



**Unité RDT/Laboratoire d'Hydrodynamique Marine**

**K. MEHRING, G. DAMY, S CHALONY, M TRASCH, J CAVERNE, V PERIER REM/RTD/LHYMAR**

Rapport RDT/LHYMAR 23\_055

# PROJET FEAMP/Tsunami

## TECHNOLOGIE DE STRUCTURES NOUVELLES POUR UNE AQUACULTURE EN MER

**Rapport d'expérimentation in-situ  
Campagnes 2021 et 2022**

## Fiche documentaire

<b>Titre du rapport :</b> TSUNAMI - Rapport d'expérimentation in-situ Campagne 2021 et 2022	
<b>Référence interne :</b> REM/RDT/LHYMAR 23-055  <b>Diffusion :</b> <input checked="" type="checkbox"/> libre (internet)  <input type="checkbox"/> restreinte (intranet) – date de levée d'embargo : AAA/MM/JJ  <input type="checkbox"/> interdite (confidentielle) – date de levée de confidentialité : AAA/MM/JJ	<b>Date de publication :</b> 2023/09/27  <b>Version :</b> 1.0.0  <b>Référence de l'illustration de couverture</b> Crédit photo/titre/date  <b>Langue(s) :</b> Fr
<b>Résumé/ Abstract :</b>	
<b>Mots-clés/ Key words :</b> Données ADCP, pression, tension, GPS, cyclone, cage, Caraïbes	
<b>Comment citer ce document :</b>	
<b>Disponibilité des données de la recherche :</b>	
<b>DOI :</b>	

<b>Commanditaire du rapport :</b>	
<b>Nom / référence du contrat :</b>	
<input type="checkbox"/> Rapport intermédiaire (réf. bibliographique : XXX) <input type="checkbox"/> Rapport définitif (réf. interne <b>du rapport intermédiaire</b> : R.DEP/UNIT/LABO AN- NUM/ID ARCHIMER)	
<b>Projets dans lesquels ce rapport s'inscrit</b> (programme européen, campagne, etc.) :	
FEAMP	
<b>Auteur(s) / adresse mail</b>	<b>Affiliation / Direction / Service, laboratoire</b>
Kevin Mehring Kevin.mehring@ifremer.fr	REM/RDT/LHYMAR
Gilbert Damy Gilbert.damy@ifremer.fr	REM/RDT/LHYMAR
auteur 3	
auteur 4	
<b>Encadrement(s) :</b>	
<b>Destinataire :</b>	
<b>Validé par :</b>	

## Sommaire

### Table des matières

<b>1</b>	<b>Présentation.....</b>	<b>5</b>
1.1	Campagne TSUNAMI 2021.....	5
1.2	Campagne TSUNAMI 2022.....	5
1.3	Lieu et contexte d'expérimentation .....	5
<b>2</b>	<b>Moyens de mesure déployés.....</b>	<b>7</b>
2.1	AWAC Nortek.....	7
2.2	Capteur de pression.....	8
2.3	Capteurs de tension.....	9
2.4	Capteurs GPS.....	10
<b>3</b>	<b>Résultats .....</b>	<b>12</b>
3.1	Immersion faible - 6 mètres.....	14
3.2	Immersion profonde – 20 mètres.....	16
3.3	Surface .....	17
3.4	GPS.....	18
3.5	Analyse.....	21
3.6	Rôle du lest de 300 kg.....	22
<b>4</b>	<b>Références .....</b>	<b>23</b>

# 1 Présentation

Le projet TSUNAMI comporte deux campagnes prévues sur les mois de septembre à novembre, visant à mesurer l'environnement marin et le comportement de cages d'aquaculture lors d'événement cyclonique.

## 1.1 Campagne TSUNAMI 2021

La campagne 2021 s'est déroulée du 15 août au 2 décembre 2021, avec un démarrage effectif de tous les capteurs prévus à partir du 1<sup>er</sup> septembre.

## 1.2 Campagne TSUNAMI 2022

La campagne 2022 s'est déroulée du 1<sup>er</sup> septembre au 2 décembre 2022, avec un démarrage effectif de tous les capteurs prévus à partir du 1<sup>er</sup> septembre.

## 1.3 Lieu et contexte d'expérimentation

Les cages instrumentées sont celles du producteur du Parc Aquacole de Guadeloupe, OCEAN. La concession aquacole en mer est située au large de Pointe Noire, à environ 800 mètres de la côte. Au nombre de six, une seule cage a été instrumentée, choisie pour sa position à priori plus exposée aux houles et courants cycloniques. La concession est globalement orientée selon un axe NNO-SSE de 160° - 340°.

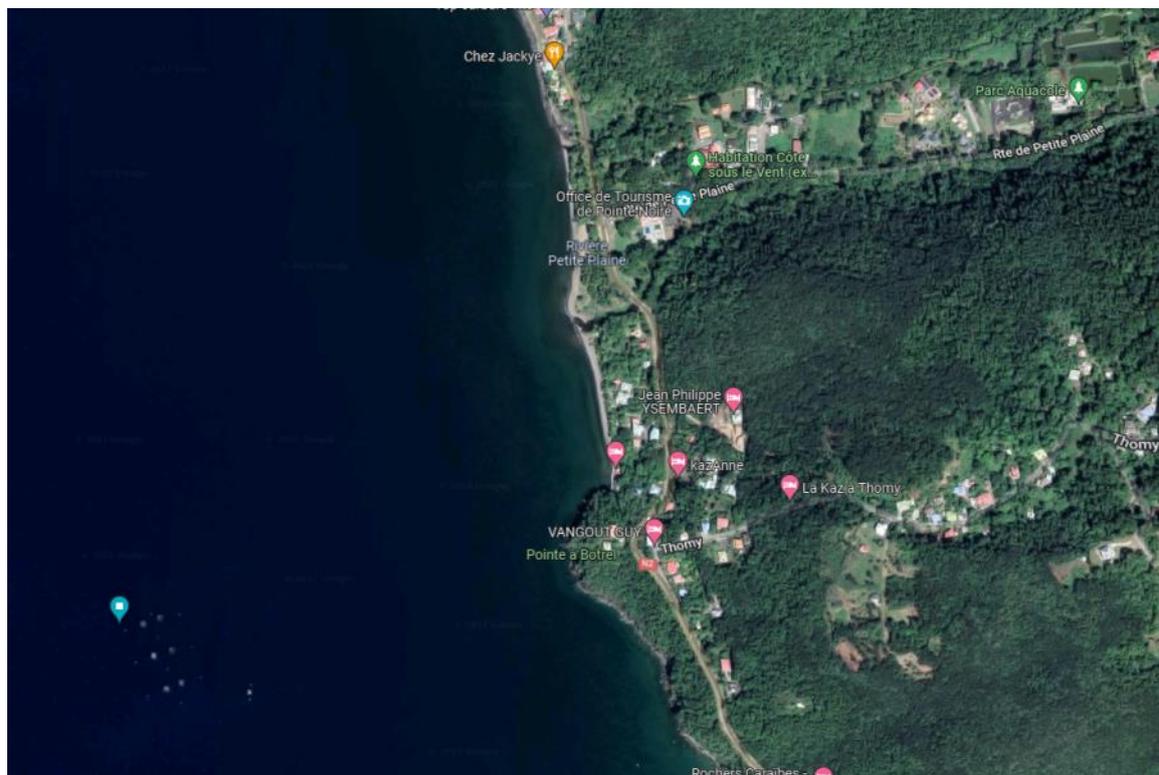


Figure 1 - Localisation de la concession aquacole OCEAN par rapport à la côte guadeloupéenne

La cage n°2 a été choisie, ainsi que ses 3 bouées annexes OPA 1, OPA 2 et OPA 0, située à l'extrémité Sud Ouest de la concession.

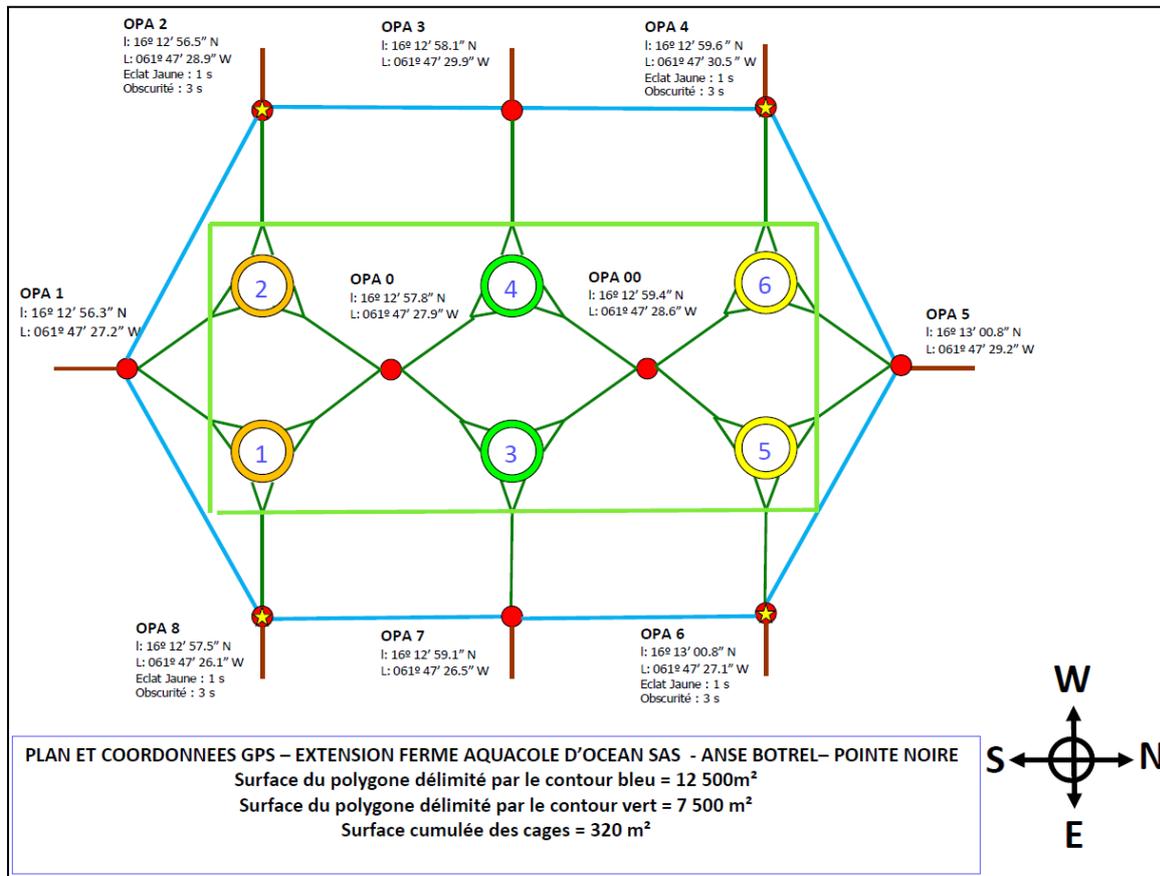


Figure 2 - Concession aquacole OCEAN

## 2 Moyens de mesure déployés

De façon à obtenir suffisamment de mesures utilisables pour les calibrations des modèles numériques, il a été choisi de mesurer l'environnement, et la réponse de la structure par le biais de sa profondeur dans l'eau (capteur pression), la position en surface des bouées et les tensions dans les ancrages autour d'une seule cage.

Par souci d'autonomie des capteurs, les capteurs SF sont déclenchés manuellement avant événement cyclonique lors de l'immersion des cages. Les capteurs de pression ainsi que les rovers GPS sont déclenchés à terre puis installés sur la cage et bouées de surface lors de cette même opération.

### 2.1 AWAC Nortek

La mesure météoocéan a été assurée par le prestataire Nortek Med. Un AWAC 600 kHz, adapté à la profondeur d'eau locale, a été placé en bordure de concession du 01/09/2021 au 02/12/2021, puis du 01/09/2022 au 02/12/2022.

La localisation précise du point de mesure est indiquée ci-après. Les coordonnées géographiques sont exprimées en WGS84. La précision de la localisation est de  $\pm 1$  m.

<i>Point de mesure</i>	<i>Latitude WGS84</i>	<i>Longitude WGS84</i>	<i>Durée d'acquisition</i>
AWAC 600 kHz - 2021	16°12'59.5''N	61°47'26.0''O	93 jours
Signature 500 kHz - 2022	16°13'00.8''N	61°47'31.8''O	92 jours

Figure 3 - Localisation du point de mesure en WGS84

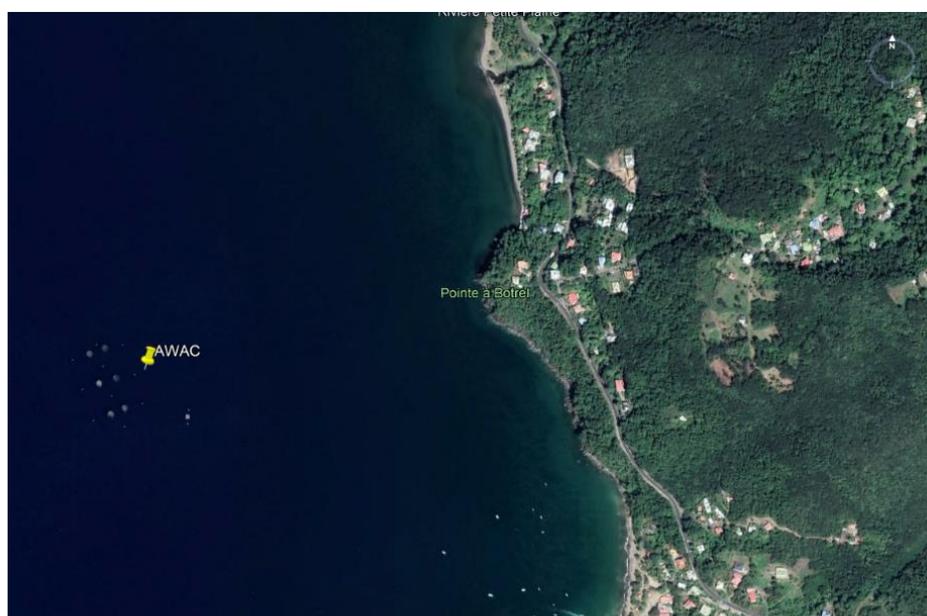


Figure 4 - Emplacement du point de mesure AWAC

Les paramètres mesurés par l'AWAC sont :

- Vitesse du courant pour chaque couche du capteur à la surface
- Direction du courant pour chaque couche du capteur à la surface
- Niveau d'eau au-dessus du capteur (présence d'un capteur de pression)
- Température de l'eau au niveau du capteur (présence d'un capteur de température)

## 2.2 Capteur de pression

Les capteurs de pression installés sont des NKE WiSens TD 50 m, de précision 7.5 cm sur sa plage de mesure 0 – 50 mètres.

Ils ont été installés rigidement sur les anneaux PEHD de la cage : en surface à 0 m et au fond à - 10 m sur la cage.



Figure 5 - Installation du capteur de pression WisensTD sur le tore lesté en bas de la cage

### 2.3 Capteurs de tension

Les capteurs de tension sont des NKE SF10, de rupture 20 tonnes. Lors de la campagne 2021, ceux-ci ont été installés à chaque brin de haussière reliant la cage aux 3 bouées annexes, soit 6 capteurs.

Lors de la campagne 2022, seuls 3 capteurs SF 5 tonnes ont été installés sur les haussières au plus près des bouées OPA pour parer aux erreurs d'installation de 2021. Leur disposition n'est pas détaillée ici en l'absence de données.



Figure 6 - SF10 sur haussière - Montage parallèle



Figure 7- SF10 sur haussière - Montage parallèle

La Figure 8 présente l'implantation des capteurs SF lors de la campagne 2021:

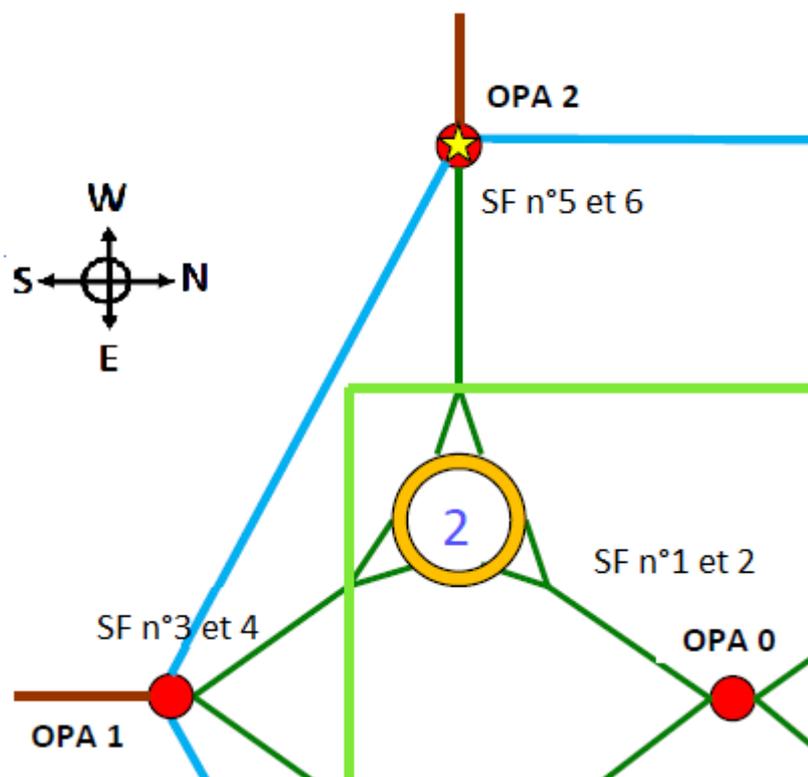


Figure 8 - Implantation des capteurs de tension SF 2021

## 2.4 Capteurs GPS

Les capteurs GPS ont été développés par la société ACTRIS à Guipavas, Finistère. Ceux-ci sont constitués de 3 rovers et d'une base à terre permettant d'envoyer les corrections RTK aux rovers, positionnés sur les bouées. Ils sont fixés solidairement sur 3 bouées autour d'une cage par le biais de châssis métalliques.

Ceux-ci, en correction RTK locale, donnent une position de leur bouée avec une précision de:

- Horizontale de 3 cm
- Verticale de 10 cm

La base a été installée à 60 mètres d'altitude vis-à-vis des cages, l'antenne radio envoyant les corrections dirigée vers la concession en mer comprenant les cages aquacoles, dans le cône d'émission caractéristique.

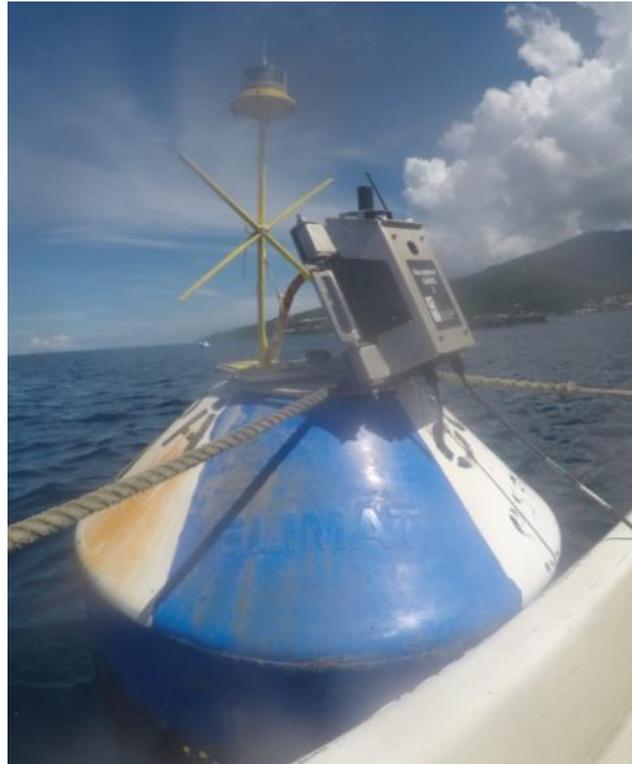


Figure 9 - Rover GPS sur bouée OPA 2 dans son chassis

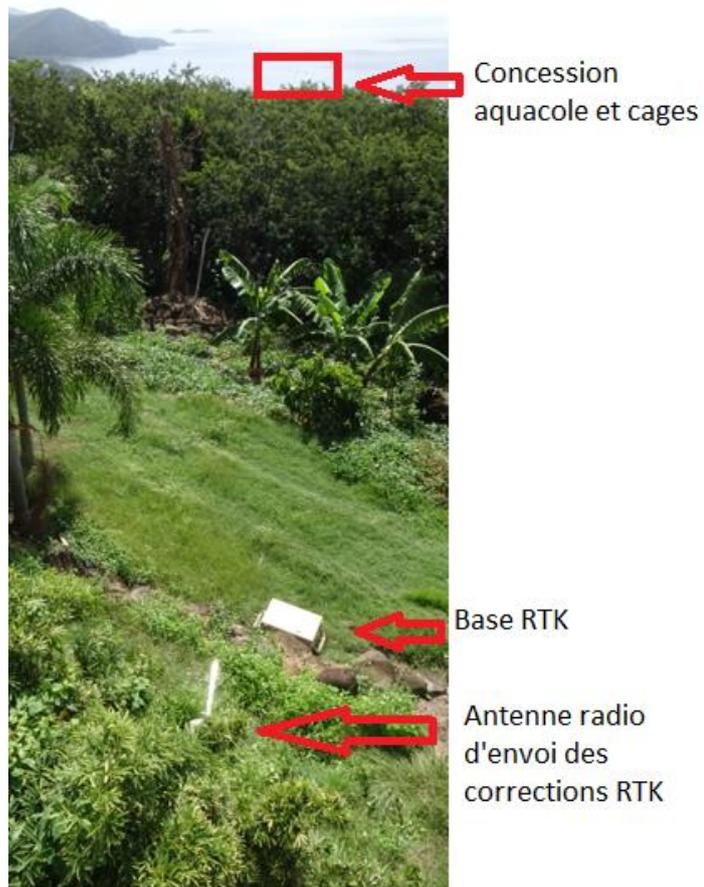


Figure 10 - Installation à terre de correction GPS RTK

### 3 Résultats

Un rapport d'analyse des données de houle et courant a été fourni par NortekMed pour chaque campagne de mesure (AF1740\_CourantHoule\_SeptDec2021\_00A, 22/12/2021 et AF1740\_Rapport\_CourantHoule\_SeptDec2022\_00A, 07/03/2023). Ce document reprend en partie et complète ces analyses.

En l'absence d'évènement cyclonique sur ces deux campagnes, il a été choisi en fin de campagne 2021 d'immerger une seule des cages, par souci opérationnel de l'aquaculteur, et de déclencher les capteurs. Il en a résulté un cas d'usage chimérique de la concession aquacole, alors que normalement toutes les cages sont dans le même état, immergé ou en surface.

Il est à noter les dysfonctionnements des capteurs suivants lors de cette expérimentation :

- les capteurs SF 1 et 2 ont été mal installés et n'ont mesuré que leur propre poids
- le capteur SF 6 a subi des dégâts biologiques et ses données ont été perdues
- le capteur GPS de la bouée OPA 2 n'a fonctionné que 15 minutes après son installation. Il ne peut alors donner que des informations lors de la phase « Surface ».

La Figure 11 présente les données générales concernant cette expérience de 48 heures.

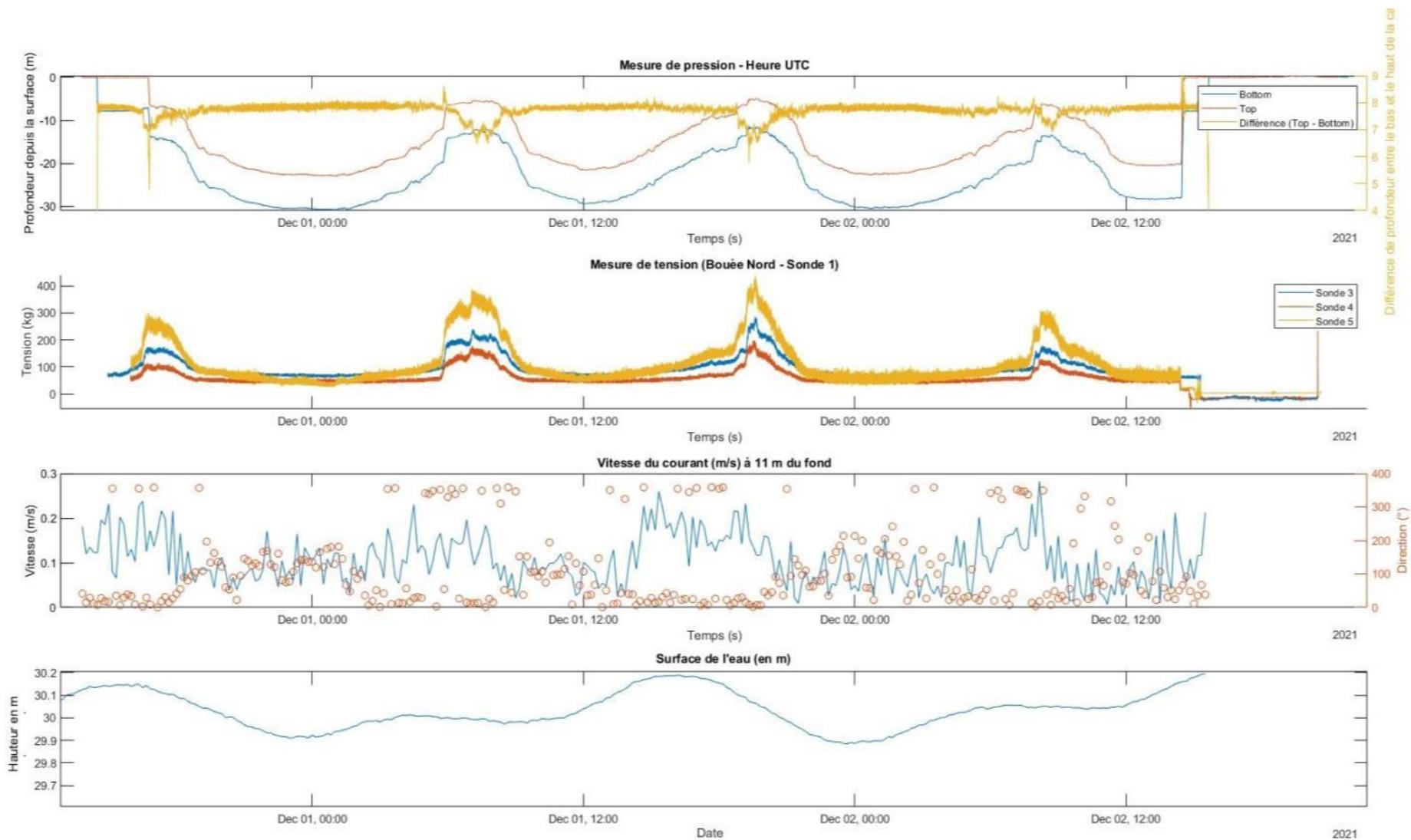


Figure 11 - Campagne 2021 - Général

Il a alors pu être observé trois phases particulières de vie de cette cage instrumentée, présentées dans les paragraphes suivants et décrites par les termes :

- Immersion Faible ou immersion 6 mètres : autour du 1<sup>er</sup> décembre 9h et 21h, puis le 2 décembre autour de 10h. Cette phase correspond aux périodes où le courant est orienté vers le Nord
- Immersion Profonde ou immersion 20 mètres : autour du 1<sup>er</sup> et 2 décembre à 00h et 12h. Cette phase correspond aux périodes où le courant est orienté vers le Sud
- Surface : à l'immersion et émergence

### 3.1 Immersion faible - 6 mètres

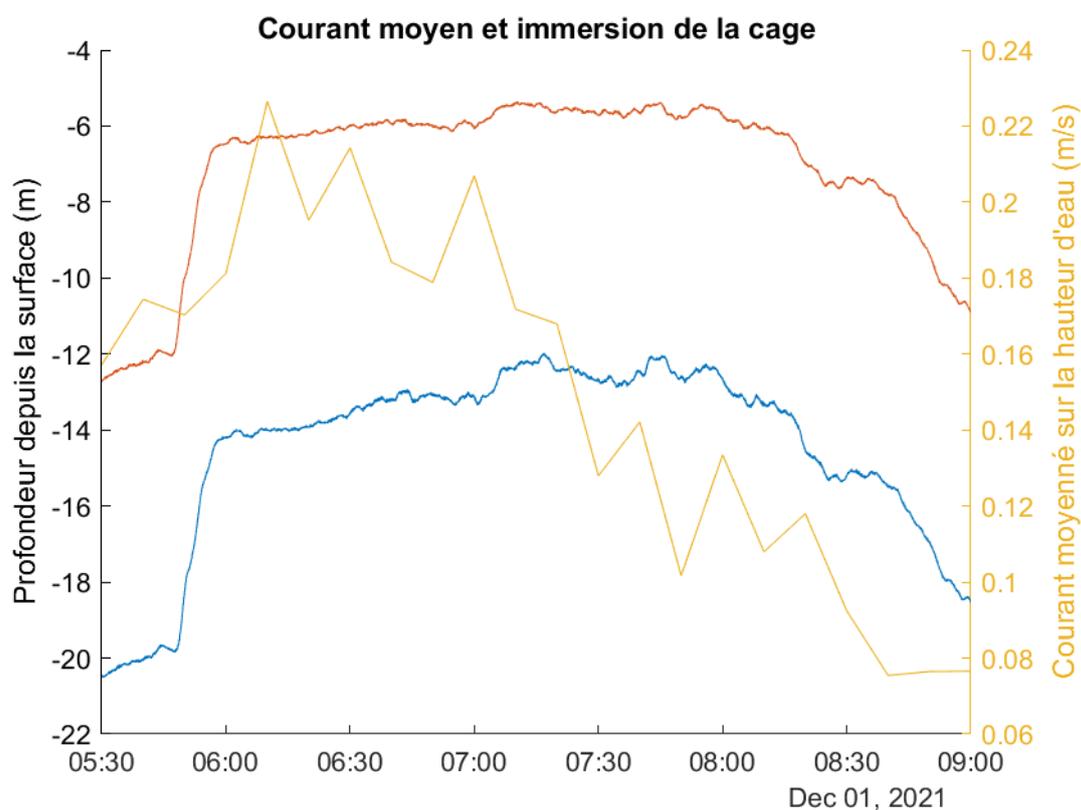


Figure 12 - Courant moyen et immersion de la cage 6 mètres (en rouge le haut, en bleu le bas)

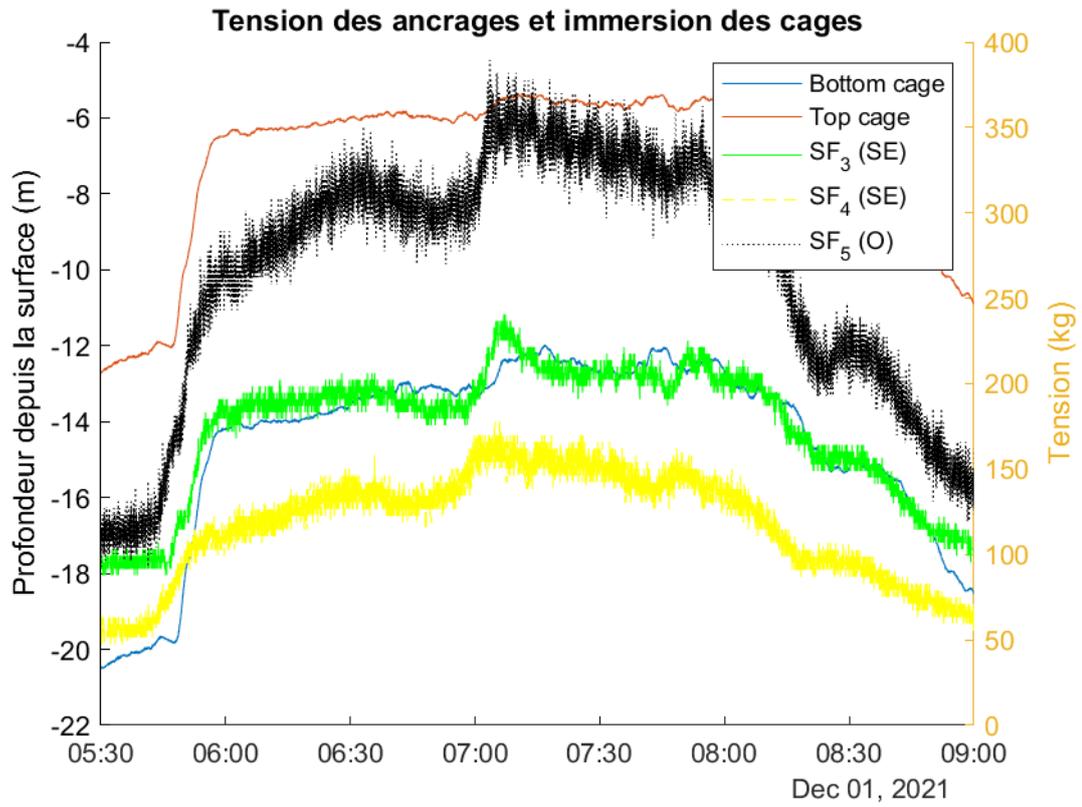


Figure 13 - Tension d'ancrage mesurée et immersion de la cage – 6 mètres (en rouge le haut, en bleu le bas)

### 3.2 Immersion profonde – 20 mètres

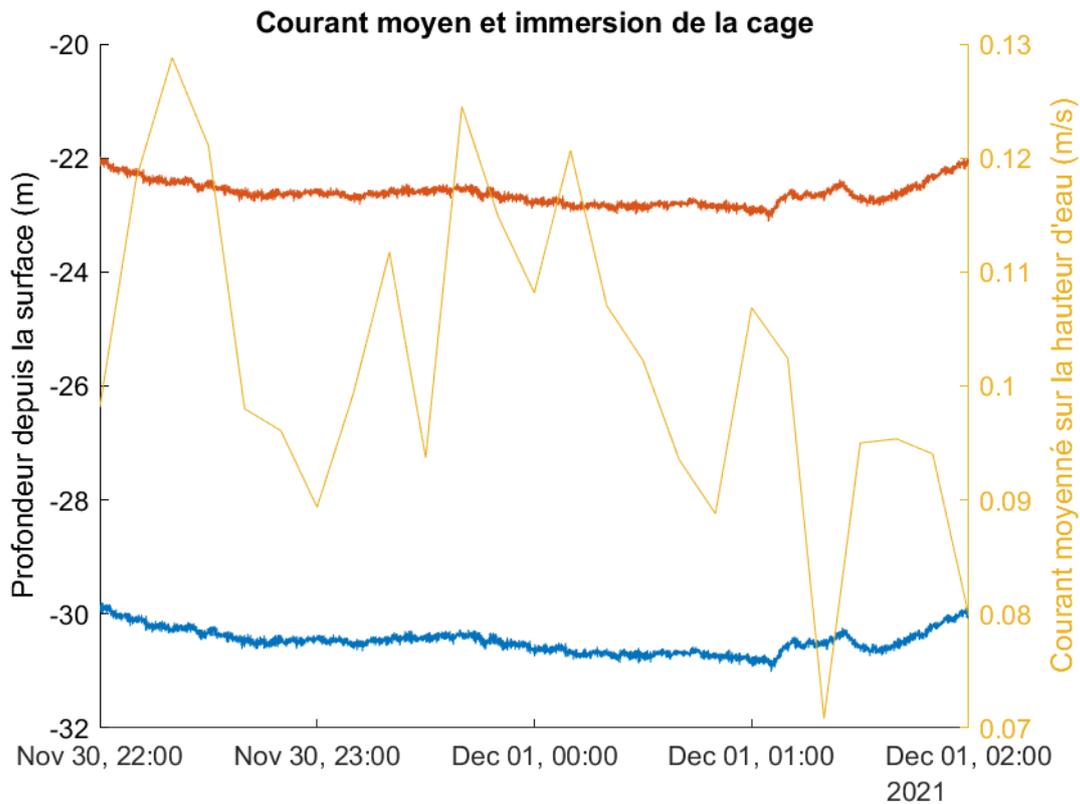


Figure 14 - Courant moyen et immersion de la cage 20 mètres (en rouge le haut, en bleu le bas)

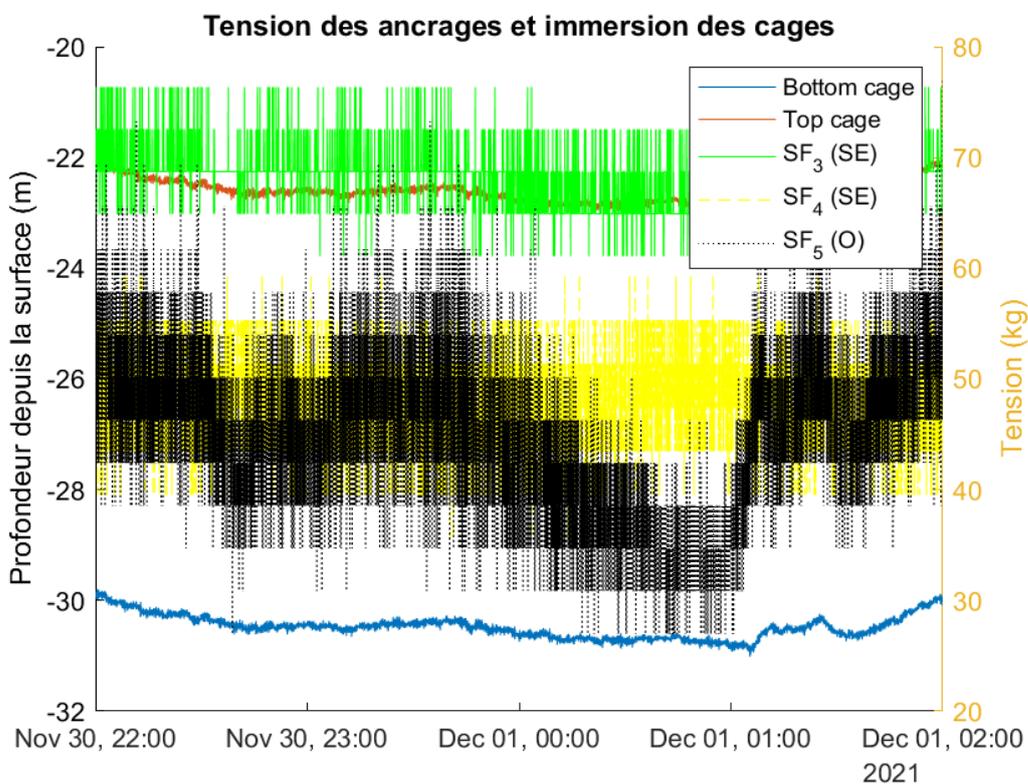


Figure 15 - Tension d'ancrage mesurée et immersion de la cage – 20 mètres (en rouge le haut, en bleu le bas)

### 3.3 Surface

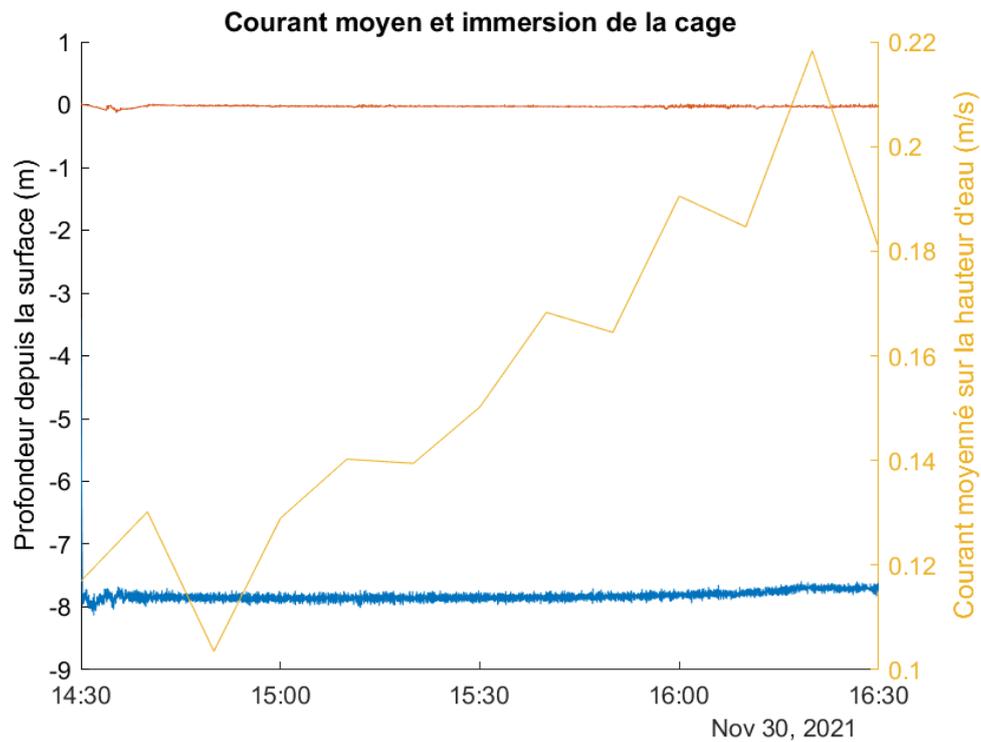


Figure 16 - Courant moyen et immersion de la cage Surface (en rouge le haut, en bleu le bas)

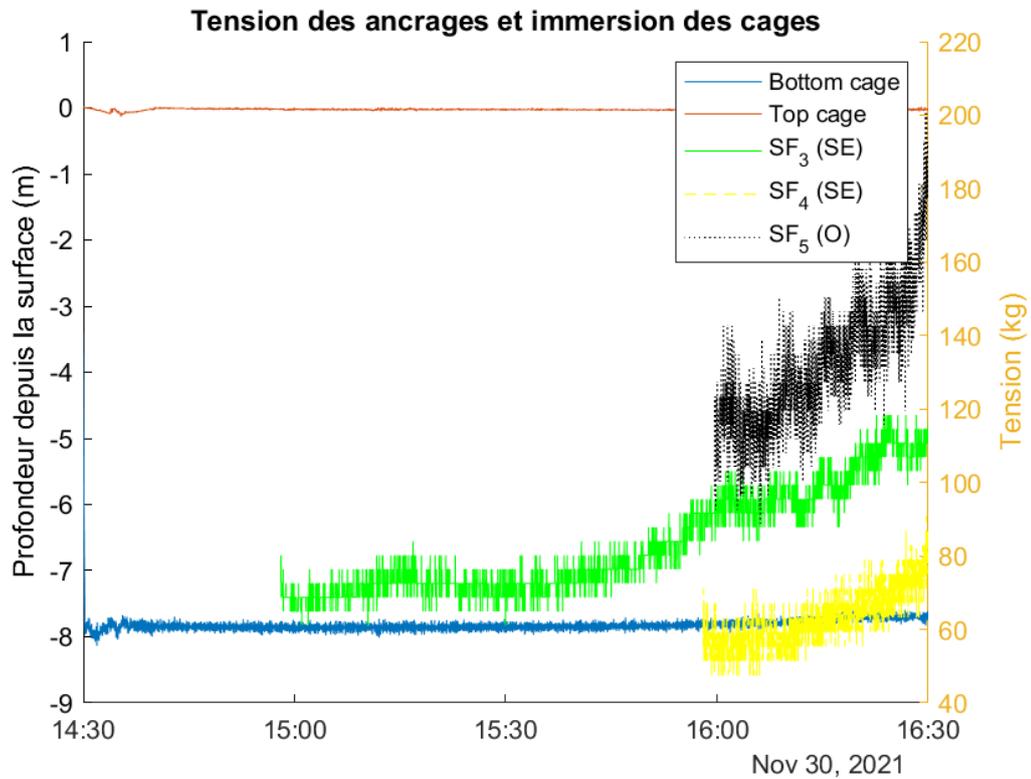


Figure 17 - Tension d'ancrage mesurée et immersion de la cage Surface (en rouge le haut, en bleu le bas)

### 3.4 GPS

Les tracés suivants sont présentés :

- Position des trois bouées lors de la période en Surface au début de l'expérimentation
- Position des bouées OPA1 et OPA2 lors des périodes d'immersion « à 6 mètres »
- Position des bouées OPA1 et OPA2 lors des périodes d'immersion « à 20 mètres »
- Position des bouées OPA1 et OPA2 lors de la remise en Surface après émergence

Il est à noter que dans les figures ci-dessous, le fond de carte satellite utilisé par souci de compréhension présente la position en surface des cages et des bouées OPA à une date bien antérieure à l'expérimentation présentée ici, et n'est donc cohérente d'aucun résultat de campagne liée au projet TSUNAMI.

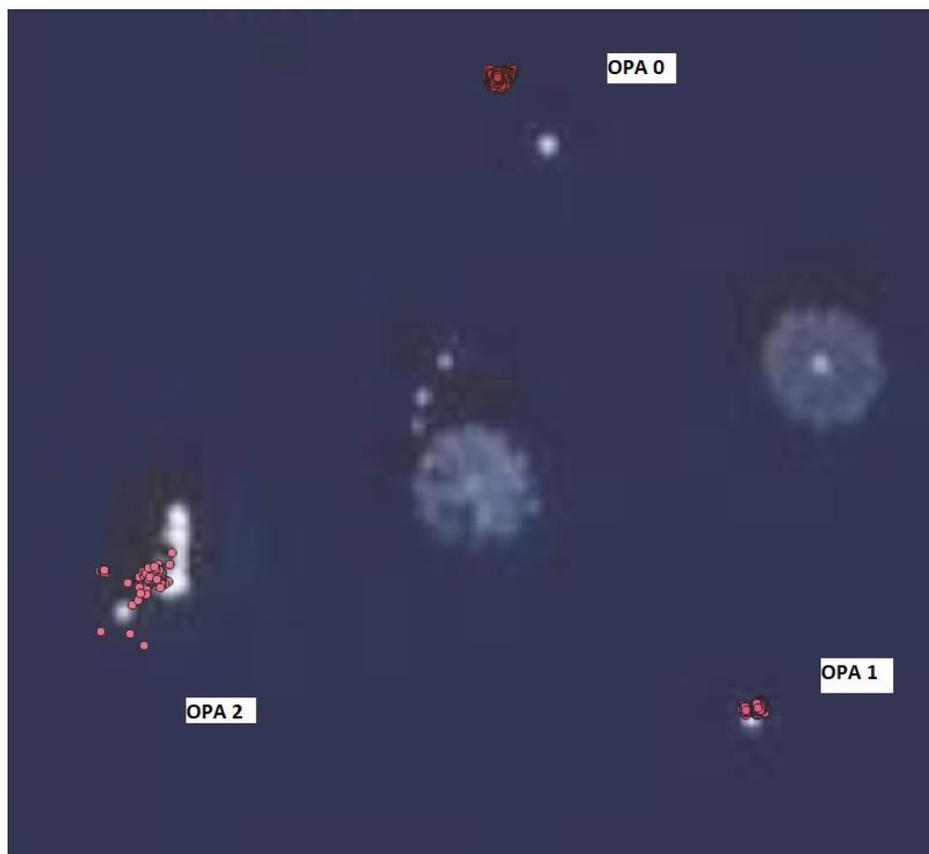


Figure 18 - Position des trois bouées lors de la période en Surface au début de l'expérimentation

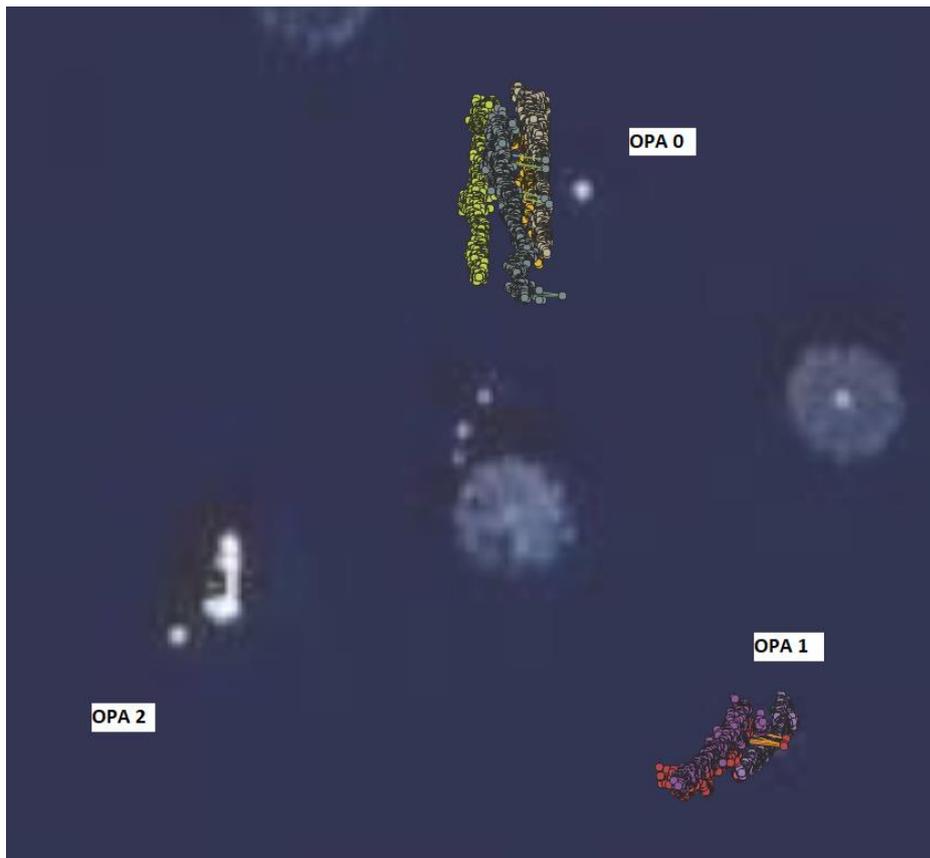


Figure 19 - Position des bouées OPA0 et OPA2 lors des périodes d'immersion « à 6 mètres »

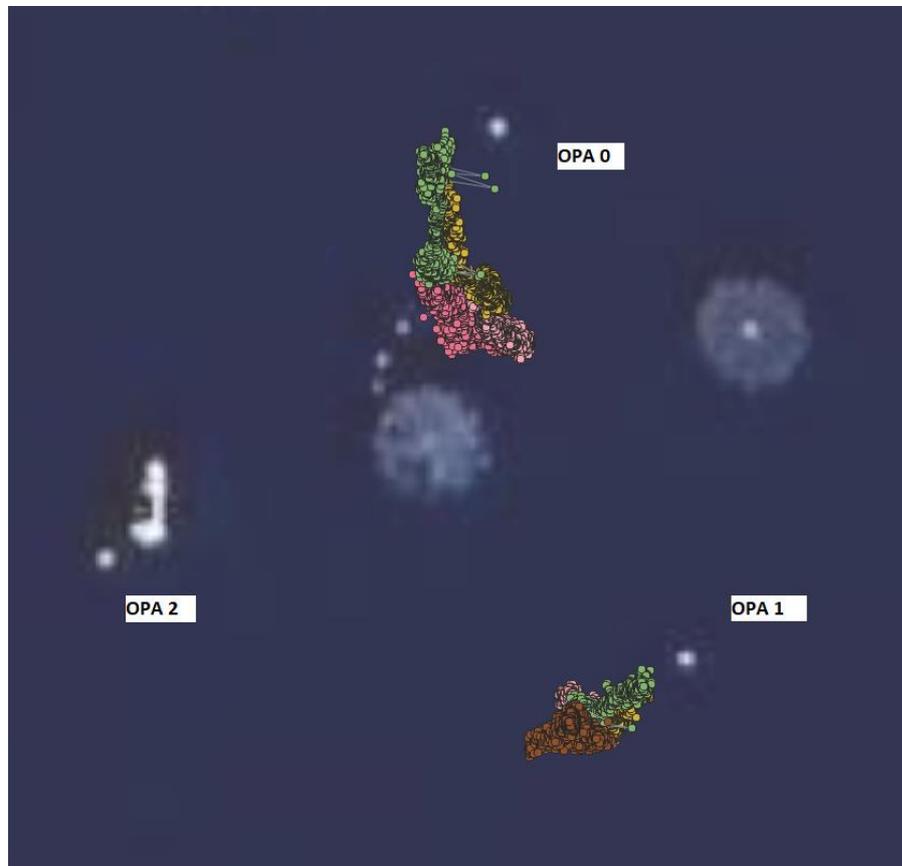


Figure 20 - Position des bouées OPA1 et OPA2 lors des périodes d'immersion « à 20 mètres »

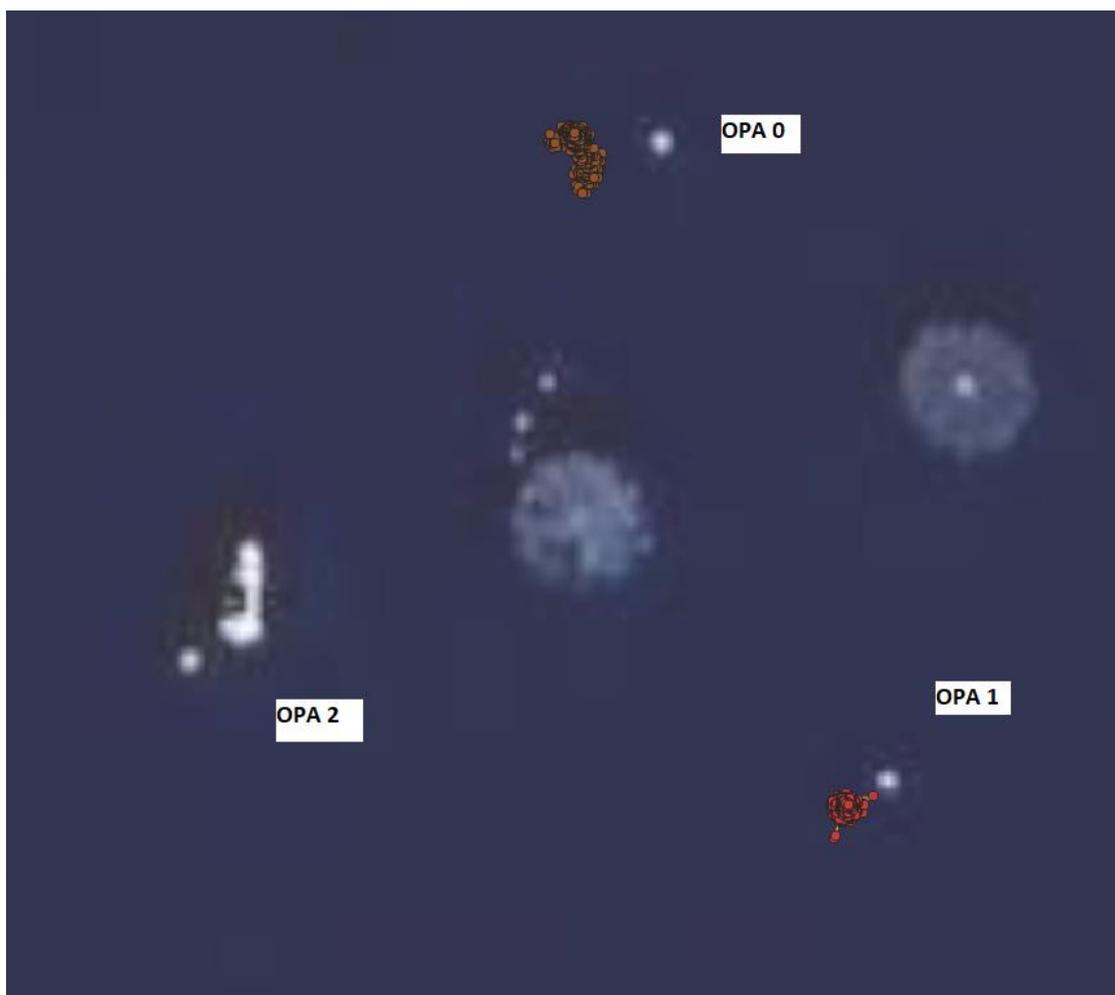


Figure 21 – Position des bouées OPA0 et OPA2 lors de la remise en Surface après émerision

### 3.5 Analyse

Pour rappel, la disposition des différents éléments constitutifs de la cage aquacole est indiquée ci-dessous en Figure 22 :

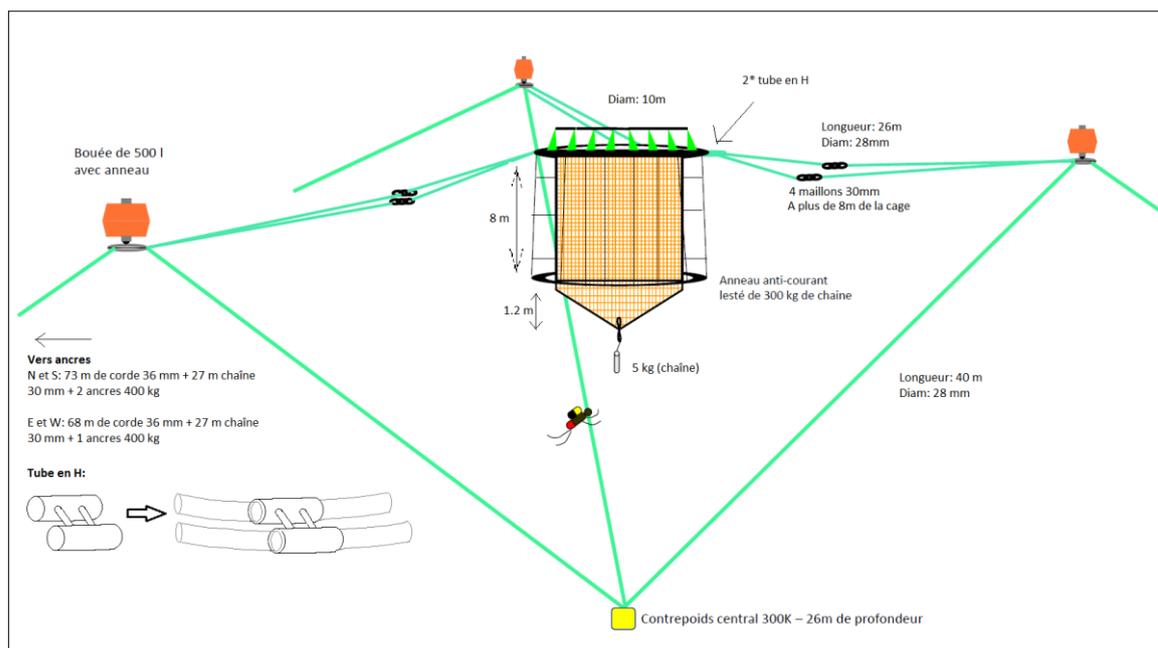


Figure 22 - Détails d'une cage aquacole

En première remarque, il doit être rappelé que le cas testé n'est pas représentatif du fonctionnement normal de la concession en cas d'alerte cyclonique car une seule cage était immergée, les cinq autres restant en surface.

**Analyse immersion 6 m :** lors de cette phase, le courant est orienté vers le Nord-Nord-Ouest (170°). La cage instrumentée n°2 étant la plus au Sud de la concession, elle subit de plein fouet le courant, ce qui crée une forte trainée sur son filet et entraîne la cage vers le Nord. Vu que la cage est retenue par la ligne OPA 1, la cage remonte mécaniquement. Ce comportement est cohérent des essais en bassin ou des simulations FEMNET (voir Ref. 5 et 6). Les haussières entre la cage et les bouées sont donc bien sollicitées, d'où les efforts de tension non nuls observés lors de cette phase.

La ligne d'ancrage de la bouée OPA 1 étant tendue, OPA 1 se déplace très peu. La ligne d'ancrage de la bouée OPA2 étant aussi soumise à ce courant, celle-ci se décale vers le nord et permet à OPA 0 d'avoir un mouvement Nord-Sud.

**Analyse immersion 20 m :** lors de cette phase, le courant est orienté vers le Sud, cela signifie donc que la seule cage immergée (n°2) était relativement protégée du courant par les autres cages situées plus au Nord, malgré l'immersion de celle-ci. Le filet reste majoritairement en place, mais comme la bouée centrale OPA 0 n'est pas mise en tension par les autres cages, sa faible raideur la rapproche de la position médiane de la cage instrumentée (voir déplacement sur la Figure 19). La cage n°2 s'enfonce pour se stabiliser aux environs de 20 mètres, probablement entraînée par son lest. Les haussières étant suffisamment longues (26 m), celles-ci ne sont pas mises en tension par la cage, d'où l'absence de mesure par les capteurs SF.

On peut supposer qu'elle se stabilise à la profondeur de 20 mètres pour la couronne supérieure car la couronne inférieure située 8 mètres plus bas pourrait être en contact des haussières du lest central.

### 3.6 Rôle du lest de 300 kg

Lors de l'essai d'immersion réalisé en 2021 sur la seule cage n°2, nous avons pu noter le rôle prépondérant du lest dans le comportement de la concession.

Dans l'hypothèse que toutes les cages soient immergées, celui-ci remplit normalement un rôle de mise en tension des bouées de la concession, et permet de découpler le mouvement des bouées de surface des mouvements des cages immergées.

## 4 Références

1. Rapport Nortek AF1740\_Rapport\_CourantHoule\_SeptDec2021\_00A
2. Rapport Nortek AF1740\_Rapport\_CourantHoule\_SeptDec2022\_00A
3. Rapport Ifremer REM/RDT/LHYMAR 23-035 Tsunami Métocéan
4. Rapport Ifremer REM/RDT/LHYMAR 23-037 Préparation des essais en bassin
5. Rapport Ifremer REM/RDT/LHYMAR 23\_014 Tsunami analyse des essais en bassin
6. Rapport Ifremer REM/RDT/LHYMAR 23\_015 Tsunami Validation du modèle FEMNET.
7. Rapport Ifremer REM/RDT/LHYMAR 23\_036 Tsunami Développement et Validation du modèle FEMNET /échelle 1.