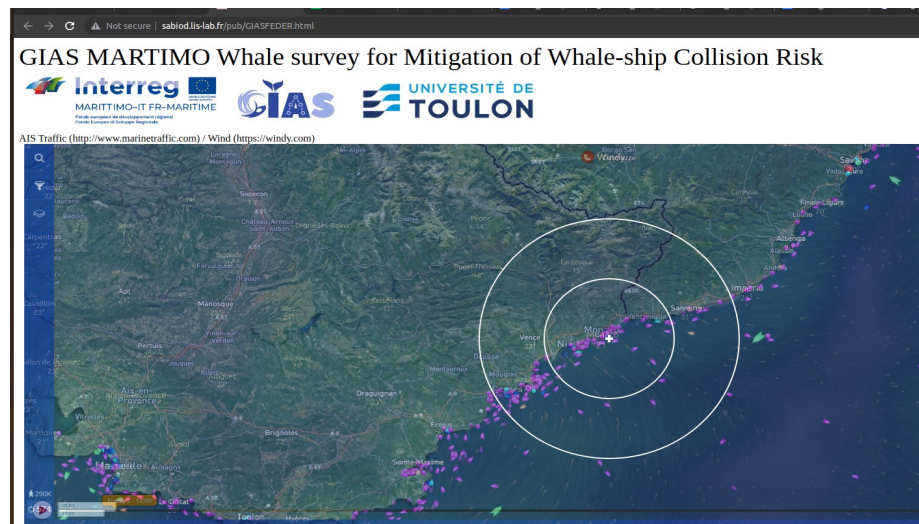
- ✚ **16 BOUEES BOMBYX FINANCEES (~15 K/bouée), déploiement à définir ensemble**, 17 partenaires int.
- 2 : GIAS (2019 + 5 ans) + 3 GIAS2 (2024 2027) : Italie France, 5 partenaires
- 6 : BIODIVERSA EUROPAM : NORVEGE + ACORES + MEDITERRANEE (2024+ 5 ans) : 5 partenaires
- 2 : ETHAC PACA (2023 + 4 ans) : 2 partenaires
- 3 : CPER UTLN REGION (2024 + 5 ans) : 5 UMR CNRS



(crédit Gis3M)



IHM GIAS : AIS + détection & direction



- => Chaire IA DGA ADSIL
- => Déploiement dans ZMPV PSSA prévu
- => Déploiement sur corridor Ferry

Perspectives : modèles de comportements et prévention / habitat



=> Densité de présence

=> Réapprentissage en ligne des modèles

=> Déploiement en NORVEGE (EUROPAM)
ACORES (EUROPAM), CARAIBES,
Amérique du sud (Univ Norte de Brazil)...

Figure : Position de cachalots en meute calculées par acoustique passive depuis une antenne type BOMBYX2 au large de Monaco, le 14 janvier 2020 <https://cosphilog.fr/cachalots-musee/> (rapport sphyrna Odysée Glotin et al 2021) présenté au Muséum Histoire Naturelle antenne du Var en 2023-2024