



**Interreg**



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

# Evento finale · Événement final

## 23.09.2022 Genova, Blue District

ANDARE PER MARE, CONOSCERE PER NON RISCHIARE  
PARTIR EN MER, LA CONNAÎTRE POUR NE PAS RISQUER  
***BOMBYX : La bouée intelligente pentaphonique anti-collision***  
***Prima boa marina pentafonica intelligente : Deep Learning e***  
***tracciamento autonomo dei cetacei per un allarme in tempo reale***

**Hervé Glotin,  
Marion Poupard,  
Pierre Mahe,  
& Dyni team  
UTLN LIS lab**

[glotin@univ-tln.fr](mailto:glotin@univ-tln.fr),  
[marion.poupard@univ-tln.fr](mailto:marion.poupard@univ-tln.fr),  
[pierre.mahe@univ-tln.fr](mailto:pierre.mahe@univ-tln.fr)



*La cooperazione al cuore del Mediterraneo*  
*La coopération au cœur de la Méditerranée*



Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

# Contexte, objectifs, matériels, algorithmes et résultats



Espèces cibles : Cachalot et Rorqual



# Contexte : BOMBYX1 (2015-2018)

## Données :

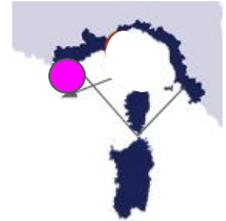
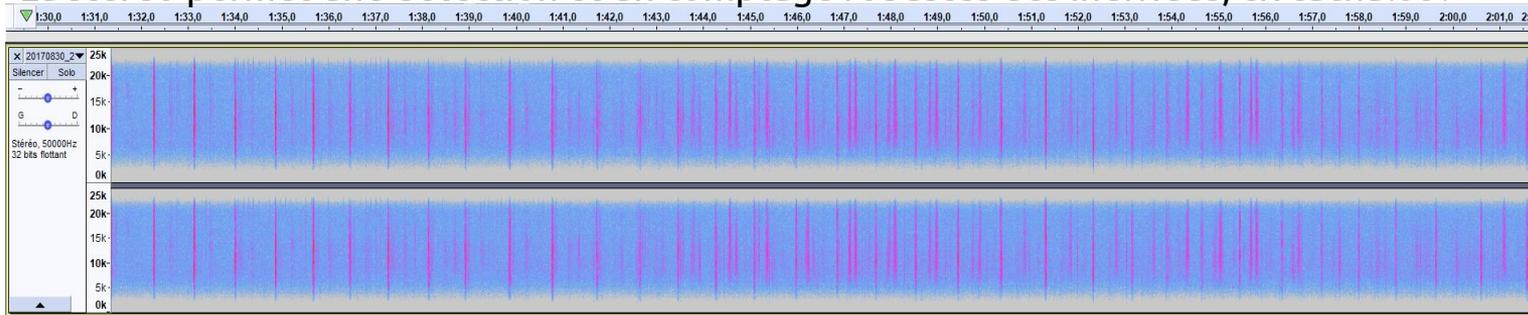
- Enregistrements discontinus de 2015 à 2018
- 2 channels (2 meters wide)
- Échantillonnage : 50kHz
- 25m de profondeur
- Pas d'annotation

## Objectifs :

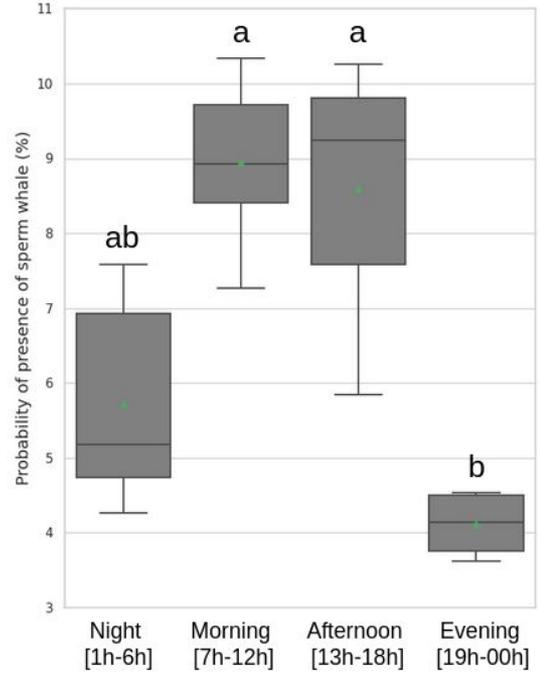
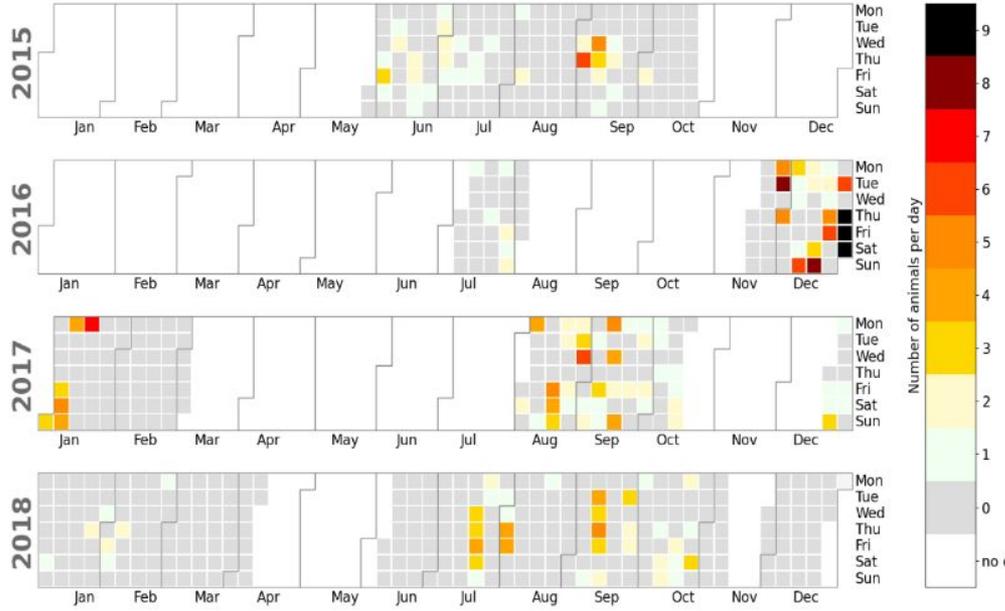
- Détection automatique de cachalots et rorquals



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



# BOMBYX1 : apprentissage IA détection du cachalot



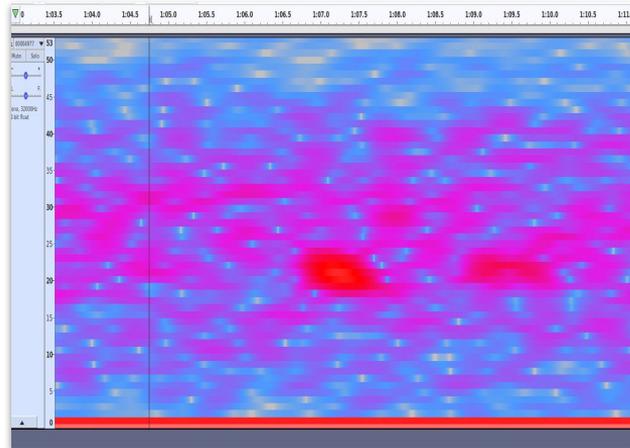
Rayon de  
detection  
= 30 km

Ed Nature, Scientific  
Report, Poupard et al  
2021

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.

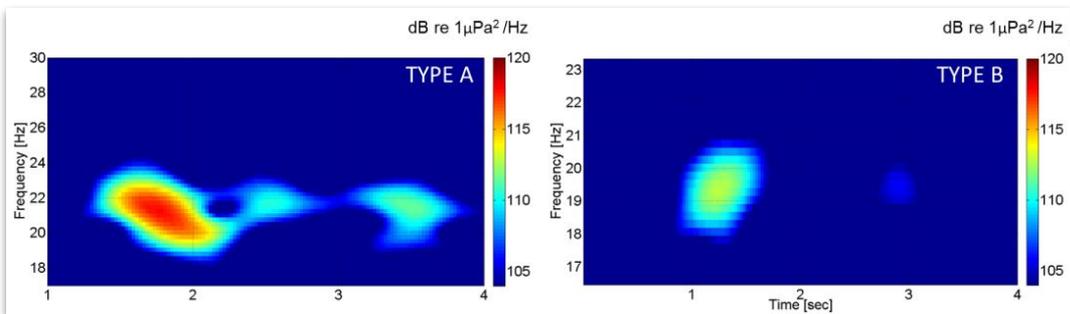
# BOMBYX1 : apprentissage IA détection du rorqual



*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

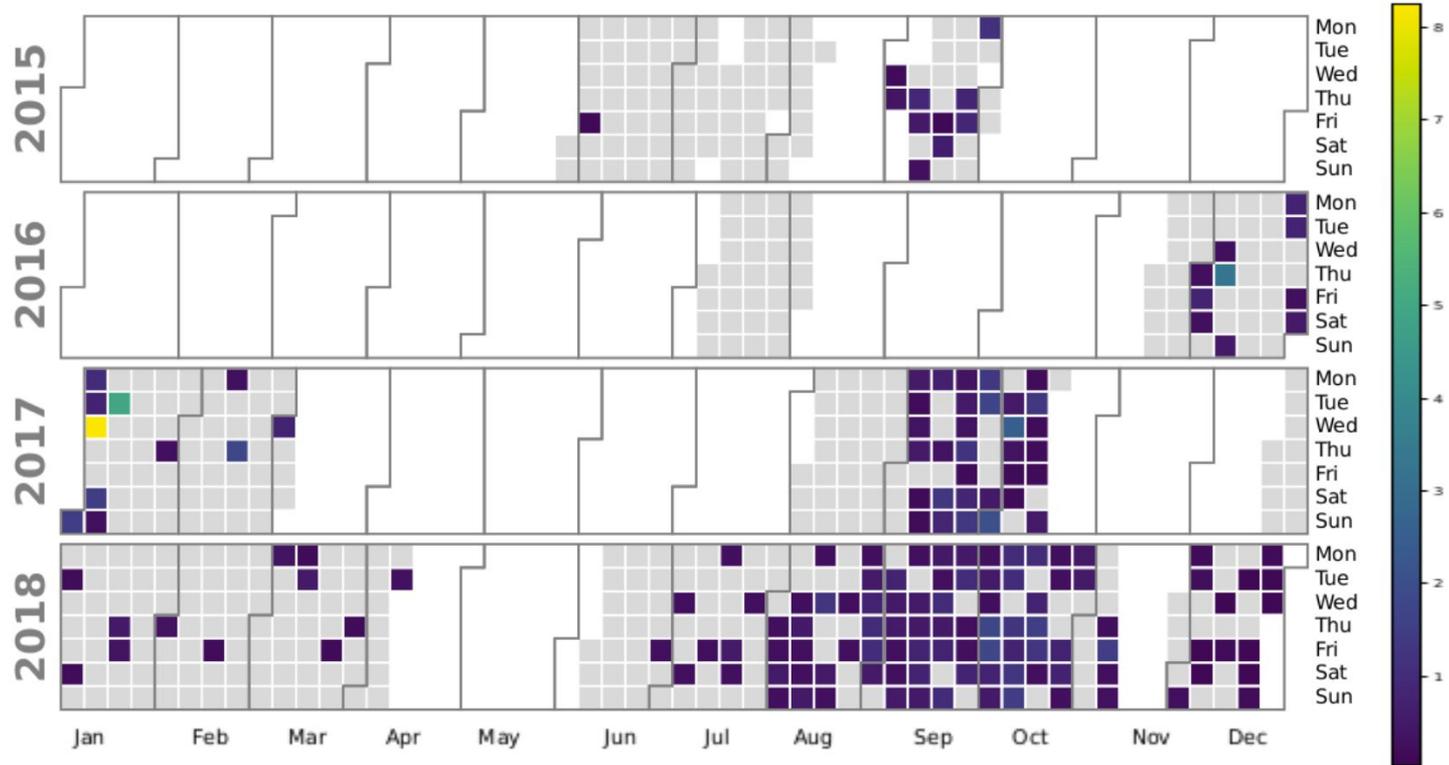
*Sample from sonobuoy Boussole 2009 dataset*



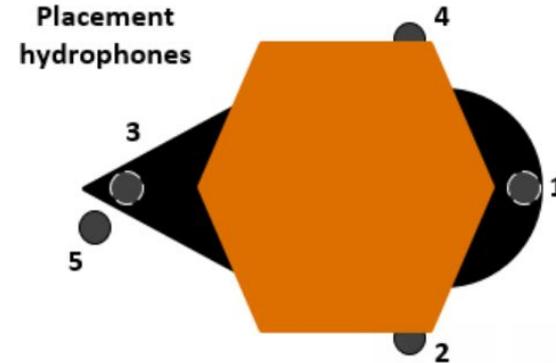
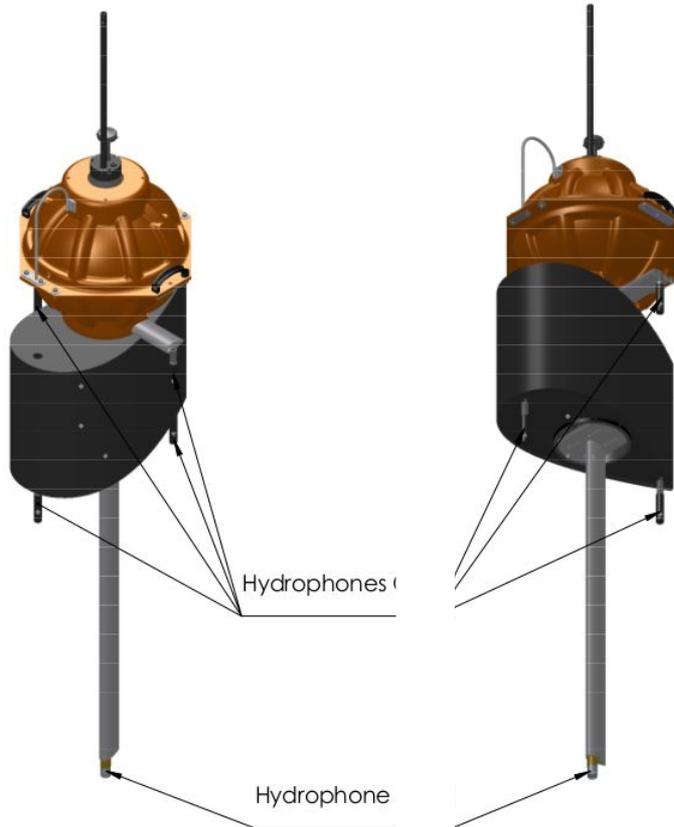
# BOMBYX1 : apprentissage détection du rorqual

Environ 12 passages sur 1 mois d'été

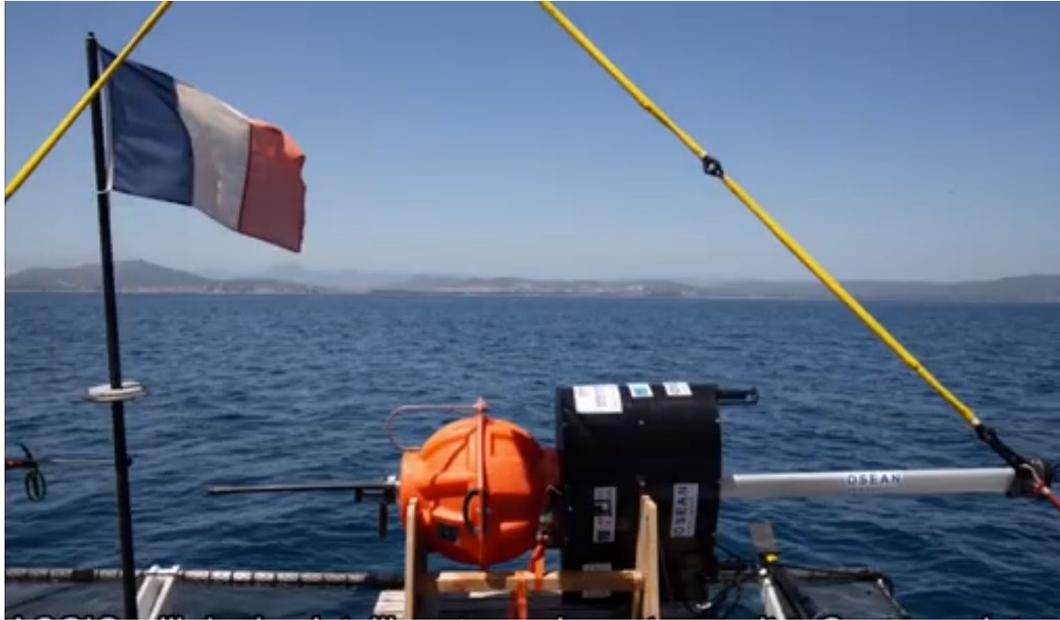
Rayon de détection  
> 30 km



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



# Première installation de BOMBYX2 : mai 2021



5 hydrophones d'écoute "intelligente"



# Intelligence artificielle embarquée

## Low power micro-processor (PIC) dans BOMBYX2

*Analyse pour 5 secondes de signal*

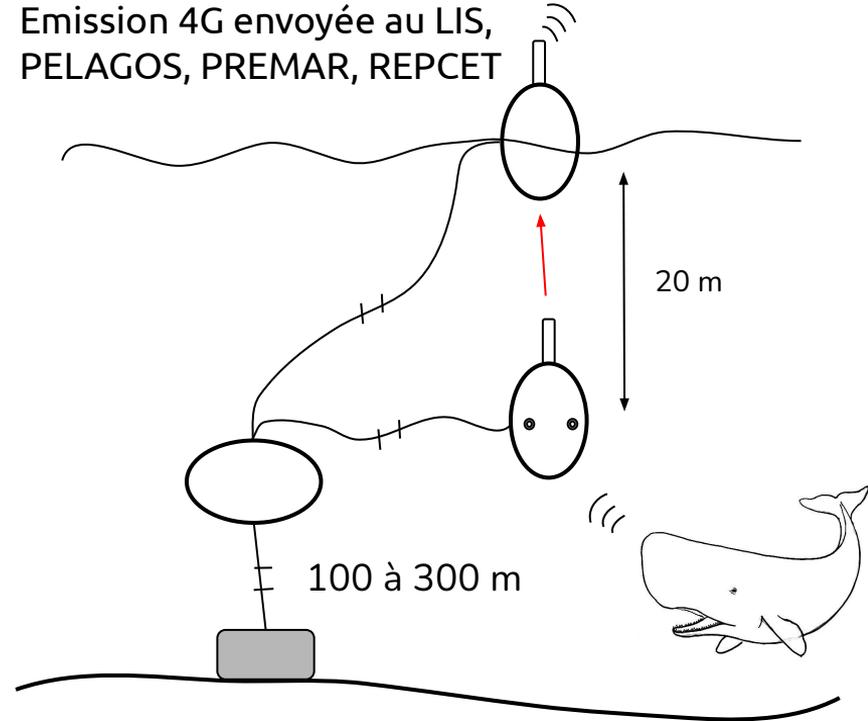
	Fin Whale	Sperm Whale
Sampling rate	200 Hz	50 kHz
Spectrogram size	128 x 46	64 x 974
Spectrogram computation time	0.2 sec	4.5 sec
Forward pass time	0.5 sec	2.1 sec



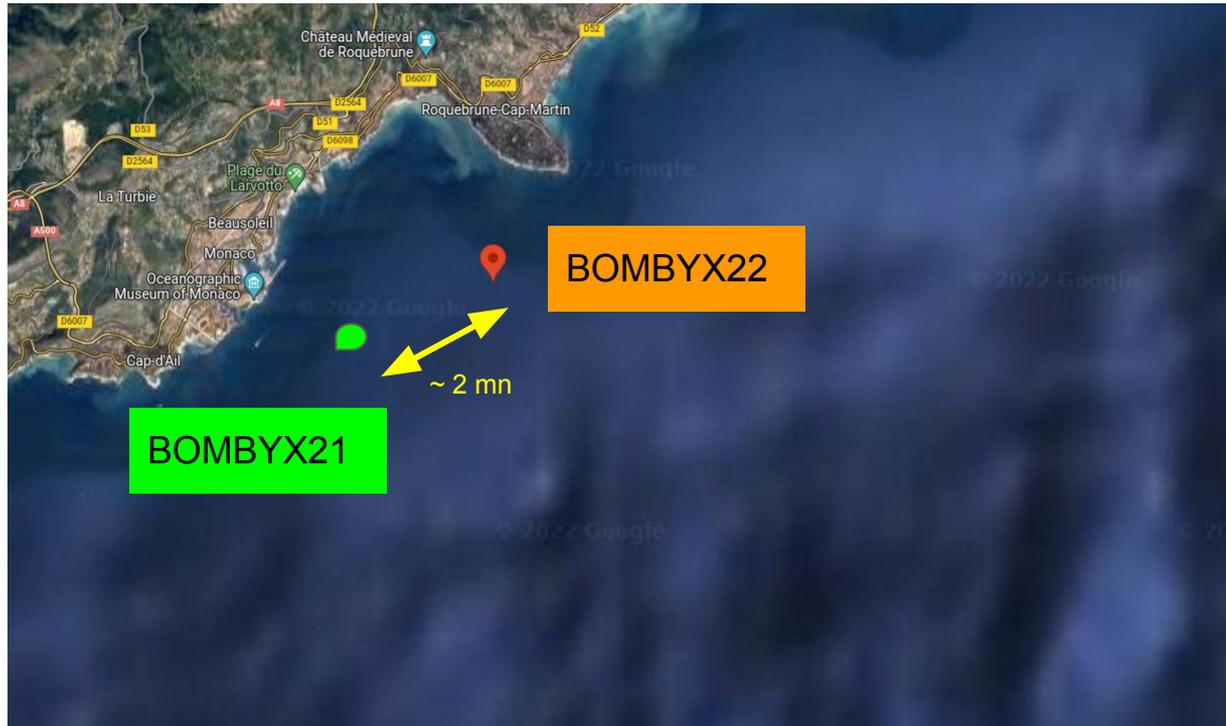
*PIC 32MZ by Microchip*

# 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**



# Positions de BOMBYX2.1 et 2.2



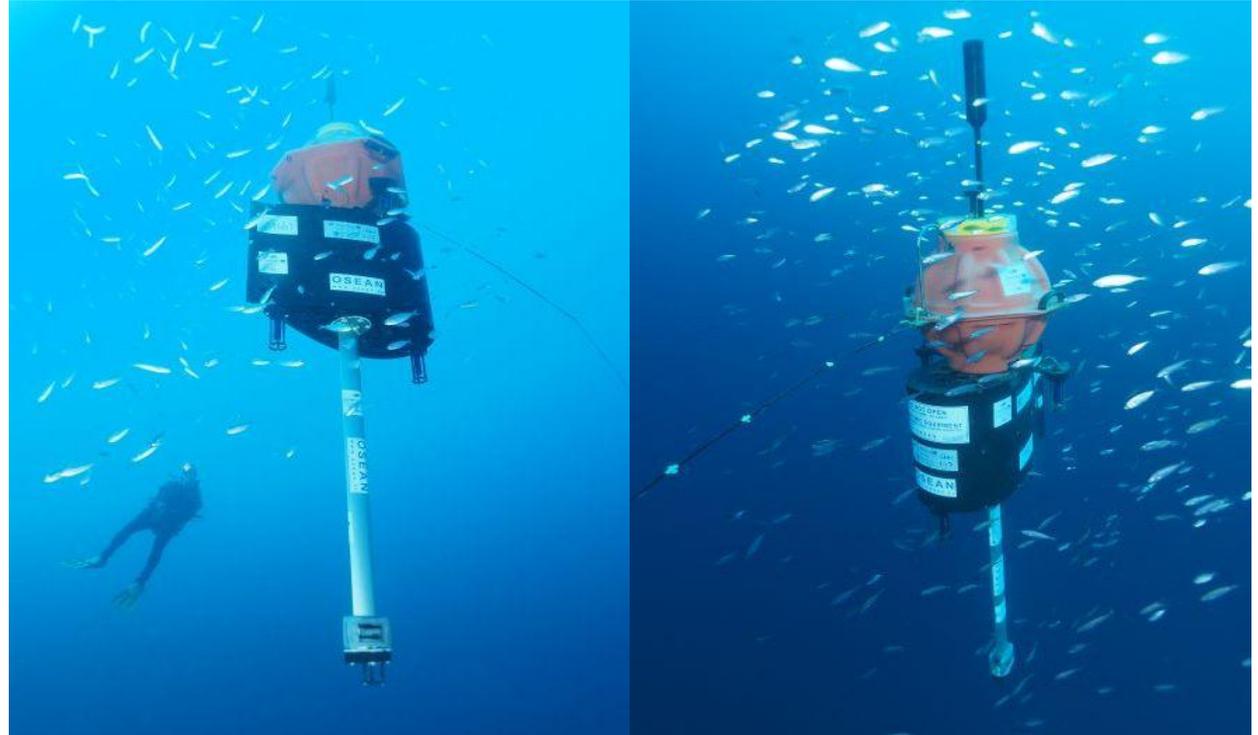


# Installation de BOMBYX2 à Cap Martin

[http://sabiod.lis-lab.fr/pub/BOMBYX2/MONACO\\_2022-07/bombyx2\\_Monaco\\_CapMartin\\_aout\\_2022b.mp4](http://sabiod.lis-lab.fr/pub/BOMBYX2/MONACO_2022-07/bombyx2_Monaco_CapMartin_aout_2022b.mp4)

Monaco proche Cap Martin  
Juillet / Août 2022

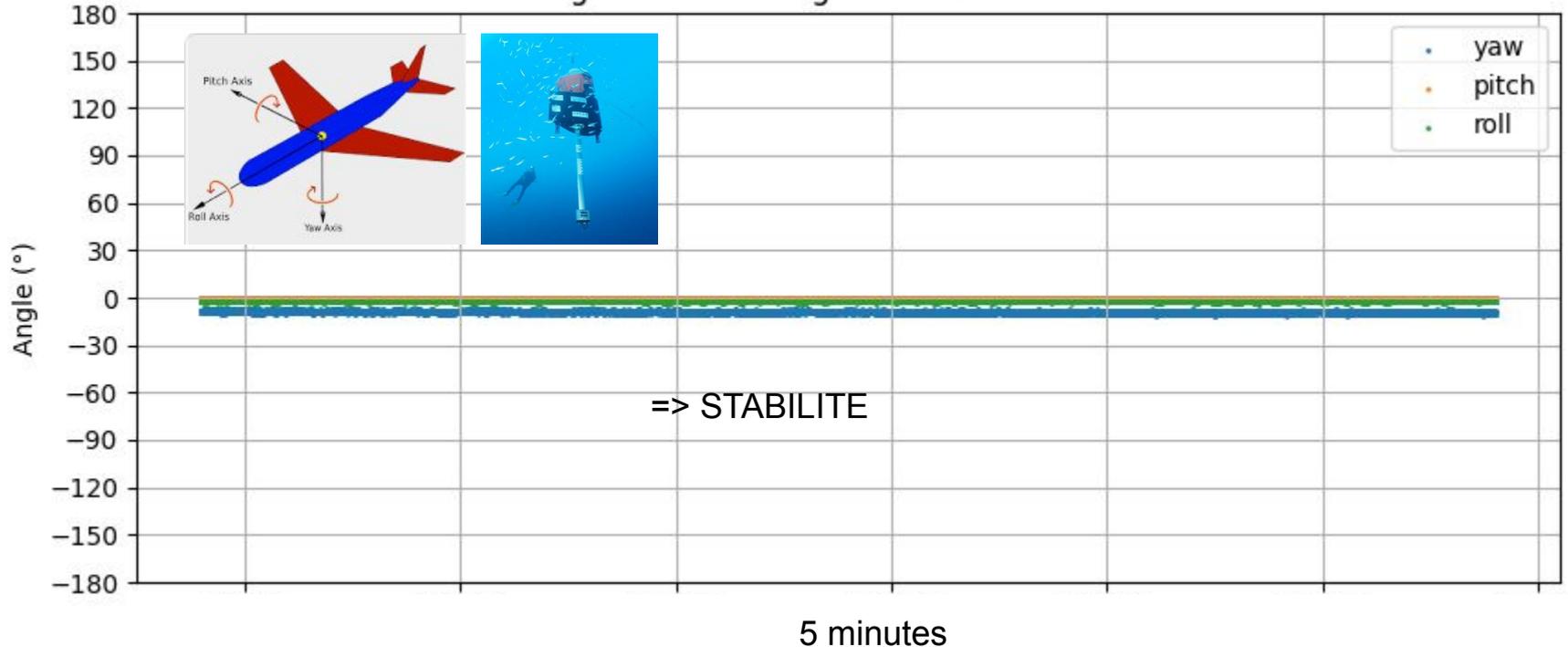
Total:  
26 jours de run  
52 heures d'enregistrements  
451 Go  
5 voies



# Installation de BOMBYX2 à Cap Martin

Assiette de BOMBYX2 très stable :

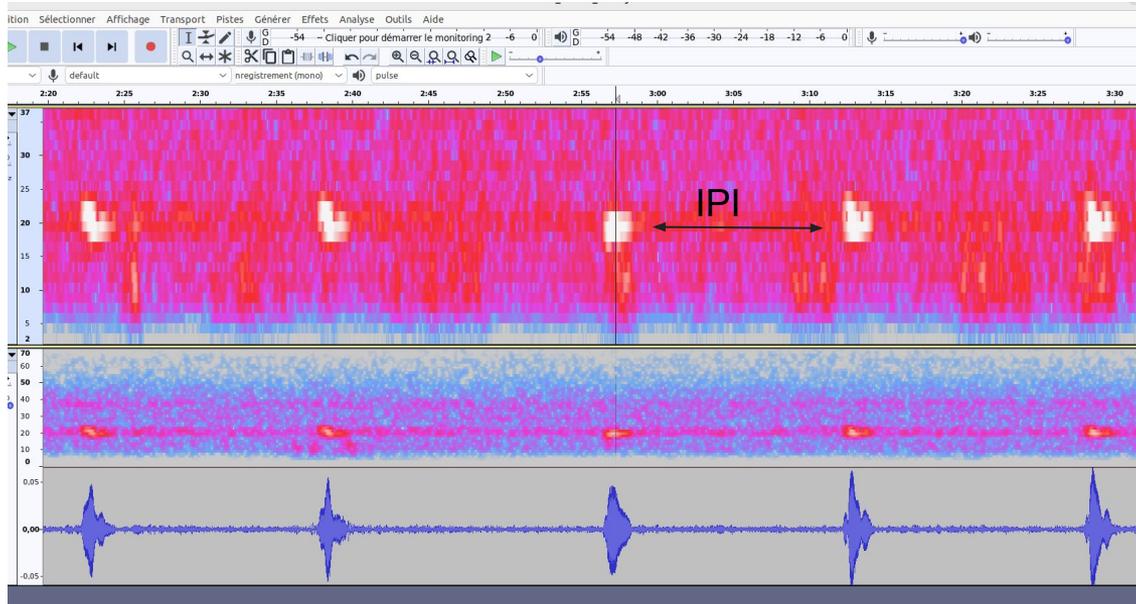
Angles without Magnetometer Calibration



# Détection de pulse de Rorqual



- Exemple d'un pulse de rorqual de BOMBYX1 :



IPI= Interpulse Interval

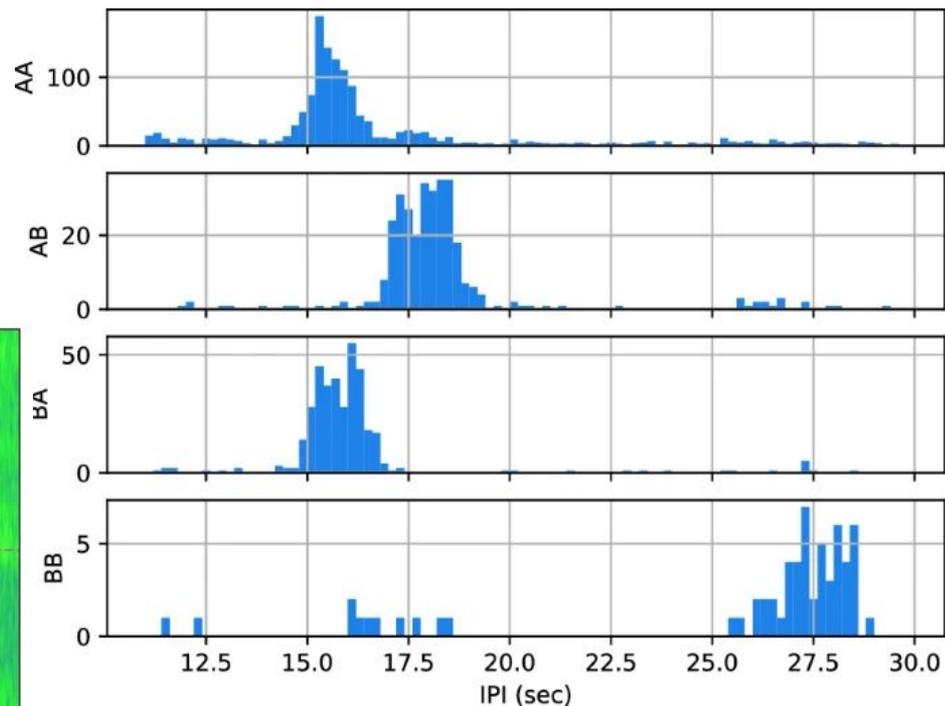
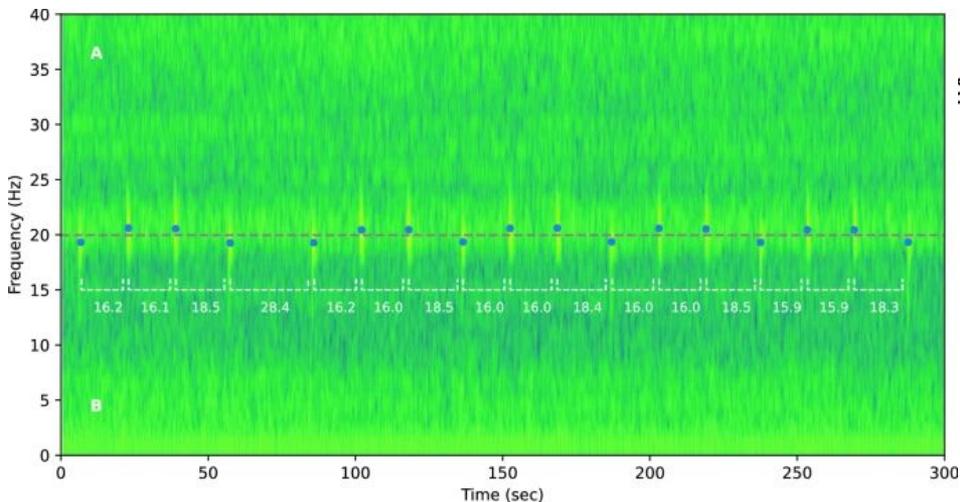
=> Utilisation du modèle de BOMBYX1 pour la détection par BOMBYX2

# Détection de pulse de Rorqual



Une fois de modèle mis en place:

- Recherche de pulses (vrais positifs) dans les détections du modèle grâce à l'IPI (InterPulse Interval)
- Beaucoup de "faux positifs"
- Bruits de bateaux à ces fréquences



# Détection de pulse de Rorqual



- Définir une sélection des “vrais positifs” pour les pulses de rorqual:

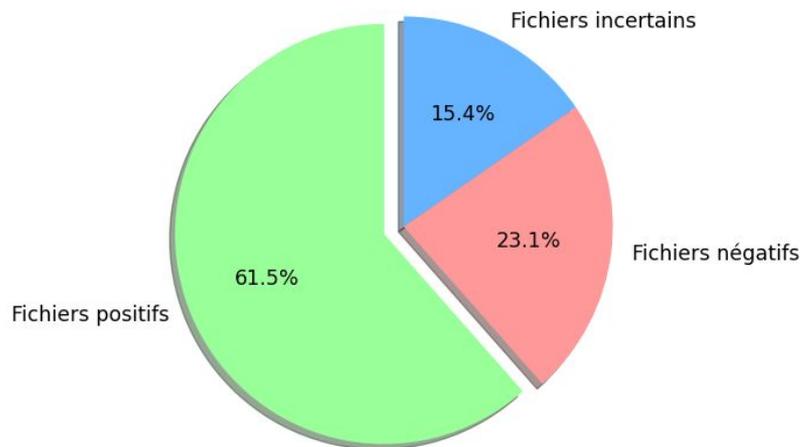
Max Pool sur 3 secondes du signal

Sélection des fichiers avec plus de 10 segments de 3 secondes avec une prédiction  $> 0.5$

Première vérification :

61% de cette sélection = vrais positifs

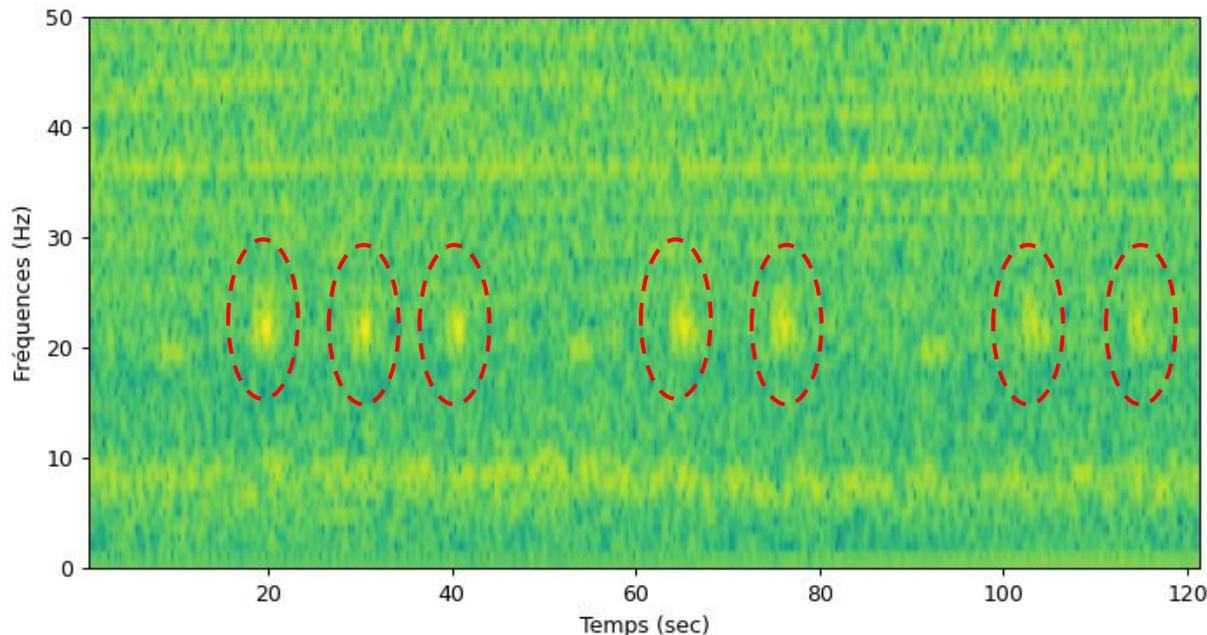
→ Remontée de la bouée



# 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)

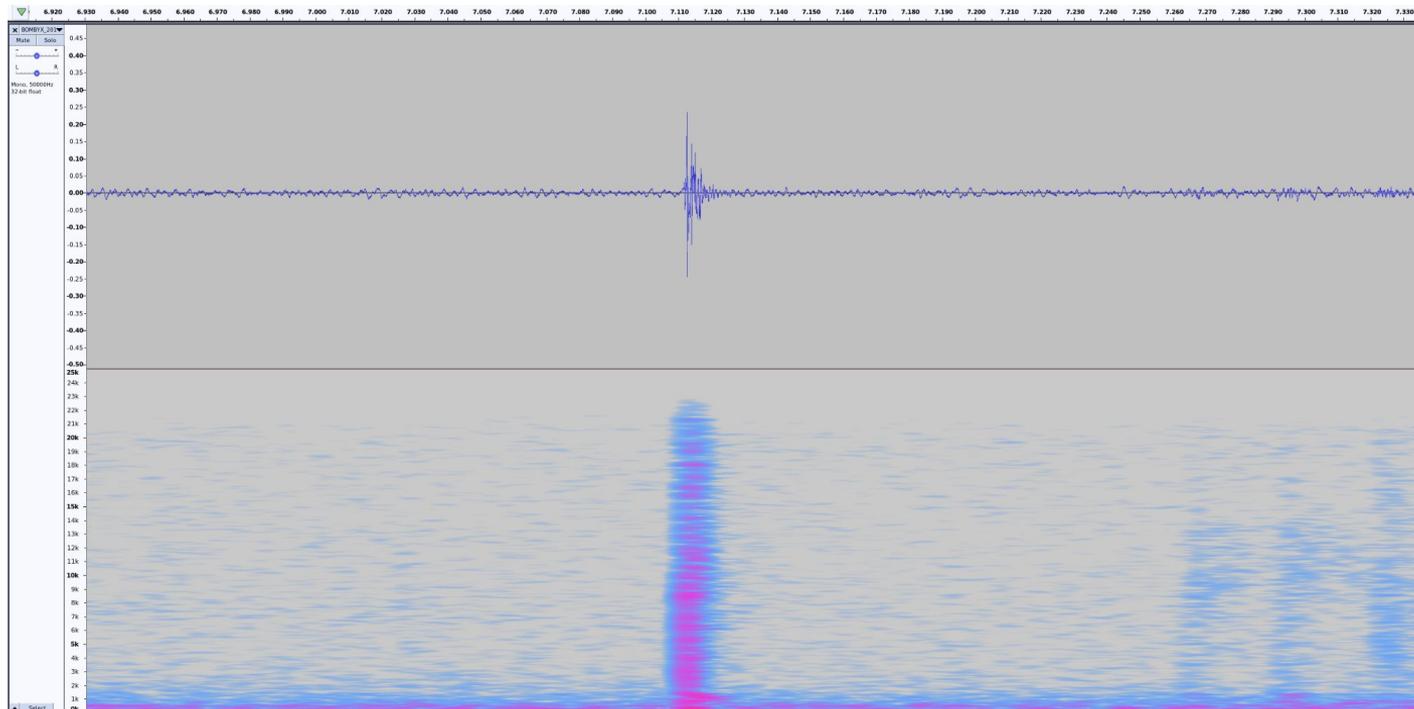
	date	proba
	2022-07-29 04:09:19	1
	2022-08-06 21:09:36	1
	2022-08-06 22:09:37	1
	2022-08-07 06:09:37	1
	2022-08-12 13:09:44	1
	2022-08-13 22:09:47	1
	2022-08-20 21:09:48	1
	2022-08-23 05:09:46	1

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

# Détection de clics de cachalot



Qu'est ce qu'un clic ?

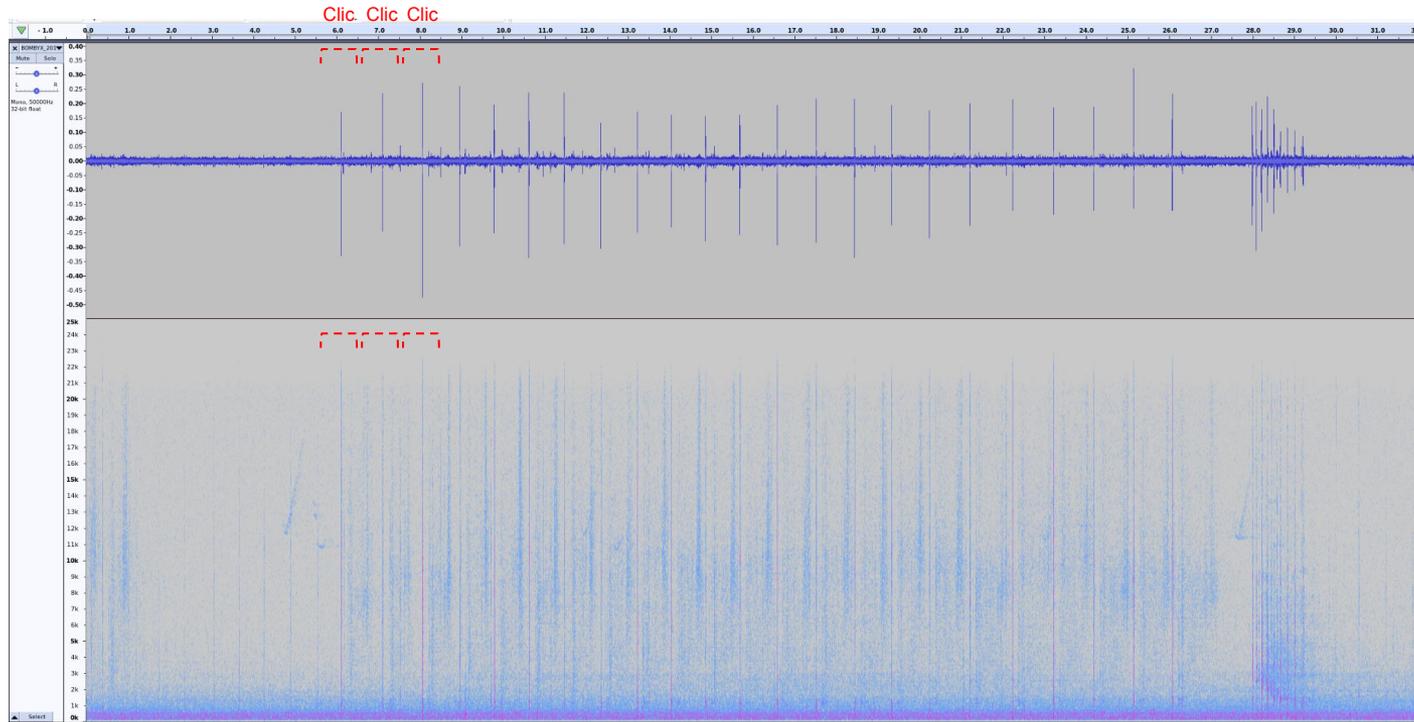


# Détection de clics de cachalot



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

20220728\_000918UTC



# Rapport de détection



## Format des rapports envoyés

- Date et Heure
- Probabilité de présence P

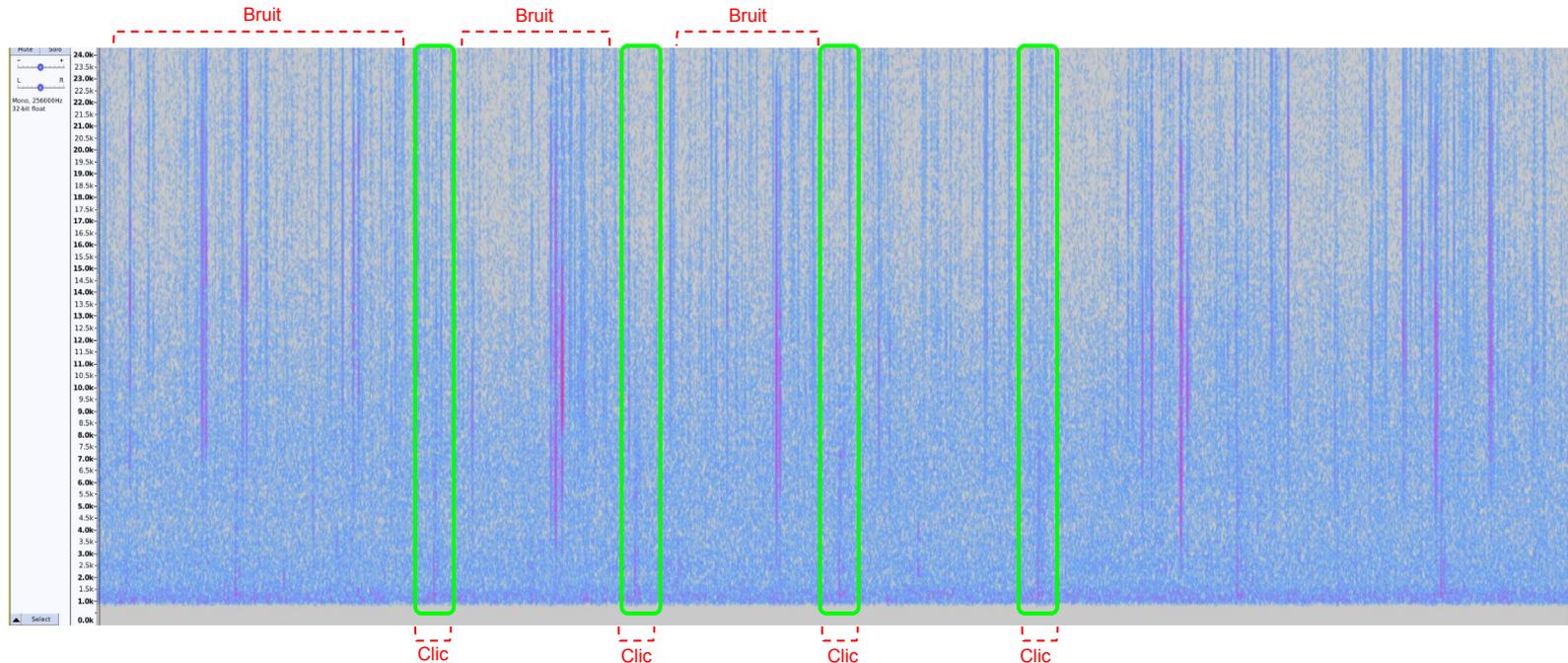
date	sec	P(cachalot)
20220728_000918UTC_V12.wav	160	0.3529639
20220728_000918UTC_V12.wav	165	0.017730286
20220728_000918UTC_V12.wav	170	0.343511
20220728_000918UTC_V12.wav	175	0.03539723
20220728_000918UTC_V12.wav	180	0.08584233
20220728_000918UTC_V12.wav	185	0.917102
20220728_000918UTC_V12.wav	190	0.07624311
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 clics de cachalot

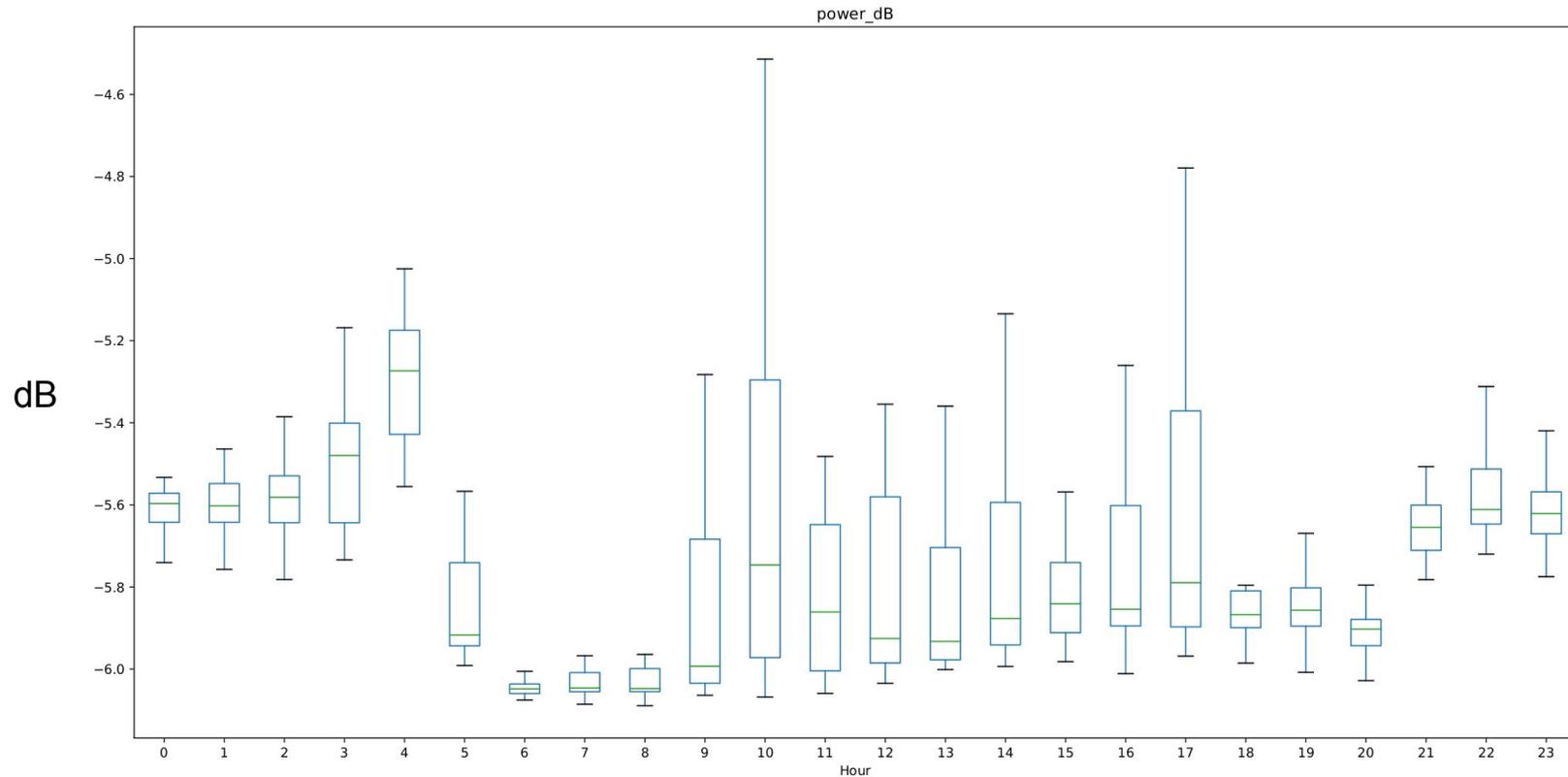


## Détection de trains détections de clics difficiles



- Bruit de fond très différent entre Bombyx 1 et Bombyx 2 (profondeur, bruit de poissons...).

# Analyse du bruit de Bombyx2 en cycle 24h



# Détection de clics de cachalot



## Re-entraînement du modèle

- Avec la même architecture
- Ne plus être perturbé par ces bruits de ce site
- Utilisation du bruit de bombyx 2 + clics de BOMBYX1

=> Les fichiers contenant des trains de clics de cachalots sont détectés.



# Détection de clics de cachalot



## Message à retenir

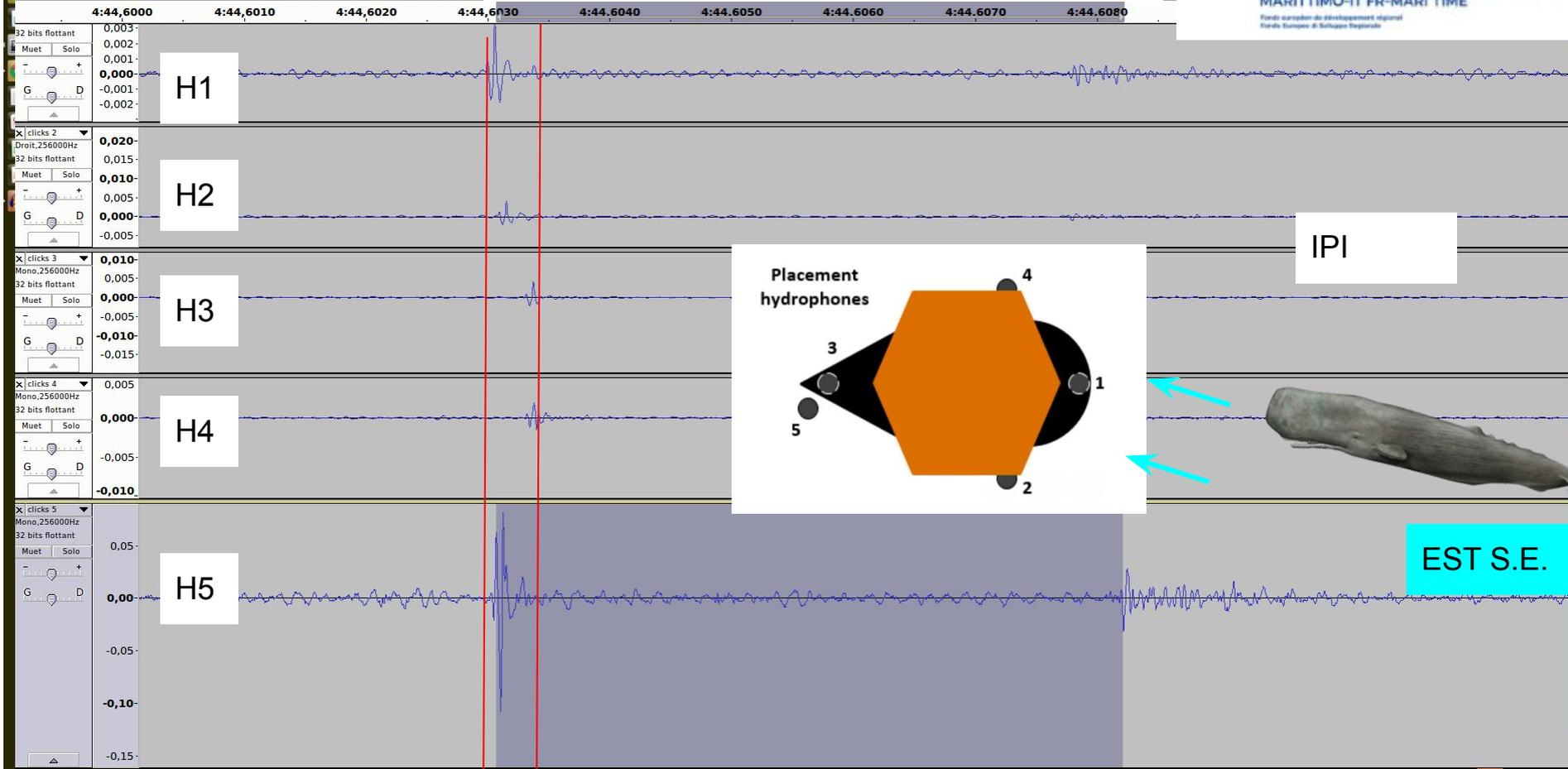
- 7 fichiers contenant des trains de clics cachalots ont été trouvés
- Pour améliorer les performances, le modèle a besoin d'enregistrement du bruit de fond préalable

Les premiers enregistrements BOMBYX2 sont utilisés pour améliorer la prochaine pose

=> retrain des CNN v2 et repose fin septembre dans BOMBYX2.1 et BOMBYX2.2

Localisation, azimuth  
par différence des temps,  
ou des phases

# exemple de MESURE TDoA de CACHALOT

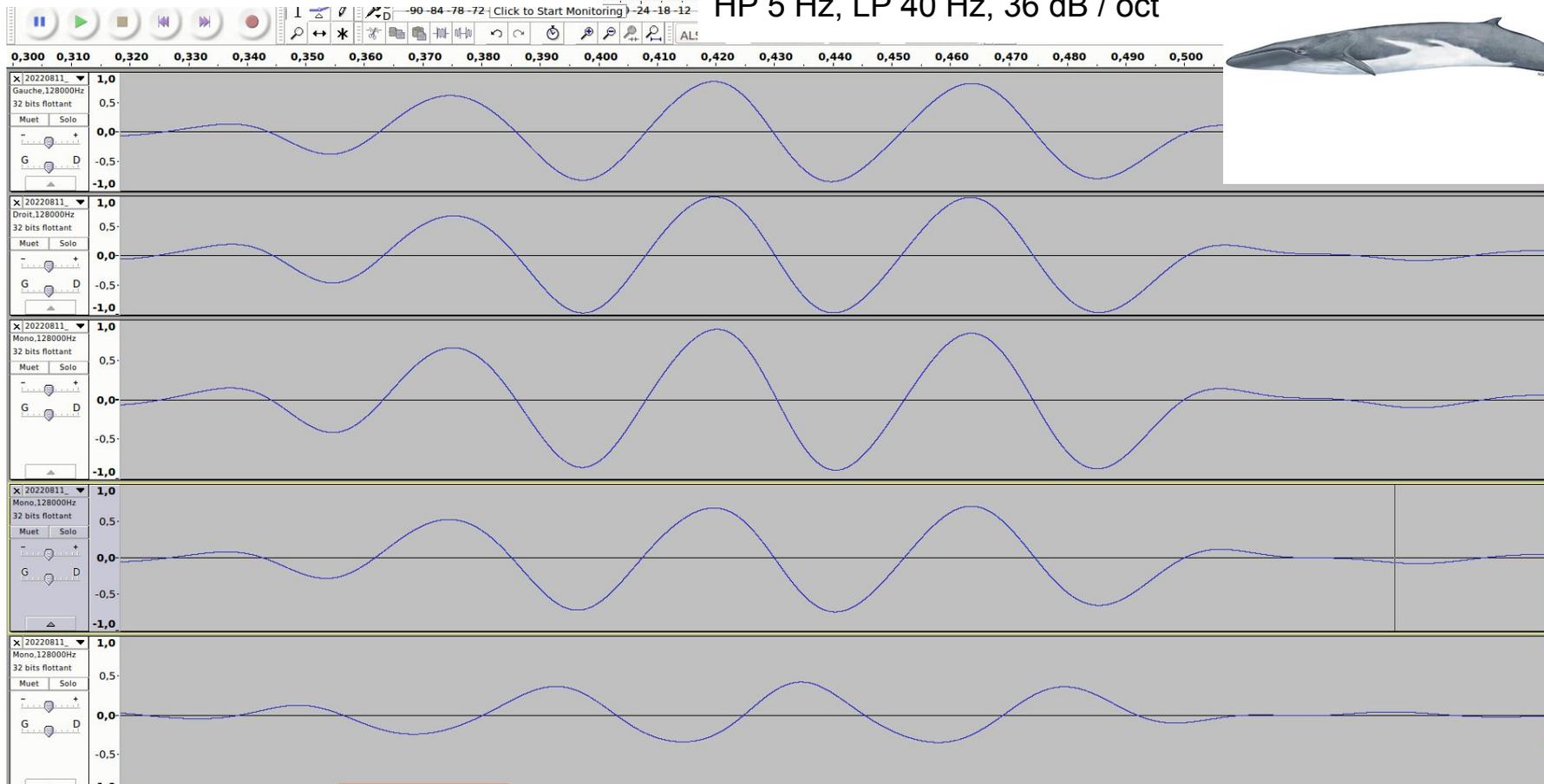


Projet à : 25600C  
Aligner à : Éteint  
Début de la sélection : 00 h 04 m 44.603 s  
Fin : 00 h 00 m 00.005 s  
Durée : 00 h 00 m 00.000 s  
Position audio :

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

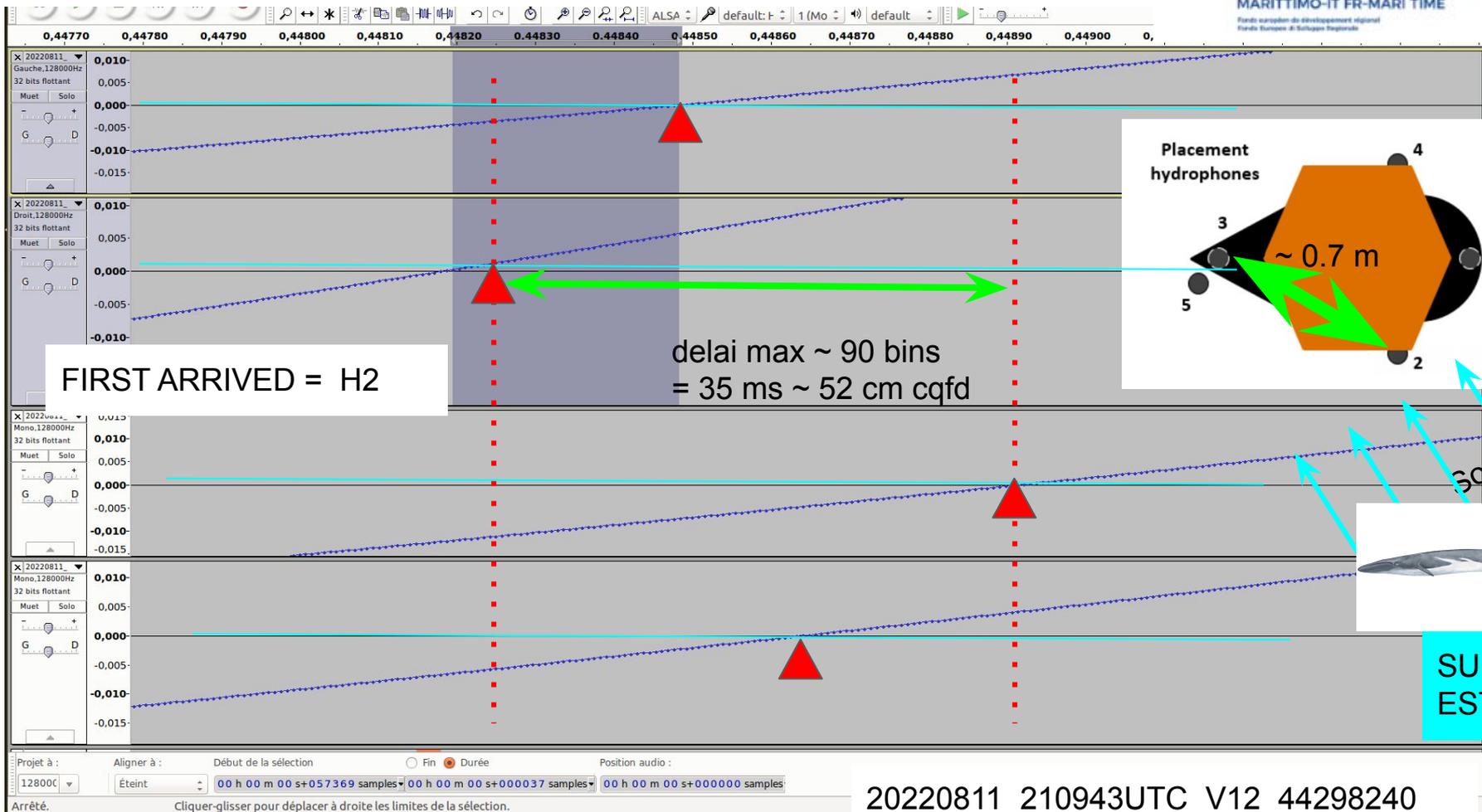
20220811\_210943UTC\_V12\_44298240

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

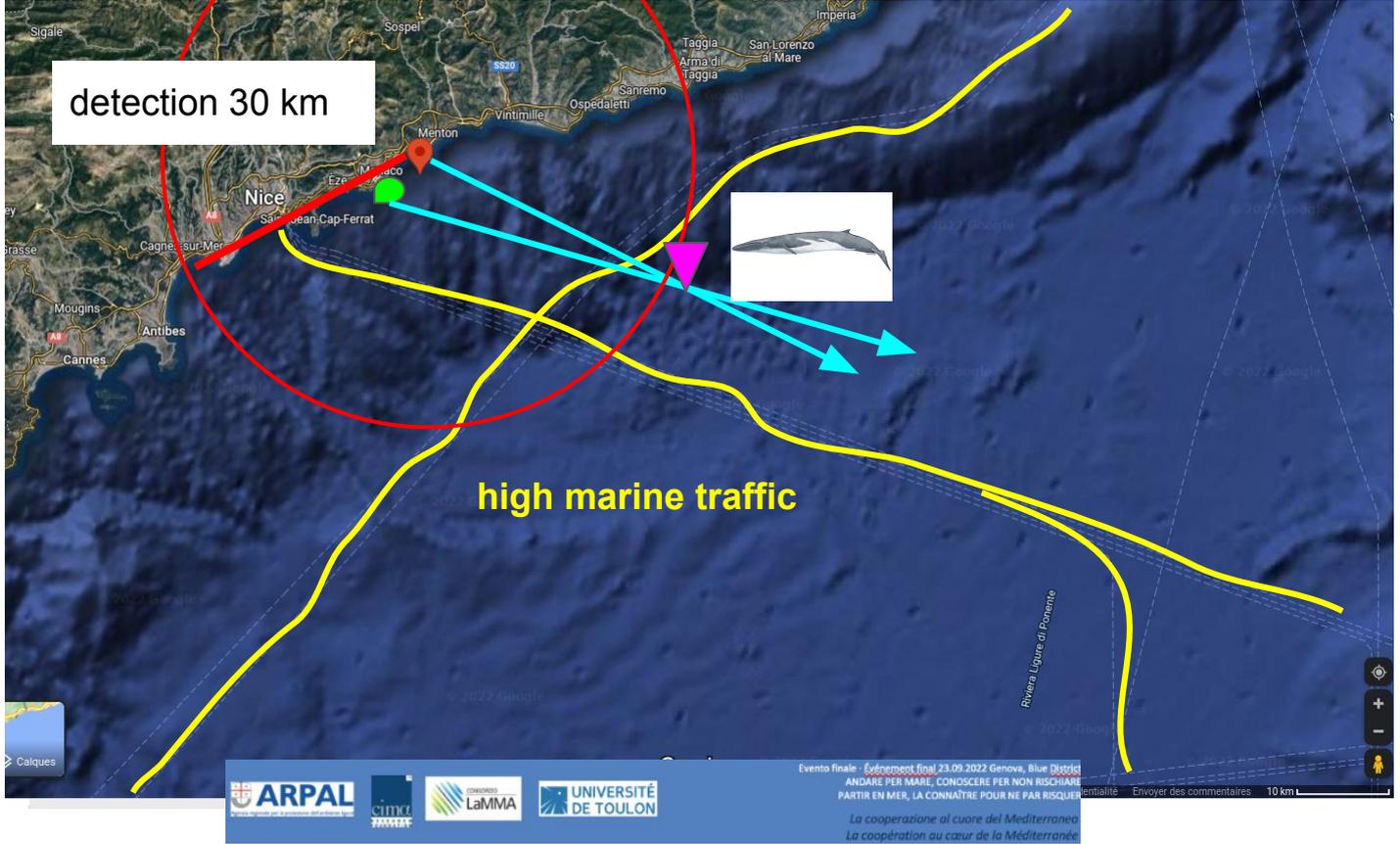


Projet à : 128000 Hz  
Aligner à : Début de la sélection  Fin  Durée  
Position audio : 00 h 00 m 00 s +068606 samples | 00 h 00 m 00 s +000000 samples | 00 h 00 m 00 s +000000 samples

Arrêté. Click and drag to select audio, Ctrl-Click to scrub, Ctrl-Double-Click to scroll-scrub, Ctrl-drag to seek



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



Mme Hélène LABACH,  
Directrice de MIRACETI  
hlabach@miraceti.org  
06 36 50 03 03

A La Couronne, le 09 mars 2021

## Usage of BOMBYX via REPCET :

Objet : **Manifestation d'intérêt**

Logs each 5 minutes rec, 10 Mo :

Fin/Phy.log

t1 p1

t2 p2

...

tn pn

20220728_000918UTC_V12.wav	155	0.30639090
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

+ wav cut centered in ti

Madame, Monsieur,

Par la présente, je souhaite manifester l'intérêt de notre association MIRACETI pour des données scientifiques issues de l'observatoire acoustique Bombyx déployé par le Laboratoire d'Informatique et Systèmes de l'Université de Toulon (Pr. Hervé Glotin).

En effet, dans le cadre de notre programme « Navigation commerciale et cétacés » nous sommes référent scientifique pour le logiciel REPCET ([www.repcet.com](http://www.repcet.com)) qui tend à limiter le risque de collision entre les grands cétacés et les gros navires. Actuellement, le logiciel permet, en temps réel, de signaler et partager entre usagers des positions des cétacés repérés visuellement par les personnels de quart des navires équipés du système (le réseau REPCET comptabilise à ce jour 40 navires de commerce et d'Etat). Pour enrichir le logiciel, nous souhaitons expérimenter l'intégration de nouvelles données issues notamment de détections acoustiques. Ainsi, nous serions intéressés par certaines informations pouvant être extraites des algorithmes des bouées de l'observatoire Bombyx :

- L'espèce détectée (cachalot ou rorqual) ;
- La date et l'heure de la détection ;
- La localisation lors de la détection ;
- Le cap et la vitesse des animaux ;
- Un échantillon de signal pour assurer la véricité de la détection ;

Nous ne doutons pas de la valeur ajoutée que constituent ces données dans un contexte où les espèces sont de plus en plus soumises aux pressions anthropiques.

Pour servir ce que de droit,

Hélène LABACH,  
Directrice de MIRACETI





Interreg



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fonds européen de développement régional  
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale

# Merci de votre attention



FIN