



# Campagne de mesures de courants pour l'étude de l'hydrodynamique côtière sur la zone d'étude EMR située au large de la Bretagne Sud

## *Rapport intermédiaire de traitement des mesures de courants*

*Lot 3 – référence T3.C3*

Auteurs : S. DESMARE, G. LOPEZ, E. LE BORGNE

**Référence** : convention Shom/MTES [DGEC], SHOM n°79/2019, relative à la réalisation des études de reconnaissance environnementale de site en vue d'appels d'offres pour l'implantation d'éoliennes en mer au large des côtes françaises

## Suivi de versions

<b>Date</b>	<b>Version</b>	<b>Rédacteur</b>	<b>Commentaire</b>
28/01/2022	Version 1.0.0	S. Desmare	Version initiale
03/03/2022	Version 1.0.1	S. Desmare	Version mise à jour

## 1. Introduction

La zone d'étude pour l'implantation d'un parc éolien en mer en Bretagne Sud est située au large, à environ 14 km de l'île de Belle Ile. La zone est localisée dans le Golfe de Gascogne, où les courants observés sont de différentes natures en raison de la diversité des processus physiques qui les génèrent. Ces courants sont le résultat de la combinaison des influences de la marée, du vent, des différences de densité de l'eau de mer et de la circulation océanique grande échelle. Ils sont également contraints par les variations de bathymétrie. Globalement, sur la région nord du Golfe de Gascogne, le phénomène de la marée est le principal moteur des courants qui s'y produisent.

La variabilité du milieu océanique et la forte dynamique de la région rendent complexe la caractérisation des conditions hydrodynamiques sur la zone d'étude.

Afin de compléter la connaissance existante et de caractériser au mieux les phénomènes en jeu sur le secteur étudié, une campagne de mesures météorologiques et océanographiques a été mise en place. Cette campagne, d'une durée de 12 mois, a été mise en œuvre par la société Akrocéan, prestataire de Météo France.

Ce document constitue un rapport de campagne intermédiaire et a pour objectif de décrire les premiers éléments issus des mesures de courants collectées après plusieurs mois de mesures à la mer. L'analyse et l'exploitation des mesures collectées sur une durée de 12 mois feront l'objet de livrables supplémentaires à l'issue de la campagne.

## 2. Objectif et principe des campagnes de mesures

Les atlas de courants de marée ainsi que les approches multiples combinant les mesures, les modèles statistiques et les systèmes de prévision plus élaborés permettent d'accéder à une relative bonne connaissance du milieu. Toutefois, il est nécessaire de coupler ces éléments avec des mesures in-situ plus récentes afin de caractériser plus précisément les schémas de circulation en place sur la zone d'étude.

Deux bouées LIDAR instrumentées ont ainsi été déployées en Bretagne Sud en juillet 2020, à l'ouest de Belle Ile (Figure 1).

Les paramètres océanographiques houle, courant, niveau d'eau, température ainsi que des paramètres météorologiques (vents en altitude, humidité, etc.) ont ainsi été mesurés au niveau des 2 stations depuis juillet 2020 (Tableau 1).

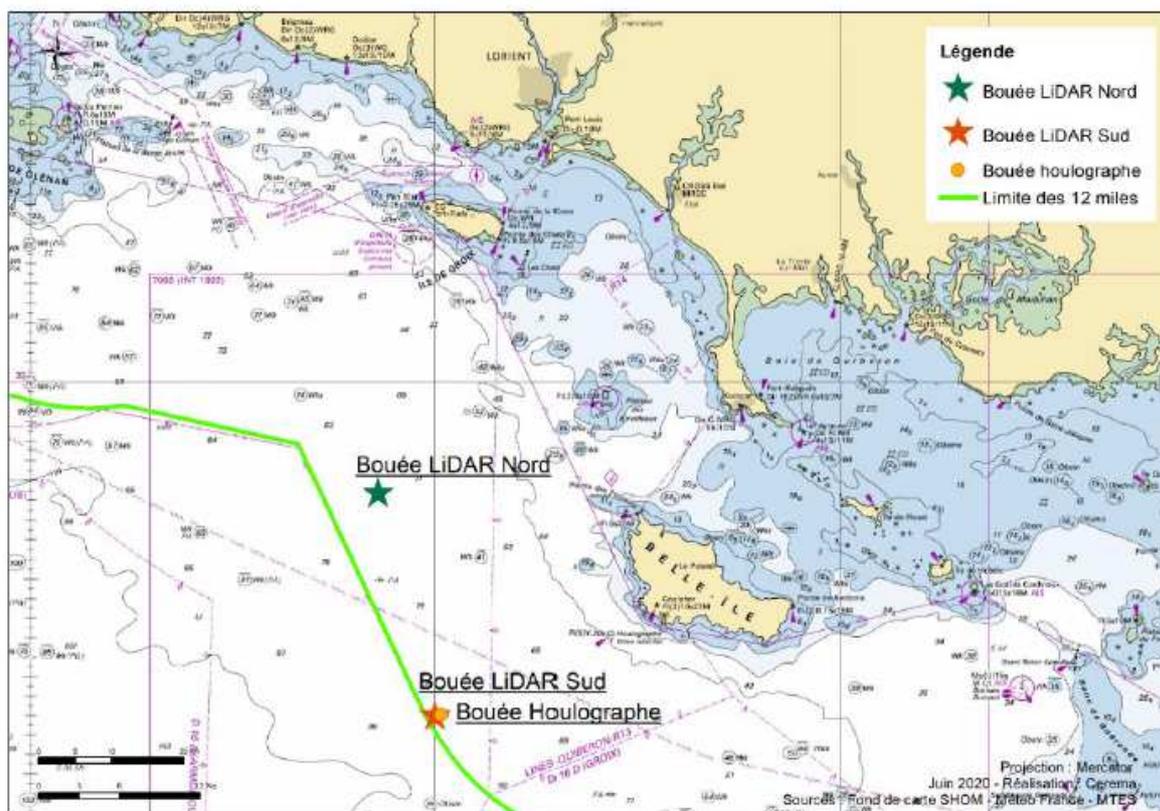


Figure 1 - Localisation des bouées LiDAR Bretagne Sud (Source : AKROCEAN)

Le premier système, appelé Bouée LiDAR Nord, est situé à une dizaine de milles nautiques à l’Ouest de Belle-Île, alors que le deuxième système, appelé Bouée LiDAR Sud, est situé à une douzaine de milles nautiques au Sud-Ouest de Belle-Île, tel que présenté sur la Figure 1.

Au lancement de la campagne en juillet 2020, des courantomètres ADCP ROWE ont été déployés sur les deux bouées. Les données courantométriques issues de ces ADCP ROWE subissant un biais trop important pour être exploitées au-delà de 30 m de profondeur, un changement de capteur a dû intervenir en avril 2021. Un courantomètre profileur Nortek Signature 250, plus adapté à ce type de mesures, a été installé sur les deux bouées. Les données antérieures acquises par l’ADCP ROWE ont été invalidées.

Bouée	Longitude	Latitude	Profondeur (m / zéro des cartes marines )	Première mise à l’eau	Deuxième mise à l’eau
WS 4 LiDAR NORD	03°34.214’W	47°24.319’N	81 m	24/07/2020	20/04/2021
WS 5 LiDAR SUD	03°30’W	47°13’N	92 m	24/07/2020	22/04/2021

Tableau 1 - Localisation des instruments de mesures et dates de déploiement

### 3. Description de la campagne de mesures

#### 3.1 Instruments de mesure

Le système WINDSEA opéré par la société Akrocéan permet la collecte de données in situ acquises depuis une plateforme flottante déployée au large. Le système de mesure est composé d'une bouée, de différents capteurs, d'un ancrage et d'un système de communication adaptés au projet qui envoie par transfert de fichiers les données moyennées via différents canaux (GSM, 4G) (cf. Figure 2). Les données transférées sont ensuite récupérées par site ftp à accès réservé. Les données brutes sont en général récupérées lors de chaque opération de maintenance.

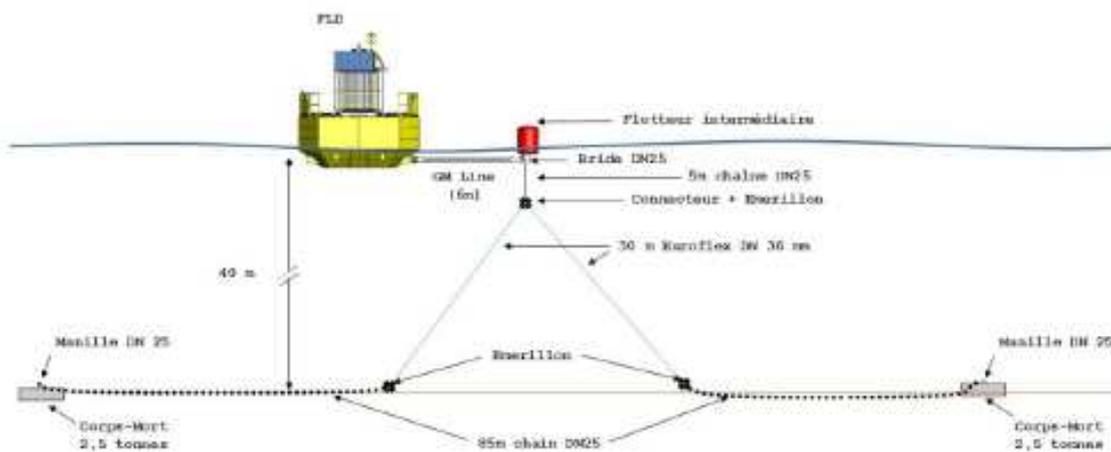
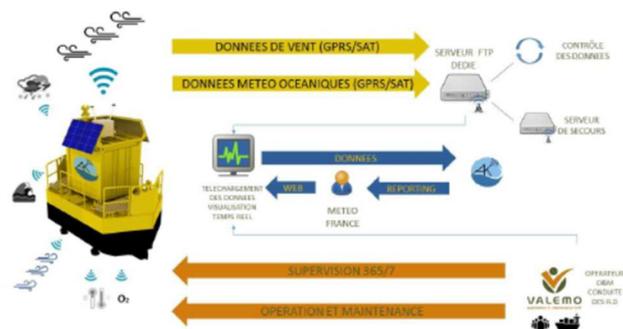


Figure 2 - Système de mesures sur bouée multi-paramètres WINDSEA, © Akrocéan

La conception du système de mesures a tenu compte des caractéristiques du site (profondeur, états de mer et courants maxima et moyens) ainsi que des paramètres à mesurer (vent, vagues, courant, température, salinité, etc.).

Les caractéristiques des instruments déployés ont été fournies par Akrocéan et sont récapitulées dans le tableau ci-après (Tableau 2). Les détails de la configuration des instruments sont fournis en Annexe I.

Paramètres mesurés	Appareils – Système
Profil du courant	Nortek Signature 250
Houle	Wave Sensor 5729 AANDERAA MOTUS
Attitude (roulis, tangage)	Wave Sensor 5729 AANDERAA MOTUS
Vent	Wind Cube WLS 866 V2.1/(MET) Weather station Gill GMX500
Hauteur d'eau	AIRMAR EchoRange SS510
Conductivité	Conductivity sensor XYLEM 4319

*Tableau 2 - Récapitulatif des instruments déployés en Bretagne Sud*

### **3.2 Principe de fonctionnement des ADCP**

Le principe de la mesure de courant acquise par les courantomètres déployés repose sur l'effet Doppler (changement de fréquence dans les fluides en mouvement). Ces appareils « Acoustic Doppler Current Profiler » (ADCP) mesurent les caractéristiques des courants en trois dimensions sur une hauteur d'eau donnée.

Ils permettent de déterminer la vitesse du courant (vitesses  $u$  et  $v$ ) dans la colonne d'eau sur une ou plusieurs couches d'épaisseurs déterminées. La portée maximum dépend des conditions de diffusion acoustique (fréquence de l'appareil et présence de particules en suspension). Dans des eaux peu turbides, la portée risque d'être réduite. Ici, selon la fiche constructeur, l'ADCP Signature250 est un profileur de courant de moyenne portée doté d'une série de fonctions supplémentaires. Il a une portée de 200 m, et peut mesurer la hauteur, la période et la direction des vagues jusqu'à 150 m de profondeur.

Les réglages relatifs à chaque courantomètre sont spécifiques aux caractéristiques du point de mouillage (voir Tableau 3).

Le courant est mesuré par les quatre faisceaux latéraux de l'instrument. L'ADCP est déployé tête vers le bas, en mode « bottom track » afin de corriger le profil de courant des mouvements de la bouée.

Il existe une zone aveugle ou « blanking distance » à proximité des transducteurs (tête de mesure) au sein de laquelle il n'y a pas de mesure. Les transducteurs sont utilisés à la fois comme émetteurs et récepteurs, cette distance blanche correspond au temps pendant lequel les transducteurs se réglent après avoir émis une impulsion. La première cellule de mesures se situe

donc au-delà de cette zone blanche (Figure 3). L'appareil mesure la vitesse et la direction du courant pour chaque cellule verticale (définie par l'utilisateur) de la colonne d'eau étudiée.

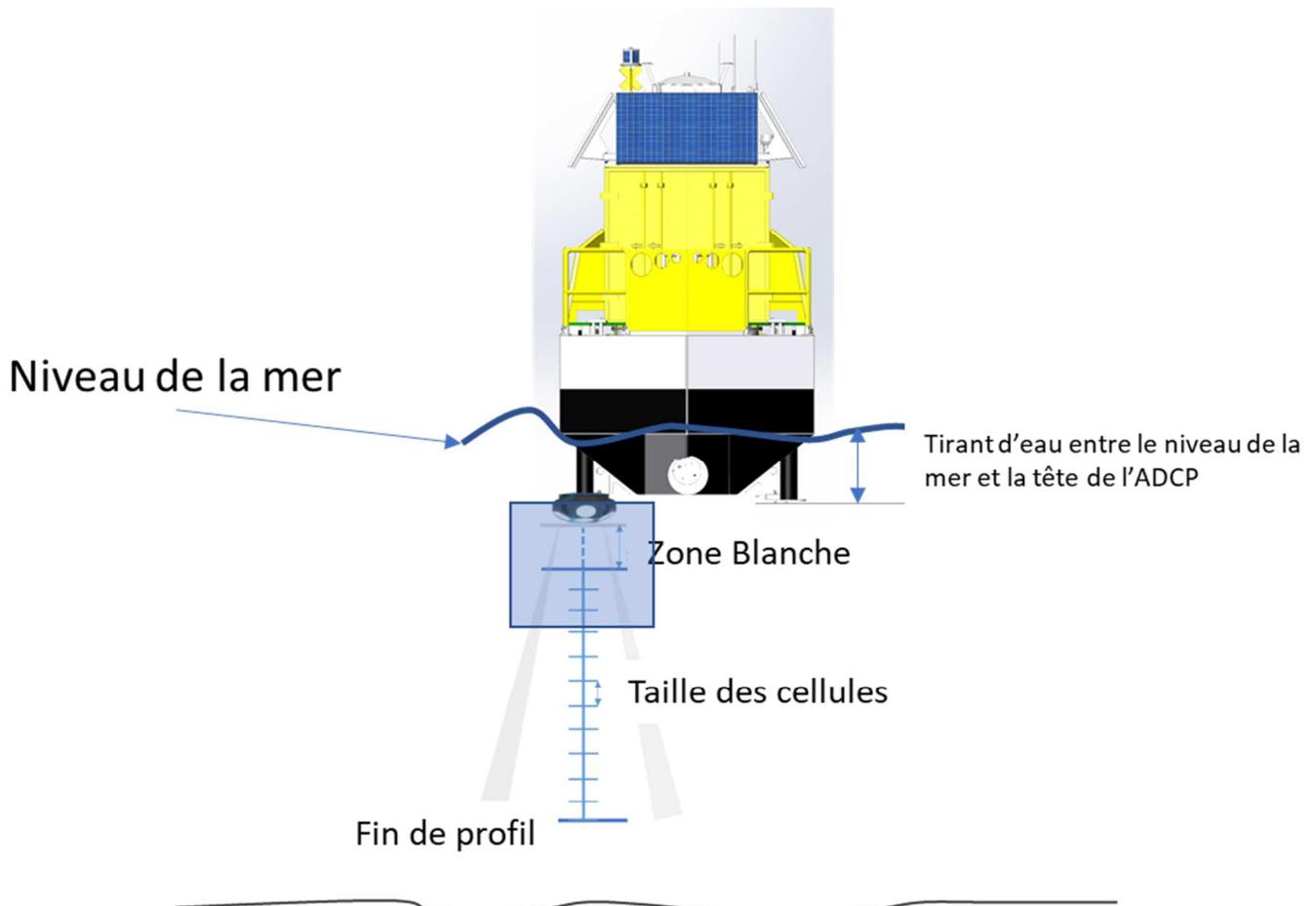


Figure 3 - Schéma du mouillage

### 3.3 Configuration des ADCPs déployés

Sur la zone d'étude, les ADCPs ont été déployés (configuration « tête en bas ») à quelques mètres au-dessous de la surface de la mer (Figure 3).

Les configurations respectives des appareils doivent être définies soigneusement afin d'obtenir des données de qualité. Tout d'abord, il faut choisir le nombre de cellules de mesure le plus adapté ainsi que le taille de celles-ci, puis évaluer la hauteur de la zone d'ombre des faisceaux (zone blanche au niveau de l'ADCP). Il faut également définir le nombre d'impulsions sonores émises (pings) dans un intervalle de temps. La moyenne des pings sur cet intervalle est appelée un ensemble correspondant à un cycle de mesure. Dans le cadre de la campagne de mesures au large de la Bretagne, toutes les impulsions sont conservées ; la configuration est de 1 ping par ensemble d'une durée de 0.1 seconde.

La précision théorique de la mesure donnée par les constructeurs est de l'ordre de 0.3 cm/s ou 1% sur le module de vitesse.

Bouée	WINDSEA 4	WINDSEA 5
Localisation	LIDAR NORD	LIDAR SUD
Profondeur (m)	81 m	92 m
Appareil utilisé	ADCP Signature250 kHz	ADCP Signature250 kHz
Fréquence d'acquisition (Hz)	1hz	1hz
Moyennage	5 minutes toutes les 15 minutes	5 minutes toutes les 15 minutes
Taille cellule (m)	3	3
Average interval (s)	300	300
Mesured interval (s)	900	900
Position de la tête de l'adcp	Tête de l'ADCP affleurant aux quilles anti-roulis	Tête de l'ADCP affleurant aux quilles anti-roulis
Tirant d'eau entre le niveau de la mer et la tête de l'ADCP	1,45 m	1.45 m
Première cellule (par rapport au transducteur)	0.5 m	0.5m
Zone blanche (en m)	NC	NC
Profondeurs configurées	0.5- 3.5 - 6.5 - ... - 105.5 m	0.5- 3.5 - 6.5 - ... - 105.5 m
Profondeurs calculées (selon documentation Akrocean)	1.95 – 4.95 – 7.95 – ... – 106.95 m	1.95 – 4.95 – 7.95 – ... – 106.95 m
Profondeurs fournies dans les fichiers csv	0.5- 3.5 - 6.5 - ... - 105.5 m	0.5- 3.5 - 6.5 - ... - 105.5 m

Tableau 3 - Synthèse des configurations des systèmes déployés en Bretagne Sud

La salinité et la vitesse du son sont définies comme suit :

- salinité constante égale à 35.00 ppt,
- vitesse du son constante, égale à 1500.00 (m/s).

### 3.4 Paramètres mesurés

Un descriptif des fichiers de mesures est fourni dans la documentation mise à disposition sur le site ftp (data\_delivery\_Notice). Les directions (houle, courant, vent) fournies sont corrigées du nord géographique. Les données de cap sont corrigées avec les capteurs DGPS externes

selon le vrai Nord, « True heading ». Les valeurs fournies sous processing ont été corrigées du nord géographique **mais pas du nord magnétique**.

La déclinaison magnétique (variation) est l'angle entre le nord magnétique et le nord géographique. Cet angle varie en fonction de la position sur la surface de la Terre et varie également dans le temps. La déclinaison est positive lorsque le nord magnétique est à l'est du nord vrai et négative lorsqu'il est à l'ouest (valeur de l'angle d'entrée  $\pm 180^\circ$ ). La déclinaison magnétique à l'endroit du déploiement peut être trouvée, par exemple, sur le site internet de la NOAA : <http://www.ngdc.noaa.gov/geomag-web/>.

Cette déclinaison sera à prendre en compte pour le traitement des données.

Le tableau ci-après (Tableau 4) récapitule les paramètres requis pour un traitement correct des mesures de courants. Y figurent les paramètres mesurés et le capteur associé (code couleur). Les paramètres non disponibles sur toute la période de mesures figurent en grisé. Certains paramètres peuvent avoir différentes sources.

Paramètres attendus	Paramètre mesuré	Disponibilité des paramètres	
		LiDAR Nord	LiDAR Sud
Date/heure	<b>Timestamp</b> 2021-03-22T18:00:00.0Z Horodatage UTC de fin de collecte de la donnée	✓	✓
Composante Est-Ouest de la vitesse pour chaque cellule	<b>xm east_speed</b> (m/s) Vitesse Est à x mètres de profondeur calculée à partir des 4 faisceaux et compensée en tangage, moyennée sur le temps d'enregistrement		
Composante Nord-Sud de la vitesse pour chaque cellule	<b>xm north_speed</b> (m/s) Vitesse Nord à x mètres de profondeur (en centimètres par seconde) calculée à partir des 4 faisceaux et compensée en tangage, moyennée sur le temps d'enregistrement		
Composante verticale de la vitesse pour chaque cellule	<b>xm vertical_speed</b> (m/s) Vitesse verticale du courant à x mètres de profondeur, calculée à partir des 4 faisceaux et compensée en tangage, moyennée sur le temps d'enregistrement		

Intensité du courant pour chaque cellule	<b>xm speed (m/s)</b> Vitesse horizontale du courant à x mètres de profondeur calculée à partir des 4 faisceaux et compensée en tangage, moyennée sur le temps d'enregistrement	✓	✓
Direction du courant pour chaque cellule	<b>xm direction (deg)</b> Direction du courant à x mètres de profondeur (en degrés) calculée à partir des 4 faisceaux et compensée en tangage, moyennée sur le temps d'enregistrement	✓	✓
Déviatoin standard pour chaque transducteur	<b>beamN_stdev (m/s)</b> Déviatoin standard du faisceau N à x m de profondeur (en décibels)		
Intensité/amplitude du signal sur chacun des trois transducteurs	<b>amplitude_beam N (dB)</b> Intensité du signal de chaque faisceau N à x m de profondeur (en décibels)	✓	✓
Tangage	<b>pitch (deg)</b> Angle de tangage (en degrés) moyenné sur la période de mesures.	✓	✓
		✓	✓
Roulis	<b>roll (deg)</b> Angle de roulis (en degrés) moyenné sur la période de mesures.	✓	✓
		✓	✓
Profondeur grâce au capteur de pression	<b>depth (feet)</b> hauteur d'eau	✓	✓
Corrélation pour chaque transducteur	<b>beamN_correlation_factor (%)</b> Facteur de corrélation du faisceau N à x m de profondeur	✓	✓
Température de l'eau	<b>temperature (degC)</b> Température de l'eau (en degré Celsius) mesurée par l'ADCP	✓	✓
		✓	✓
Conductivité de l'eau (en surface)	<b>conductivity (mS/cm)</b>	✓	✓

Cap	<b>Heading (deg)</b>		✓	✓	
	Cap (en degré) mesuré par l'ADCP				
	<b>gps_heading (deg)</b>		✓	✓	
	Cap de la bouée (en degrés) selon le Nord magnétique				
Paramètres fournis par les capteurs suivants :					
tous	Adcp_pnorc	Adcp_pnors	Depth_sensor	conductivity_sensor	furuno

Tableau 4 - Synthèse des paramètres mesurés

Le courantomètre profileur utilisé dans le cadre de cette campagne de mesures ne comporte pas de sonde de température ni de pression. La hauteur d'eau exacte et ses variations ne pouvant pas être déterminées par l'intermédiaire de cet appareil, ces paramètres sont fournis par des capteurs annexes (conductimètre et profondimètre). Les données d'attitude (cap, pitch et roll) sont fournies par les fichiers de mesure d'attitude issus des centrales d'acquisitions ou de l'ADCP.

La mise en place de la nouvelle instrumentation courantométrique a eu lieu fin avril 2021.

**Quatre fichiers** par jour sont transmis avec les données horodatées de vitesse et direction de courant (/adcp\_nortek\_pnorc) associées à des mesures d'attitudes (/adcp\_nortek\_pnors), de conductivité et température (conductivity\_sensor), de hauteur d'eau (depth\_sensor), des données de vagues et d'attitude (wave\_sensor), des données issues des centrales d'attitude (furuno).

<ul style="list-style-type: none"> <li>• Timestamp (YYYY-MM-DDTHH:mm:00.OZ) pour chaque cellule définie X m sous le transducteur</li> <li>• X m speed (m/s)</li> <li>• X m direction (deg)</li> <li>Pour chaque beam N de 1 à 4</li> <li>• X m amplitude beamN (dB)</li> <li>• X m velocity beamN (m/s)</li> <li>• X m correlation beamN (%)</li> </ul>	<b>Adcp_pnorc</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Timestamp (YYYY-MM-DDTHH:mm:00.OZ)</li> <li>• battery_voltage (V)</li> <li>• sound_speed (m/s)</li> <li>• heading (deg)</li> <li>• pitch (deg)</li> <li>• roll (deg)</li> <li>• pressure (dBar)</li> <li>• temperature (degC)</li> </ul>	<b>Adcp_pnors</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Timestamp (YYYY-MM-DDTHH:mm:00.OZ)</li> <li>• Conductivity (mS/cm)</li> <li>• Temperature (°C)</li> </ul>	<b>Conductivity_sensor</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Timestamp (YYYY-MM-DDTHH:mm:00.OZ)</li> <li>• Depth (feet)</li> </ul>	<b>Depth_sensor</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Timestamp (YYYY-MM-DDTHH:mm:00.OZ)</li> <li>• gps_heading (deg)</li> <li>• pitch (deg)</li> <li>• roll (deg)</li> </ul>	<b>furuno_gpatt</b>

Le tableau ci-après (Tableau 5) résume les fichiers exploités pour ce rapport. Les explications relatives aux dates de début et fin des plages de données exploitables sont fournies au chapitre suivant.

AO5 - BRETAGNE SUD	Date de début	Date de fin	Notes
<b>LIDAR_NORD</b>			
<b>Adcp_pnorc</b>	20/04/2021	19/02/2022	de 0.5 m à 105.5m (par cellule de 3 m)
<b>Adcp_pnors</b>	20/04/2021	19/02/2022	
<b>Conductivity_sensor</b>	20/04/2021	19/02/2022	
<b>Depth_sensor</b>	29/04/2021	19/02/2022	A noter quelques erreurs d'unité (mesure en feet au lieu de mètres)
<b>LIDAR_SUD</b>			
<b>Adcp_pnorc</b>	22/04/2021	03/03/2022	de 0.5 m à 117.5m (par cellule de 3 m)
<b>Adcp_pnors</b>	22/04/2021	03/03/2022	
<b>Conductivity_sensor</b>	27/05/2021	03/03/2022	
<b>Depth_sensor</b>	22/04/2021	03/03/2022	

Tableau 5 - Répartition des types de données par date

## 4. Déroulement

### 4.1 Contraintes logistiques

La campagne de mesures au large de la Bretagne se déroule depuis juillet 2020 avec une prolongation de la durée de la campagne pour pallier à l'invalidation des données courantométriques sur la période entre juillet-décembre 2020. Elle a été organisée en vue d'acquérir en continu des données de qualité. La mise à l'eau des systèmes de mesure de remplacement ayant été effectuée en avril 2021, la collecte des données se poursuit de manière à acquérir au moins 12 mois de mesures.

## **4.2 Limitations liées au matériel**

Des problèmes rencontrés sur les bouées, leur mouillage et sur la transmission des données ont entraîné, tout au long de la campagne, des pertes d'informations ou l'obtention d'informations erronées.

La mise en place et le suivi de l'instrumentation ont été effectués par la société Akrocéan avec une vérification régulière des mouillages par des équipes techniques. Un certain nombre d'interventions sur les bouées, soit dans le cadre de la maintenance régulière et préventive, soit en cas d'incident, ont ainsi eu lieu au cours du cycle de mesures. Pendant la campagne, les sites ont été exposés à des conditions de houle et de vents défavorables entraînant beaucoup de dysfonctionnements sur les bouées. Les conditions climatiques défavorables ont parfois rendu les interventions de maintenance difficiles à programmer, ce qui a occasionné des interruptions régulières de la mesure.

Le début de campagne pour la mesure du courant correspond à la date du changement de capteur et entraîne une prolongation de la durée totale de la campagne de mesure de courant correspondant au cumul des mois manquants. Les données de courant ne sont définitivement pas exploitables entre juillet 2020 et décembre 2020 avant l'interruption de la mesure jusqu'en avril 2021.

### **4.2.1. Bouée LiDAR Nord**

Quelques interventions ont été nécessaires pour pallier à des soucis matériels (une perte de panneau solaire, défaut de connexion, défaillance de la pile à combustible, etc.). Malgré des connexions satellite faibles, les données ont tout de même été transmises avec quelques lacunes.

**L'ADCP a dû être retiré le mercredi 18/08 (problème de fixation de l'instrument suite aux conditions tempétueuses) et son remplacement a été effectif le 03 septembre 2021. La mesure de courant a été interrompue durant cette période.**

Lors de la visite de maintenance effectuée le 12/10/21 (avec reboot), il a été constaté des interférences entre le capteur de houle et le conductimètre.

### **4.2.2. Bouée LiDAR Sud**

La bouée LiDAR Sud a été fortement touchée par des aléas techniques (défaut du générateur de secours, perte de connexion, pack batterie endommagé). Une intervention corrective a été programmée mais contrainte par les mauvaises conditions sur site.

## 5. Bilan des résultats

Les premières acquisitions effectives pour les mesures de courant ont débuté le 20 avril 2021 pour le mouillage LiDAR Nord et le 22 avril 2021 pour le mouillage LiDAR Sud.

### 5.1 Continuité des données

Le taux de disponibilité des données de courant est résumé dans le tableau suivant :

AO5 - BRETAGNE SUD	Date de début	Date de fin	Taux	Discontinuités constatées
LiDAR Nord	20/04/2021	19/02/2022	90%	Au total, 31 jours de mesures absentes avec une période maximum sans données de 21 jours entre le 16 août et le 06 septembre, occasionnée par un problème de fixation de l'ADCP.
LiDAR Sud	2021_03_07__12_00	2021_10_24__18_00	99%	Au total, 2 jours de mesures manquantes avec des coupures régulières de la mesure sur quelques heures (transmission de données faible). Absence de données sur une journée entre le 12 octobre et le 13 octobre suite à l'opération de maintenance.

Tableau 6 - Taux de disponibilité des données de courant (adcp\_pnorc)

La disponibilité des mesures sur les deux sites est satisfaisante. Les discontinuités constatées sont liées à des soucis matériels et à un problème de transfert de données.

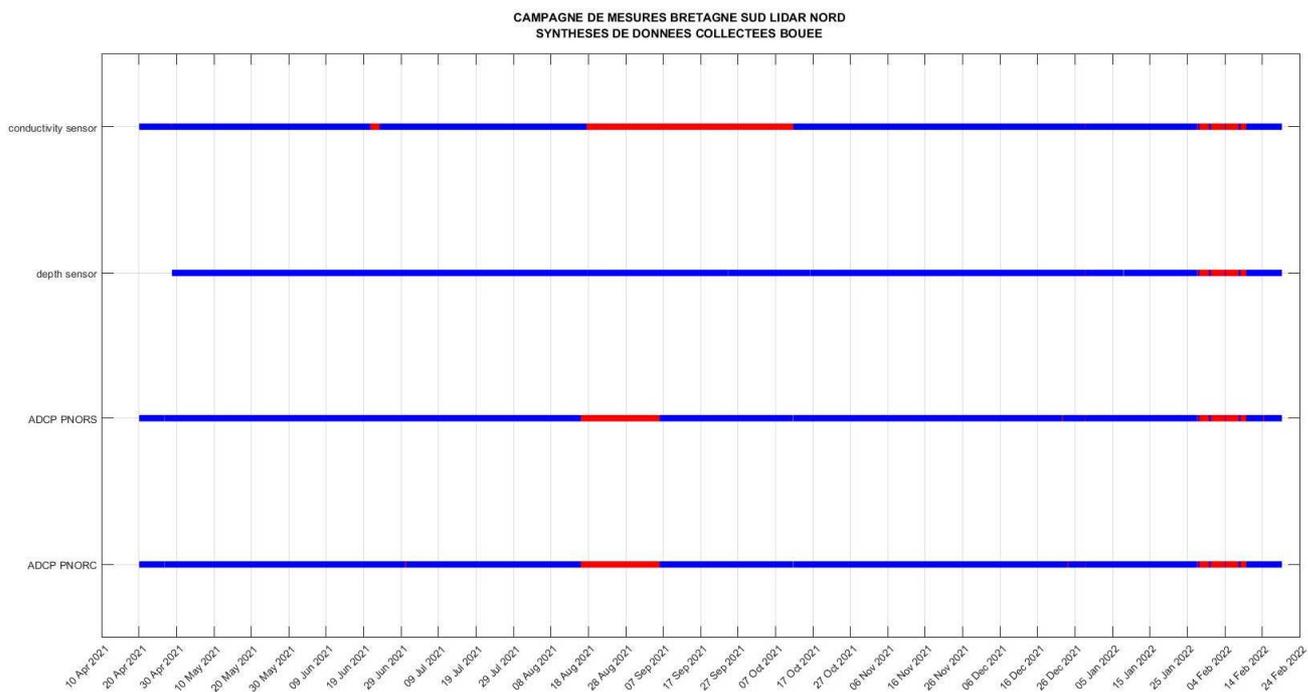


Figure 4 – Graphe de disponibilité des données sur le site de Bretagne Sud\_ LIDAR NORD

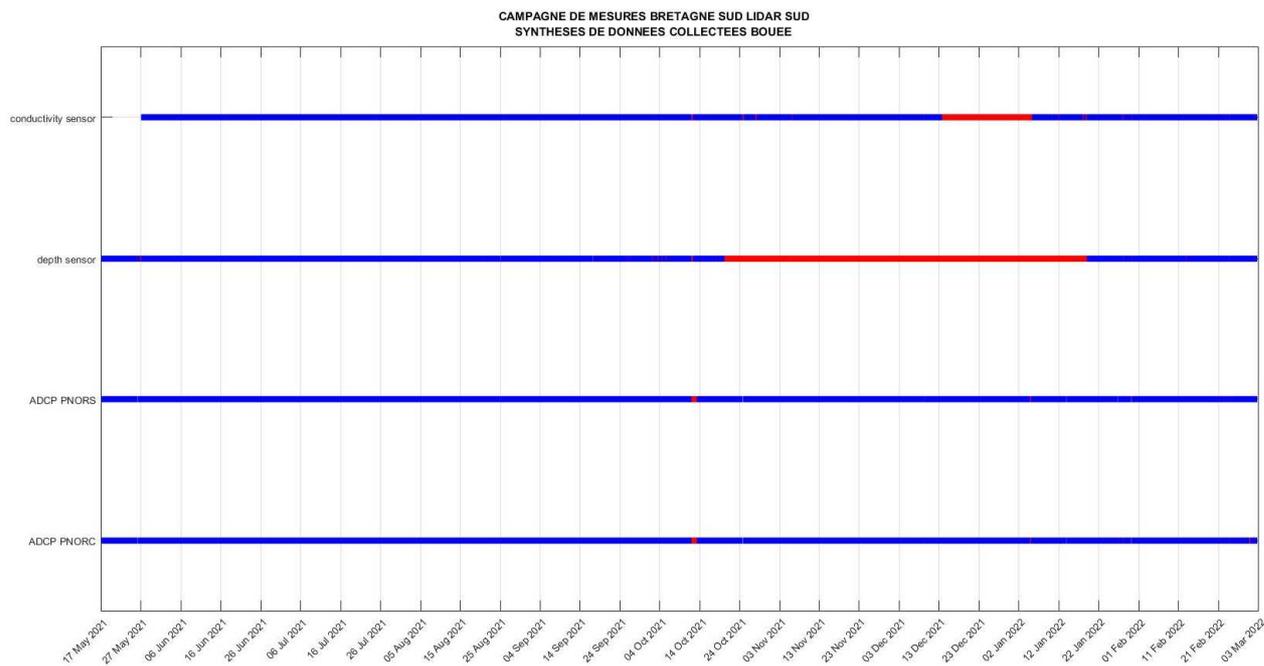


Figure 5 – Graphe de disponibilité des données sur le site de Bretagne Sud\_ LIDAR SUD

## 6. Conclusion

Une instrumentation pour la mesure du courant a été déployée au niveau de deux points de mouillage au large, à environ 14 km de l'île de Belle Ile. L'instrumentation était constituée de 2 bouées LiDAR multi-paramètres équipées en particulier de courantomètres profileur NORTEK signature à partir d'avril 2021.

La campagne de mesures a été mise en place pour une durée de 12 mois avec comme objectif l'acquisition en continu de mesures de qualité. Après une description de la campagne de mesure, certains résultats ont pu être présentés, mettant en avant, malgré les aléas rencontrés, une continuité de la mesure généralement bonne et un bon taux de disponibilité.

Dans la continuité de ce rapport intermédiaire rendant compte des données collectées durant les premiers mois de mesure, l'ensemble des données va faire l'objet d'une analyse détaillée sur la totalité de la durée de la campagne (12 mois). Différents livrables seront produits (fichiers de mesures, roses de courants, fichiers de courants aux nœuds du modèle de courants de marée, rapport de comparaison des données mesurées par rapport au modèle de courant). Ces éléments permettront de fournir une meilleure description des principaux schémas de circulation des masses d'eau et des conditions dynamiques rencontrées sur les zones d'implantation des futurs parcs éoliens.

## **Annexe I - Configuration des instruments de mesures déployés lors de la campagne Bretagne Sud**

Le tableau suivant résume la configuration de chaque équipement installé sur la bouée, les paramètres mesurés et les données de sortie et données stockées sur les bouées (Source : AKROCEAN).

Configuration Sheet											
Project	METEO FRANCE Bretagne Sud			Depth (LAT)	GPS coordinates		Start date	End date			
Country	France	W54 - LIDAR NORD	~ 81 m	47°24.319'N, 03°34.214'W		24/07/2021	30/09/2021				
Ocean/Sea	Atlantic	W55 - LIDAR SUD	~ 92 m	47°13'N, 03°30'W		24/07/2021	31/10/2021				
		Datwell DWR4	~ 92 m	47°13'N, 03°29.533'W							
Equipment	Output	Acquisition frequency (Hz)	Resolution	Accuracy	Range	Averaged Output data Communication 4G or 5G	Raw data Maintenance recovery				
WindCube W15 806 V2.1 & V2.0	Configured Heights (m)	40 - 47 - 67 - 87 - 97 - 117 - 137 - 157 - 167 - 197 - 247					10 min 4G/5G	V2.1 : rd/data 1s V2.0 : gyro/rd/vstord 1s			
	Real heights (m)	43 - 50 - 70 - 90 - 100 - 120 - 130 - 140 - 150 - 170 - 200 - 250									
	40m wind_speed (m/s)	1	0.1 m/s	0.1 m/s	0 - 60 m/s						
	40m wind_speed_dispersion (m/s)										
	40m wind_speed_min (m/s)										
	40m wind_speed_max (m/s)										
	40m wind_direction (deg)								1°	3°	0 - 360°
	40m x_wind (m/s)								0.1 m/s	0.1 m/s	0 - 60 m/s
	40m x_wind_dispersion (m/s)										
	40m crp (dB)										
	40m crp_min (dB)										
	40m dopp_speed_broad (m/s)								0.1 m/s	0.1 m/s	0 - 60 m/s
40m data_availability (%)											
(MET) Weather station GB GMX500	wind_direction (deg)						0.2	0.01 m/s	± 3%	0.01 - 60 m/s	10 min 4G
	wind_speed (m/s)										
	pressure (hPa)	0.1 hPa	± 0.5 hPa	300 to 1100 hPa							
	relative_humidity (%)	0.01	± 3%	0 - 100%							
	air_temperature (degC)	0.1°C	± 0.3°C	-40 to 70°C							
	latitude (deg)	1°	3°	0 - 360°							
	longitude (deg)										
	gust_direction (deg)										
	gust_speed (m/s)	0.01 m/s	± 5%	0 - 60 m/s							
Wave Sensor 5729 AANDERAA MOTUS	significant_wave_height_tm0 (m)	2	0.001 m	0.05 m	30 m	Wave Integration Time (min) = 10 min	10 min				
	wave_peak_direction (deg)							< 0.5°	2°	0 - 360°	
	wave_peak_period (s)							0.05s	1%	1.42 - 53s	
	wave_peak_direction_wind (deg)							< 0.5°	2°	0 - 360°	
	wave_peak_direction_swell (deg)							< 0.5°	2°	0 - 360°	
	wave_peak_period_swell (s)							0.05s	1%	1.42 - 53s	
	wave_peak_period_wind (s)							0.05s	1%	1.42 - 53s	
	pitch (deg)							< 0.5°	2°	0 - 360°	
	roll (deg)							< 0.5°	2°	0 - 360°	
	wave_height_swell_tm0 (m)							0.001 m	0.05 m	30 m	
	wave_height_wind_tm0 (m)							0.001 m	0.05 m	30 m	
	wave_mean_direction (deg)							< 0.5°	2°	0 - 360°	
	wave_height_tmmax (m)							0.001 m	0.05 m	30 m	
	wave_mean_period_tm02 (s)							0.05s	1%	1.42 - 53s	
	significant_wave_height_H13 (m)							0.001 m	0.05 m	30 m	
wave_period_tmmax (s)	0.05s	1%	1.42 - 53s								
mean_wave_period_H13 (s)	0.05s	1%	1.42 - 53s								
Storage											
Heave Vert Time Series (m)	N/A					Recording Time Interval = 10 min					
Heave Horiz Time Series (m)											
Mean Spreading Angle (deg)											
First Order Spread (deg)											
Long Crestedness											
Energy Spectrum (m <sup>2</sup> /Hz)											
Directional spectrum (deg)								< 0.5°	2°	0 - 360°	
Principal Direction spectrum (deg)								< 0.5°	2°	0 - 360°	
Orbital Ratio Spectrum											
Fourier Coeff Spectrum											
Wave Height Max Trough (m)								0.001 m	0.05 m	30 m	
Wave Height Max Crest (m)								0.001 m	0.05 m	30 m	
Wave mean period Tz (s)								0.05s	1%	1.42 - 53s	
Wave height H1/10 (m)								0.001 m	0.05 m	30 m	
Wave mean period T1/10 (s)								0.05s	1%	1.42 - 53s	
Pitch and Roll (deg)	< 0.5°	2°	0 - 360°								

		PNORC			5 min of measurements (1 Hz) every 15 min		
Nortek Signature 250	horizontal_speed (cm/s)	1	0.1 cm/s	0.5 cm/s			0 - 5 m/s
	direction (deg.m)		0.01°	2°			0 - 360°
	north_speed (cm/s)		0.1 cm/s	0.5 cm/s			0 - 5 m/s
	east_speed (cm/s)						
	vertical_speed (cm/s)						
	beam1_strength (dB)						
	beam2_strength (dB)		0.5 dB	N/A			0 - 70 dB
	beam3_strength (dB)						
	beam4_strength (dB)						
	beam1_stddev (cm/s)						
	beam2_stddev (cm/s)		0.1 cm/s	0.5 cm/s			0 - 5 m/s
	beam3_stddev (cm/s)						
	beam4_stddev (cm/s)						
	beam1_correlation_factor (%)						
	beam2_correlation_factor (%)						
beam3_correlation_factor (%)							
beam4_correlation_factor (%)							
		PNORS					
	sound_speed (m/s)	1	0.1 cm/s	0.5 cm/s	0 - 5 m/s		
	heading (deg)		0.01°	2°	0 - 360°		
	pitch (deg)		0.01°	2°	0 - 360°		
	roll (deg)		0.01°	2°	0 - 360°		
	pressure (dBar)		N/A	0.1%	N/A		
	temperature (degC)		0.01°C	0.1°C	-4 to 40°C		
	temperature (degC)						
		Configuration Nortek					
	Localisation	WS 4 LIDAR NORD		WS 5 LIDAR SUD			
	Profondeur (m)	81		92			
	Trame Nortek configuré	Trame 100: PNORI + PNORS + PNORC					
	Echantillonnage (Hz)	1					
	Moyennage	5 min toutes les 15 min					
	Portée max (m)	100,7		111,7			
	Taille cellule (m)						
	Salinity (ppt)	35		35			
	Profile range (m)	100,7		111,7			
	Tidal range (m)	5,7					
	Strong wave (>3m) ?						
	Start profile (m)	1,95					
	End profile (m)	100,7		111,7			
	Power level signal (-20 to -6 db)	-6					
	Average interval (s)	300					
	Measured interval (s)	900					
	Deployment length (day)	1					
AIRMAR EchoRange 55510	Water level	5s	0.01 m	0.5%	0.4 - 200m	10 min	
	Water Temperature		0.09°C	0.05°C	-5 to 60°C	4G	
Conductivity sensor XYLEM 4319	Conductivity	5s	0.0002 S/m	±0.005 S/m	0 - 7.5 S/m	10 min	
	Water Temperature		0.1°C	0.1°C	-5 to 45°C	4G	
INMARSAT GPS IOP 800	GPS position	60 min	5			1 position per day	
	Drifting radius				up to 500 m	1 position per hour (outside zone)	
DATAWELL DWRM Wave Buoy*	Wave height (Hs, Hmax, Spectrum)	2.56 Hz	0.001 m	0,5%	-20 to 20 m	30 min averaged data	30 min averaged data
	Wave direction (fpeak, favg,...)		0.1°	0.5°	0 - 360°		
	Wave period (Tm02, Tp, Tz,...)		0.01 s	0,5%	1 - 30 s		
	Directional spectrum (deg)		0.1°	0.5°	0 - 360°		
*Wave Buoy is not included in Météo France contract							
WINDSEA Nav Aids							
AKROCEAN ID	WINDSEA 4	WINDSEA 5			AIS	Type 3	
N° MMSI	992271059	992271060			Sending Frequency	3 min	
Buoy ID	AKROCEAN LIDAR NORD	AKROCEAN LIDAR SUD			AIS Message	21 / RADMA	
Position	47°24.319'N, 03°34.214'O	47°13.000'N, 03°30.000'O			Beacon	Autonomous yellow light	
Swinging Radius	280 m	350 m			Beacon pace	FL(5) 20 s	
					Visible range	3 NM	
					Radar reflector	Aluminium plate	