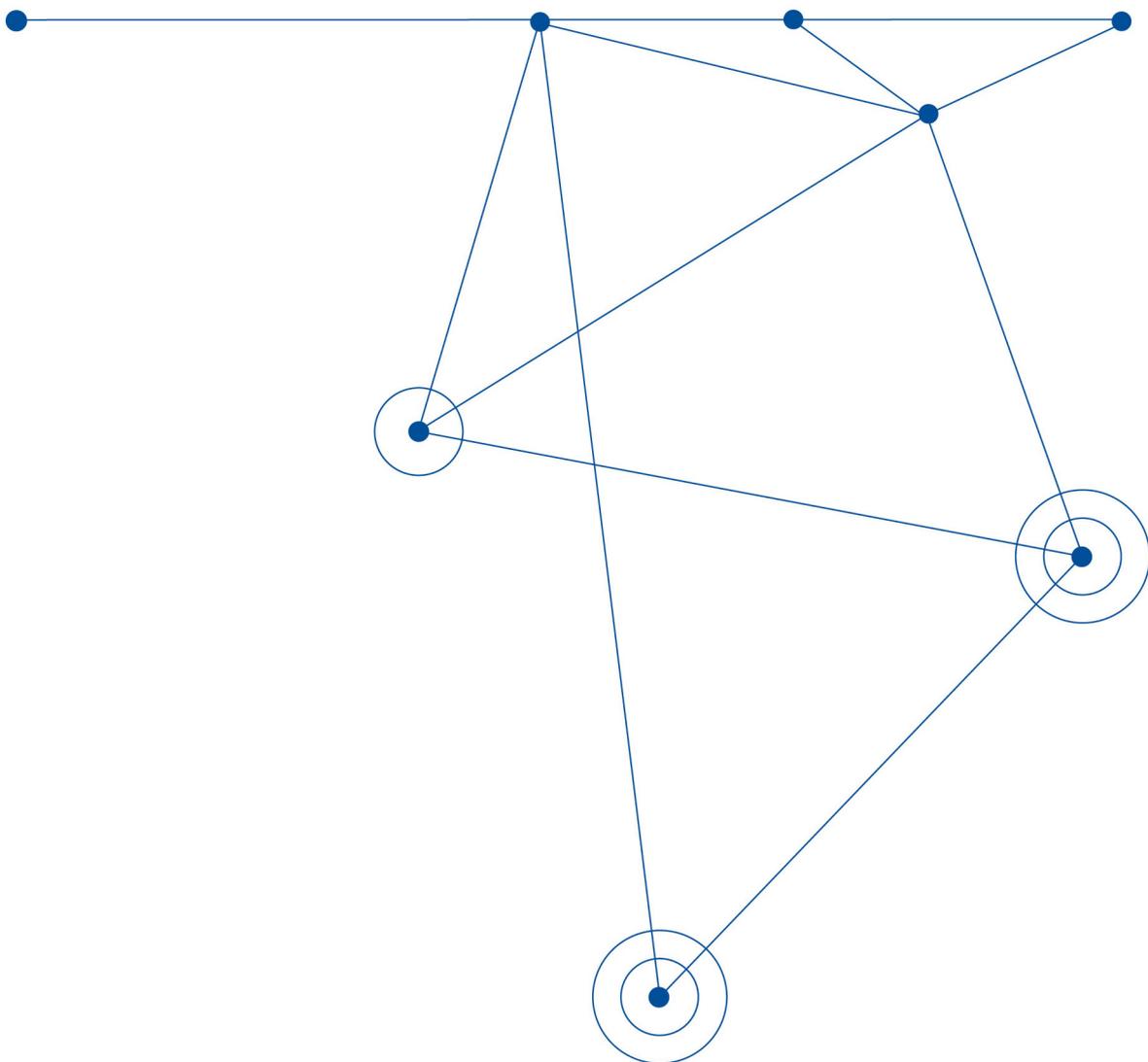


COMPTE-RENDU D'ESSAI EN MER - LONGUS

Ifremer - Brest



COMPTE-RENDU D'ESSAI EN MER - LONGUS

Ifremer - Brest



Fiche documentaire

Titre du rapport : Compte-rendu d'essai en mer - Longus - Ifremer - Brest	
Référence interne : REM/RDT/LSCM 21-100	Date de publication : 18.08.2021 Version : 2.0.0
Diffusion : <input type="checkbox"/> libre (internet) <input type="checkbox"/> restreinte (internet) - date de levée d'embargo : <input checked="" type="checkbox"/> interdite (confidentielle) - date de levée de confidentialité : 01/01/2025	Référence de l'illustration de couverture : Crédit photo/titre/date Langue(s) : Français
Résumé / Abstract : Ce rapport présente les résultats des essais effectués dans le cadre du projet LONGUS de développement de capteur d'allongement des lignes de mouillage textiles.	
Mots clés / Key words : essai en mer, ancrage, ligne textile, sondeur acoustique	
Comment citer ce document :	
Disponibilité des données de recherche :	
DOI :	

Commanditaire du rapport : IFREMER	
Nom / référence du contrat : P902-0012-01 <input type="checkbox"/> Rapport intermédiaire <input checked="" type="checkbox"/> Rapport définitif	
Projets dans lesquels ce rapport s'inscrit : Ino'idée Longus	
Auteur(s) / Adresse mail TRÄSCH Martin / mtrasch@ifremer.fr RÉPÉCAUD Michel / mrepecaud@ifremer.fr	Affiliation PDG/REM/RDT PDG/REM/RDT
Encadrement(s) :	
Destinataire :	
Validé par :	

Table des matières

1	Matériel et méthode	5
1.1	Contexte	5
1.2	Instrumentation	5
1.3	Protocole	6
2	Résultats	7
2.1	Validation des données	7
2.2	Analyse spectrale	10
3	Conclusions	10

1 Matériel et méthode

1.1 Contexte

Le projet Longus vise à développer un système sous-marin de mesure d'allongement des lignes de mouillage textiles. Ce système vise à mieux dimensionner les lignes de mouillage et ainsi à réduire les coûts de l'éolien flottant.

Le système de mesure du Longus consiste à fixer un système de capteurs acoustiques en un point de l'ancrage et quelques mètres plus loin une cible, pour mesurer l'allongement de l'ancrage (Figure 1).

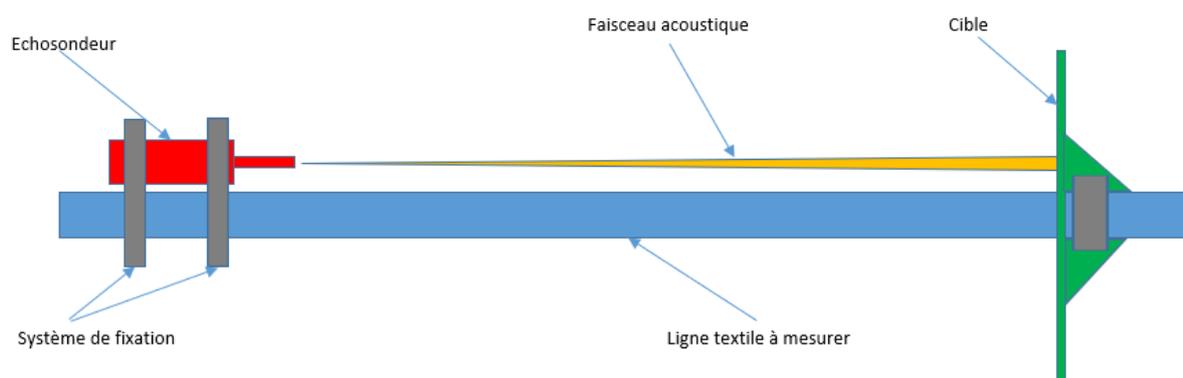


FIGURE 1 – Schéma de principe du système de mesure Longus

1.2 Instrumentation

Le système est composé de deux altimètres acoustiques ALTUS de la société NKE. Ce capteur permet de mesurer une distance de 200 à 2000 m avec une résolution de 0.6mm et une précision de 5mm. Il envoie un rayon acoustique à une fréquence réglable jusque 2 MHz avec un angle de cône de 3.6°. Il mesure le temps de retour et l'intensité de l'onde réfléchi. Il est aussi équipé d'un capteur de pression permettant de mesurer la hauteur d'eau de 0 à 20 m (maximum 30m de profondeur) avec une précision de 6cm et une résolution de 0.8cm. Le taux d'échantillonnage est programmable de 0.5s à plusieurs heures et son autonomie peut atteindre jusqu'à 8 mois.

Ces appareils ont été vérifiés en bac d'eau de mer avec des tiges-étalon en inox coupées au dixième près à 500mm, 1000mm, 1500mm, 2000mm [REM/RDT/LCSM 21-101].

Le capteur d'effort en traction utilisé est un modèle SF10 de 10 tonnes de mesure max. Il possède une résolution de 4,5kg et une précision de 50kg. Sa fréquence d'échantillonnage est programmable de 0,01 seconde à 99 heures. Son autonomie est de 99 jours à 10 Hz et de 30 mois à 1Hz. Le capteur a été vérifié au préalable sur banc de traction Roell et Korhhaus 200 kN [Rapport : REM/RDT/LCSM/21-043].

1.3 Protocole

Le système est composé d'une base de mesure comportant deux sondeurs Altus (avec logger et batterie), ainsi que d'une cible de 370mm de diamètre en MATERIAU INCONNU? Il a été installé sur une corde en polyamide de 30mm de diamètre, composée de 3 torons. Cette corde est fixée via le capteur de tension sur le corps mort nord-ouest de la bouée MAREL Iroise, situé à 5m de profondeur. À l'autre extrémité de la corde est fixé un parachute de 3 m³. Le diamètre de la corde étant plus petit que celui des mors (32mm, pour 300mm de long), une pièce d'interface en plastique à été ajoutée entre les deux.

Des tests préalables ont été effectués sur banc de traction en appliquant plusieurs cycles d'efforts de plus en plus importants entrecoupés de retour à zéro et en enregistrant l'élongation de la corde. Les résultats sont présentés Fig. 2. On peut noter que le comportement dépend de la gamme de déformation et qu'il est en partie visqueux.

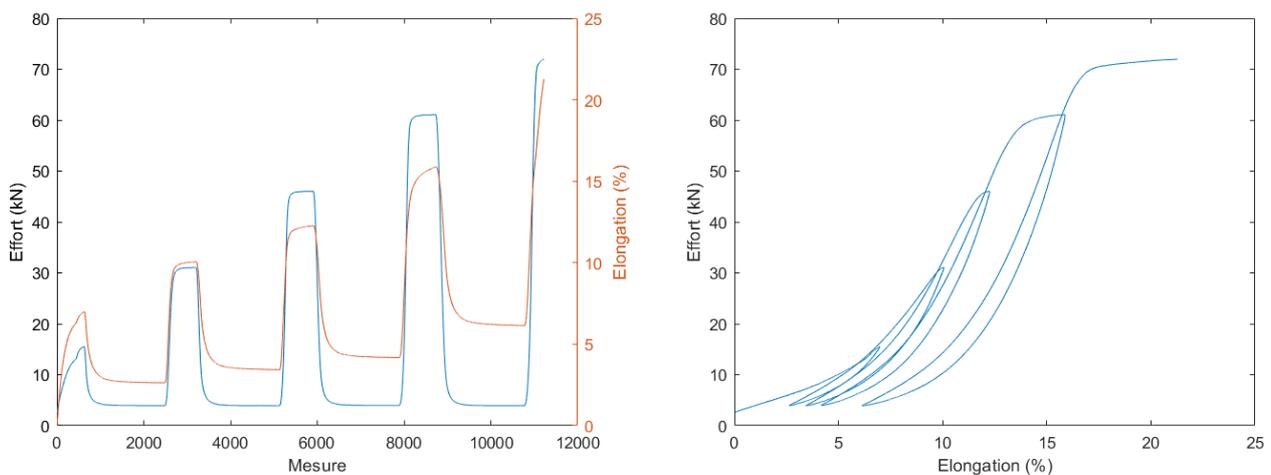


FIGURE 2 – Résultats des tests sur banc de traction

Les capteurs ont été programmés pour avec une fréquence d'échantillonnage de 2Hz. Les essais ont eu lieu pendant 24h, du 5 mai 2021 à 11h du matin au 6 mai 2021 à 11h du matin. Cela correspond à un cycle de marée coefficient 43 et un autre coefficient 47. La hauteur de marée pendant les essais est représentée heure par heure sur la Fig. 3.

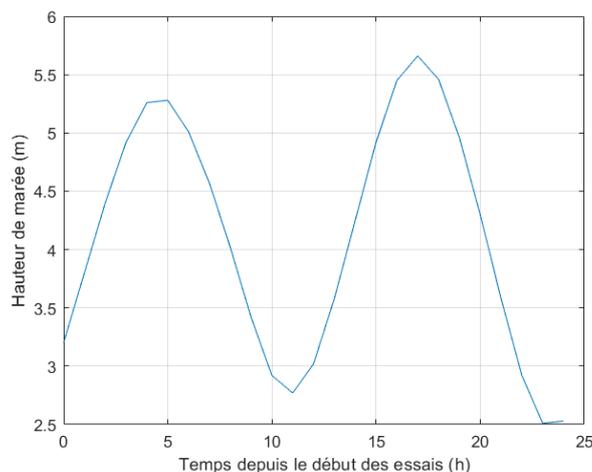


FIGURE 3 – Hauteur de marée au port de Brest (maree.shom.fr)

2 Résultats

2.1 Validation des données

Les résultats de déplacement et d'efforts sont présentés figure 4. Les données de forces étant fortement bruitées, elle sont filtrées pour plus de lisibilité dans cette partie par moyenne filtrante avec une fenêtre de 20s.

Les données de distance sont considérées valides si elles remplissent deux conditions : l'intensité de l'écho max doit être supérieure à 50% et la distance mesurée doit être supérieure à $x=1000$ mm. Les données aberrantes représentent 21.63% des données pour l'altus 1 et 12.75% pour l'altus 2 (8.12% de points sont aberrants pour les deux appareils en même temps).

L'élongation est calculée à partir de la distance au repos : $x_1 = 1410$ mm et $x_2 = 1426$ mm (Fig. 4, droite). Cette différence est en grande partie expliquée par le fait que la célérité par défaut enregistrée dans les capteurs Altus n'est pas identique. Pour l'Altus blanc N° 40001, elle est de 1468,73 m/s, et pour l'Altus noir n° 18005 de 1479,66 m/s.

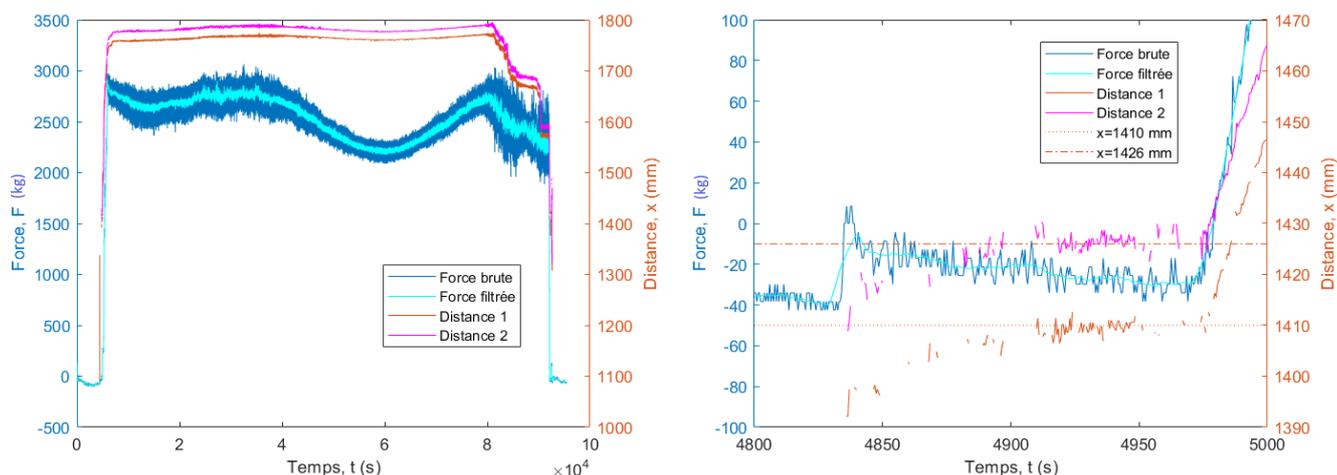


FIGURE 4 – Résultats d'effort et de déplacement sur la durée des essais (gauche) et pendant la phase d'installation, avant le gonflement du parachute (droite).

On note que les signal d'effort ne suit pas tout à fait le cycle de marée. En effet, le parachute était gonflé au maximum lors de la mise en place des essais. Il a ensuite perdu de l'air lorsque la pression passait au-dessus d'un certain seuil (figure 5, gauche).

On peut aussi remarquer que les deux signaux de déplacement sont similaires mais décaler d'une certaine valeur. Cela est en partie expliqué par le fait que la célérité par défaut enregistrée dans les capteurs n'est pas la même : elle est de 1468,7264 m/s pour l'Altus blanc N° 40001 et de 1479,6599 m/s pour l'Altus noir n° 18005. En corrigeant cette valeur pour ramener les deux à celle de l'altus blanc ; on obtient le graphique à droite de la figure 5. La différence moyenne entre les deux mesures est de l'ordre de 4,86mm et l'écart-type de la différence est de 1,63mm.

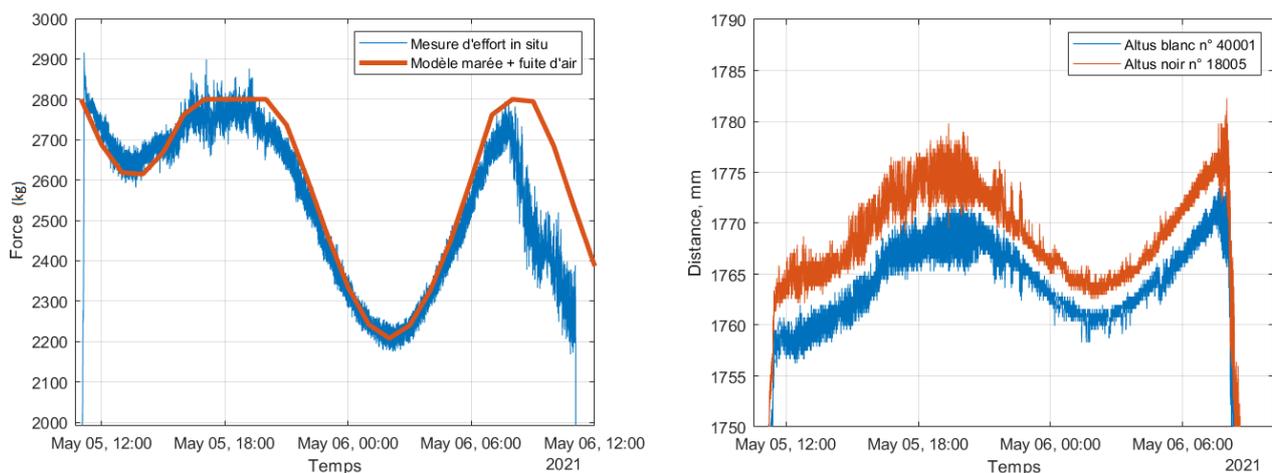


FIGURE 5 – Gauche : signal de force superposé à un modèle prenant en compte la marée et les fuites d’air. Droite : signaux de déplacement corrigés de la différence de célérité dans le paramétrage des capteurs.

Les résultats d’effort et d’élancements en fonction du temps ; ainsi que les résultats de d’effort en fonction de l’élancement sont présentés Fig. 6 & 7. Ils ont été séparés selon leur période d’enregistrement en différentes étapes afin de mieux comprendre les événements dont ils résultent. Ainsi, on peut identifier six étapes :

- Étape 1 - Installation et mise en tension (présence de paliers)
- Étape 2 - Élongation et baisse des efforts : possiblement dû à un détournage ? A priori le détournage ne devrait durer qu’une ou deux min. Ce phénomène dure plutôt 30min-1h. Il semble donc que l’hypothèse du détournage soit insuffisante (même avec l’inertie du parachute ?)
- Étape 3 - L’effort et la déformation varient peu. Il semblent atteindre un maximum alors que la marée augmente. Cela semble être dû à une perte d’air dans le parachute, qui était gonflé au maximum de sa capacité. La pente effort/élancement est faible. Il semble que le régime de sollicitation dominant soit dû à la houle.
- Étape 4 - L’effort et la déformation varient fortement et la pente effort/élancement forte. On observe une relation apparemment linéaire. Le régime dominant est la marée.
- Étape 5 - Baisse des efforts et contraction importante : l’appareil glisse ?
- Étape 6 - Démontage

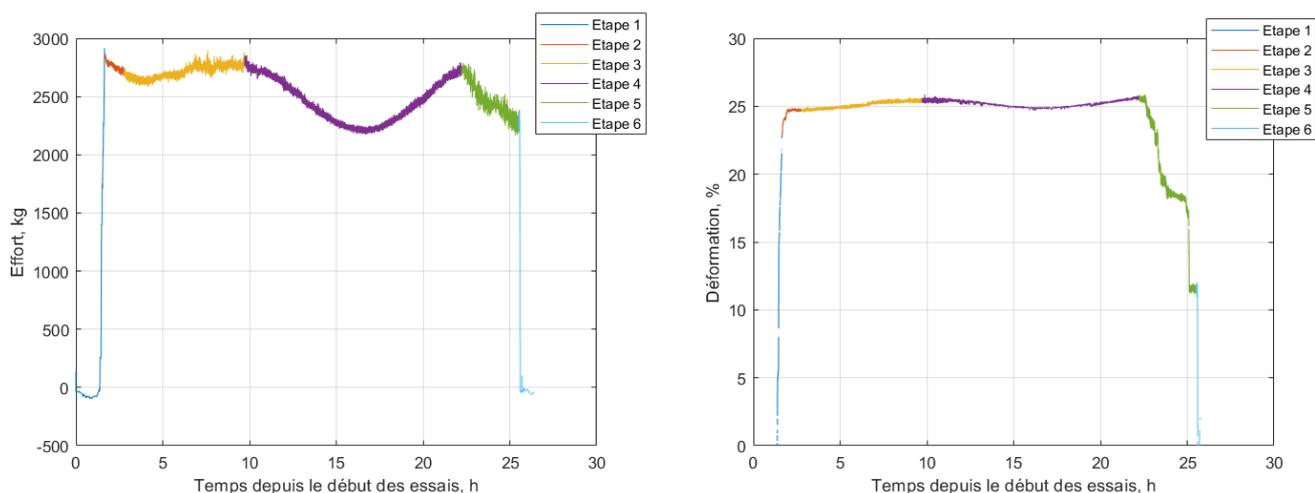


FIGURE 6 – Résultats d’effort et de déformation en fonction du temps lors des différentes étapes du test. On ne considère ici que les résultats de l’altus blanc n° 40001.

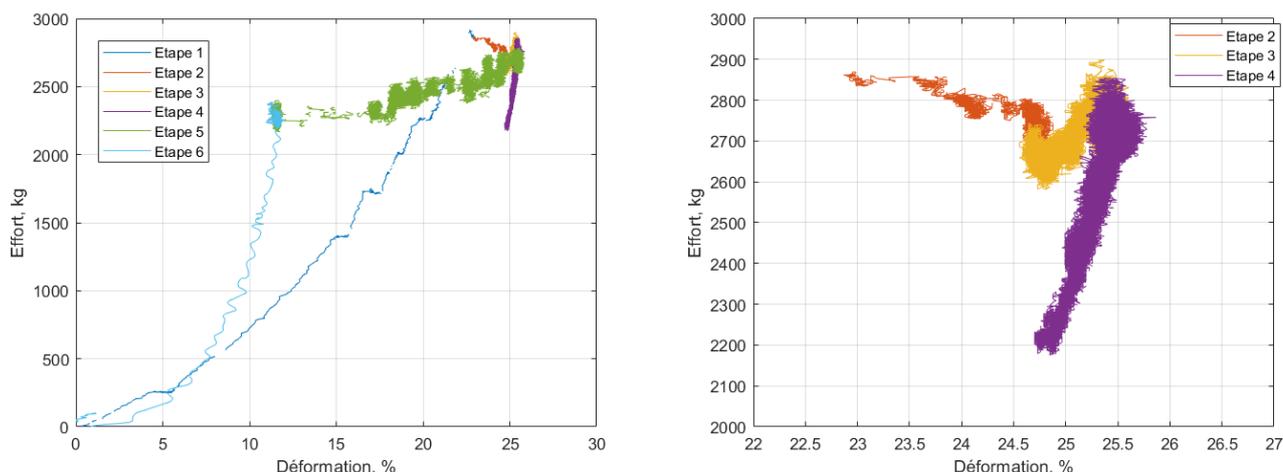


FIGURE 7 – Résultats d’effort en fonction de la déformation lors des différentes étapes du test. On ne considère ici que les résultats de l’altus blanc n° 40001.

La figure 8 présente une comparaison entre les essais en mer et les essais sur banc de traction des résultats d’effort en fonction de la déformation pour le même type de corde. On observe un comportement similaire lors des phases d’installation et de démontage que sur banc. On remarque aussi que les déformations sont plus importantes en mer pour les mêmes gammes d’efforts. Cela est dû au détournement qui est impossible sur le banc. Enfin, on note que le comportement de la corde présente de l’hystéresis dans les deux cas.

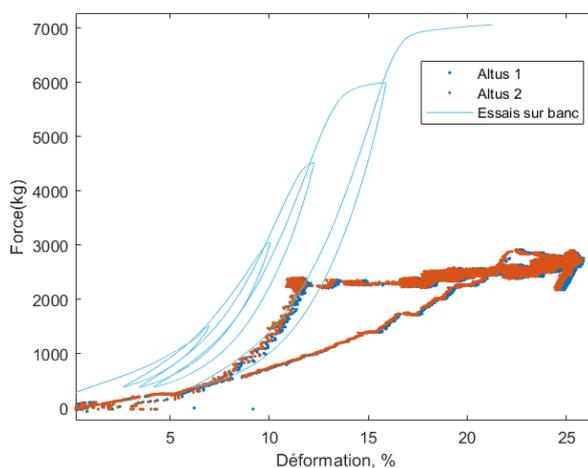


FIGURE 8 – Comparaison des résultats d’effort / élongation de la corde en mer et sur banc de traction

2.2 Analyse spectrale

Une Transformé de Fourier est réalisé sur les signaux d'effort (on utilise ici le signal brut) et de déplacement. Étant donné que l'échantillonnage est irrégulier à cause de certaines valeurs de mesure aberrantes ; la méthode de Lomb-Scargle est utilisé pour calculer la densité spectrale de puissance présentée figure 9.

On peut y remarquer que les spectres semblent relativement similaires et que les pics causés par la sollicitation de la marée ($12\text{ h} \approx 2,3 \cdot 10^{-5}\text{ Hz}$) et de la houle (vers $0,25\text{ Hz}$) sont présents sur les deux spectres.

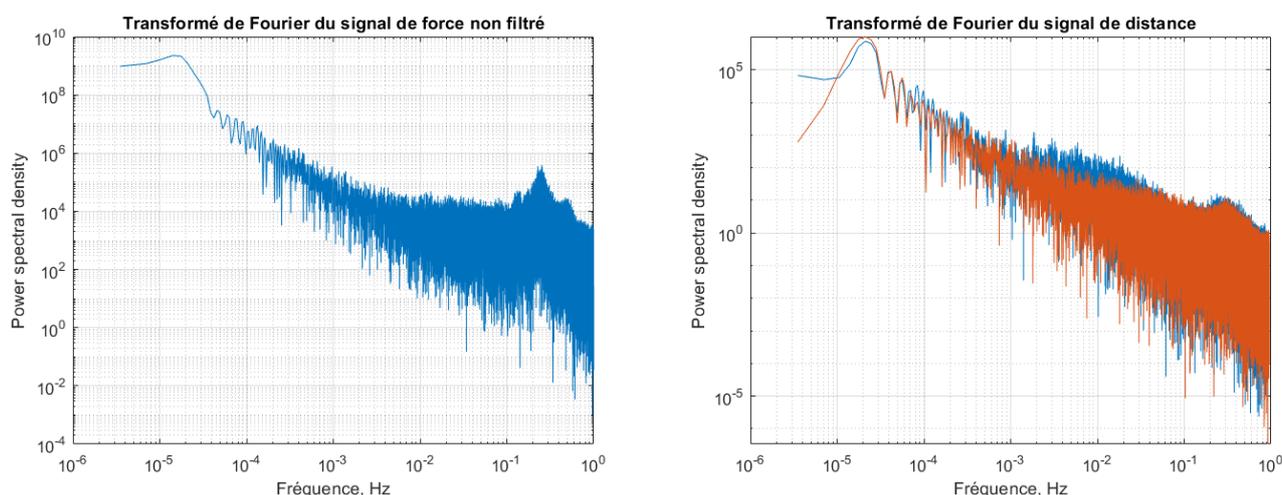


FIGURE 9 – Lomb-Scargle power spectral density of force and distance (altus1) signal

3 Conclusions

Les résultats de ces essais sont encourageants et montrent que l'on peut en effet mesurer la déformation des lignes de mouillage textile par sondeur acoustique et que ces mesures reflètent les efforts. Cependant, des essais complémentaires sont à prévoir, avec un protocole modifié.

Il faudrait notamment changer le type de corde pour avoir un comportement plus linéaire, et notamment changer le diamètre de la corde utilisé pour que celui-ci soit plus adapté aux dimensions des mors et évite de glisser.

Il faudrait aussi mettre un capteur de déplacement en parallèle, afin de pouvoir comparer deux mesures de distance. Cela permettrait entre autre d'identifier si la source du bruit est physique ou proviens du capteur. Enfin, il faudrait réaliser un test plus long pour vérifier la fiabilité d'un tel système de mesure.

En terme d'analyse, il serait intéressant d'utiliser des outils de cohérence et intercorrélation pour comparer les signaux résultats de ces futurs essais.

Il a aussi été observé qu'une source d'erreur provient du réglage de la vitesse du son par défaut dans les sondeurs acoustiques. Une attention particulière est à apporter à ce réglage.