





**PDG/REM/RDT**  
**TRÄSCH Martin • PERIER Vincent • RÉPÉCAUD Michel**  
**Date : 18.08.2021**

# COMPTE RENDU DES ESSAIS LONGUS SUR LA TOUR DE MARNAGE

**Ifremer - Brest**



## Fiche documentaire

<b>Titre du rapport :</b> Compte rendu des essais Longus sur la tour de marnage - Ifremer - Brest	
<b>Référence interne :</b> REM/RDT/LSCM 21-102	<b>Date de publication :</b> 18.08.2021 <b>Version :</b> 2.0.0
<b>Diffusion :</b> <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	<b>Référence de l'illustration de couverture :</b> Crédit photo/titre/date  <b>Langue(s) :</b> Français
<b>Résumé / Abstract :</b> Ce rapport présente les résultats de tests effectués sur le projet de capteur LONGUS sur la tour de marnage de Sainte Anne du Portzic le 16 juin 2021.	
<b>Mots clés / Key words :</b>	
<b>Comment citer ce document :</b>	
<b>Disponibilité des données de recherche :</b>	
<b>DOI :</b>	

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

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Contexte</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>Description de l'expérience</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Instrumentation</b>	<b>6</b>
3.1	Capteur de traction SF1 . . . . .	6
3.2	Capteur de déplacement à fils DVT-250-A . . . . .	6
3.3	Capteurs acoustiques ALTUS . . . . .	6
<b>4</b>	<b>Déroulement des essais</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>Résultats</b>	<b>9</b>

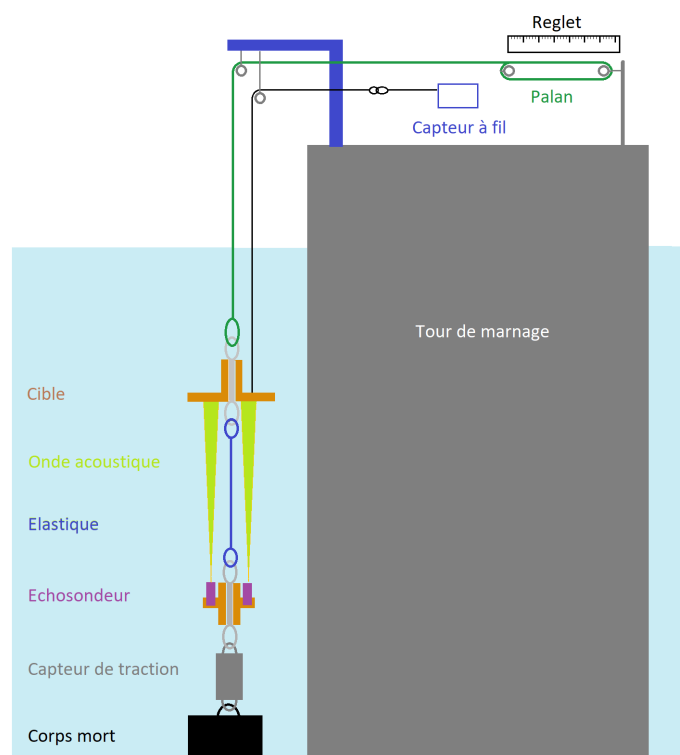
# 1 Contexte

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).

Les essais sur la tour de marnage décrits dans ce rapport font suite à une calibration du capteur en bac d'eau de mer, d'eau saumâtre et d'eau douce (18/05/2021); ainsi qu'à un essai en mer de 24h fixé sur un bout entre un corps mort et un parachute (05/05/2021) [REM/RDT/LSCM 21-100 et REM/RDT/LSCM 21-101].

# 2 Description de l'expérience

L'expérience consiste à fixer le Longus et la cible de part et d'autre d'un élastique. Cet assemblage est ensuite fixé en plongée sur un corps mort via un capteur de traction SF10. L'autre extrémité est reliée à un bout sur lequel on peut tirer depuis la tour de marnage via un palan fixé sur une potence avec une poulie. La mesure des Altus est complétée par une mesure sur un capteur à fil et par une mesure visuelle à l'aide d'un réglet.



**FIGURE 1** – Schéma du montage expérimental

Le comportement mécanique de l'élastique est préalablement caractérisé sur banc de traction. Celui-ci est composé de 4 brins, et fixé par un nœud du pêcheur double avec collier de serrage inox.

## 3 Instrumentation

### 3.1 Capteur de traction SF1

Fabricant : NKE (N/S : 40014)

**Caractéristiques :**

- Gamme d'effort : 0 à 1500 Kg
- Poids dans l'air 2,8 Kg
- Résolution : <0,9 kg
- Précision : 5 kg

**Configuration :**

- Fréquence d'acquisition : 2Hz

### 3.2 Capteur de déplacement à fils DVT-250-A

Fabricant : PSI-TRONIX (N/S : 01-1198)

Étalonné le 17/06/21 (cf. Rapport étalonnage Réf. REM/RDT/LCSM/2021-080)

**Caractéristiques :**

- Gamme de mesure : 0-250 in. (635 cm)
- Résolution : 0,0002 à 0,0003 mA/mm
- Sensibilité : 4 mV/V/in.

**Configuration :**

- Signal de sortie analogique continu mesuré à l'aide d'un multimètre numérique (incertitude 1/100 de mV). Il s'agit donc de valeurs ponctuelles non moyennées ce qui n'est pas optimum mais nous ne disposons pas de logger pour signal analogique au moment des essais.

Valeur de conversion tension (V)/distance (mm) retenue :  $L_{fil} = 640,78U + 6,6105$

### 3.3 Capteurs acoustiques ALTUS

Fabricant : NKE (N/S : 40001 et 18005)

**Caractéristiques du transducteur acoustique :**

- Fréquence acoustique du faisceau : 2 Mhz
- Gamme de mesure : 200-2000 mm
- Résolution : 0,41 mm
- Précision :  $\pm 5$  mm
- Ouverture : 3,6° à -6 dB
- Dérive de l'horloge : 1min / mois

**Caractéristiques du capteur de pression piezo-résistif :**

- Gamme de mesure : 0-20 mm
- Résolution : 0,8 cm
- Précision :  $\pm 6$  cm

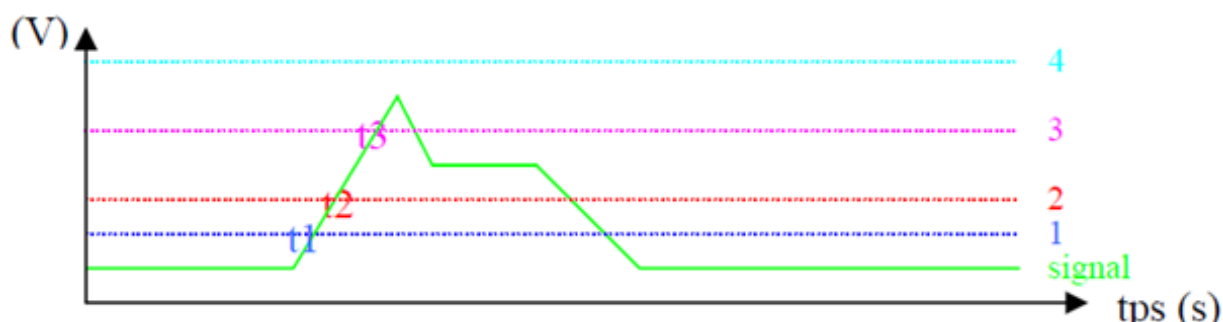


### Configuration (N/S 40001) :

- Célérité enregistrée dans le capteur : 1468,726 m/s
- Coefficient de conversion signal numérique (counts)/distance (mm) :  $d = 0,4105x - 5,665$
- Fréquence d'acquisition : 2 Hz
- 4 mesures de distance basées sur un niveau d'intensité du signal rétrodiffusé (figure 2) :
  - $S_1 = 7,8\%$  (valeur retenue pour l'étude)
  - $S_2 = 23,5\%$
  - $S_3 = 58,8\%$
  - $S_4 = 74,5\%$
- Intervalle de temps entre 2 pulsations : 9 ms
- Nombre de pulsation/cycle : 5

### Configuration (N/S 18005) :

- Célérité enregistrée dans le capteur : 1479,660 m/s
- Coefficient de conversion du signal numérique (counts)/distance (mm) :  $d = 0,4132x - 4,9587$
- Fréquence d'acquisition : 2Hz
- 1 mesure de distance basée sur un niveau d'intensité du signal rétrodiffusé :  $S_1 = 7,8\%$
- Intervalle de temps entre 2 pulsations : 9 ms
- Nombre de pulsation/cycle : 2



**FIGURE 2** – Capteur Altus : Principe de déclenchement d'une mesure (temps t) en fonction du niveau d'intensité du signal (V)

## 4 Déroulement des essais

Les essais ont eu lieu depuis la tour de marnage du mole de Sainte Anne du Portzic (Plouzané) le 16 juin 2021. Toutes les horloges des capteurs ont été synchronisées sur celle du PC de configuration avant le démarrage des acquisitions.

Le capteur à fil est alimenté avec une tension de 10V. Il n'y avait pas de logger de disponible lors des essais, alors la mesure est effectuée au multimètre. Pour chaque lecture de tension, on retranche l'offset qui est de 0,9 mv. La conversion en distance du capteur à fil est alors réalisée avec la formule suivante, obtenue lors de l'étalonnage :  $L_{fil} = 640,78U + 6,6105$ . La distance initiale mesurée au réglet est aussi retranchée de la valeur lue sur celui-ci. Elle est de 137 mm.

Le montage fait que le déplacement mesuré par les Altus est inverse à celui des capteurs à fil et du réglet. On utilisera ici la mesure du capteur à fil comme référence.

Pour des raisons pratiques, la première mesure effectuée est celle pour laquelle la tension dans l'élastique est maximum. On relâche ensuite petit à petit, par pas d'environ 10cm, jusqu'à ne plus sentir la tension de l'élastique, mais seulement le poids de la cible. On remonte ensuite le bout par pas de 10cm jusqu'à la position initiale. Le point de mesure correspondant à 657,7 mm pour le capteur à fil correspond donc à une mesure avec l'élastique détendu.

Les résultats de mesures au capteur à fil et au réglet sont présentés dans la Table 1. On observe que l'écart entre les mesures au réglet et au capteur à fil varie de manière très régulière en fonction de la tension appliquée. Cela peut s'expliquer par l'élasticité du bout utilisé pour mettre le système en tension. Pour cette raison, et pour l'incertitude de mesure importante (de l'ordre de quelques millimètres), les mesures par réglet ne seront pas utilisées par la suite pour l'analyse des résultats. Le capteur à fil, en revanche, est relié au système par un bout inextensible.

Heure	Capteur de déplacement à fil C 141			Réglet		
	Tension	Tension corrigée	Distance	Distance	Déplacement	Delta fil - réglet
15h 55m 21s	66.2 mV	65.3 mV	48.45 mm	215 mm	78 mm	2.95 mm
15h 57m 50s	189 mV	188.1 mV	127.14 mm	297 mm	160 mm	3.29 mm
15h 58m 31s	349 mV	348.1 mV	229.67 mm	409 mm	272 mm	4.23 mm
16h 00m 35s	469 mV	468.1 mV	306.56 mm	493 mm	356 mm	4.94 mm
16h 01m 45s	652 mV	651.1 mV	423.82 mm	623 mm	486 mm	6.22 mm
16h 03m 00s	765 mV	764.1 mV	496.23 mm	708 mm	571 mm	7.48 mm
16h 05m 00s	866 mV	865.1 mV	560.95 mm	789 mm	652 mm	9.11 mm
16h 06m 59s	954 mV	953.1 mV	617.34 mm	880 mm	743 mm	12.57 mm
16h 08m 55s	1017 mV	1016.1 mV	657.71 mm	966 mm	829 mm	17.13 mm
16h 11m 50s	989 mV	988.1 mV	639.77 mm	912 mm	775 mm	13.52 mm
16h 14m 10s	881 mV	880.1 mV	570.56 mm	809 mm	672 mm	10.14 mm
16h 15m 40s	750 mV	749.1 mV	486.62 mm	705 mm	568 mm	8.14 mm
16h 17m 15s	597 mV	596.1 mV	388.58 mm	591 mm	454 mm	6.54 mm
16h 18m 35s	472 mV	471.1 mV	308.48 mm	495 mm	358 mm	4.95 mm
16h 20m 00s	338 mV	337.1 mV	222.62 mm	396 mm	259 mm	3.64 mm
16h 21m 20s	194.5 mV	193.6 mV	130.67 mm	293 mm	156 mm	2.53 mm
16h 22m 30s	43.7 mV	42.80 mV	34.04 mm	183 mm	46 mm	1.20 mm

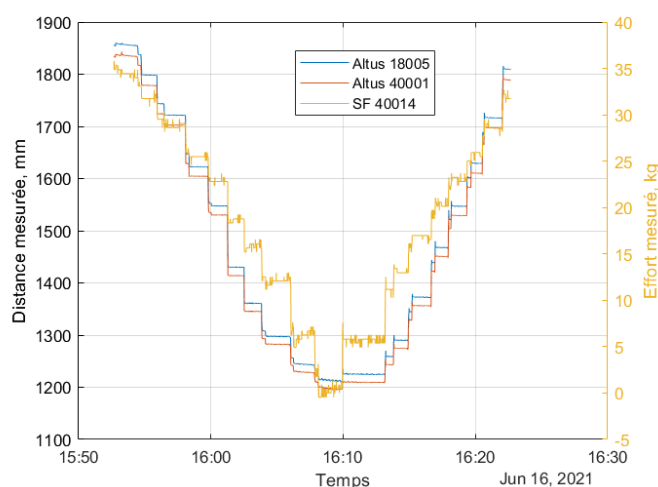
TABLE 1 – Relevé des mesures de distance au capteur à fil et au réglet

## 5 Résultats

La figure 3 présente les données du capteur de force et des deux Altus. On considère la distance correspondant au seuil minimum d'intensité de l'écho dans le cas où plusieurs sont enregistrés. Toutes les données sont synchronisées à partir de 15h 52min 40s.

Par ailleurs, les données des Altus correspondant à un écho max < 20% sont considérées aberrantes et remplacées par la moyenne entre la donnée 1s avant et la donnée 1s après. On observe un écart de distance entre les deux Altus. Celui-ci est expliqué par l'absence de correction de la célérité pour les résultats présentés ici.

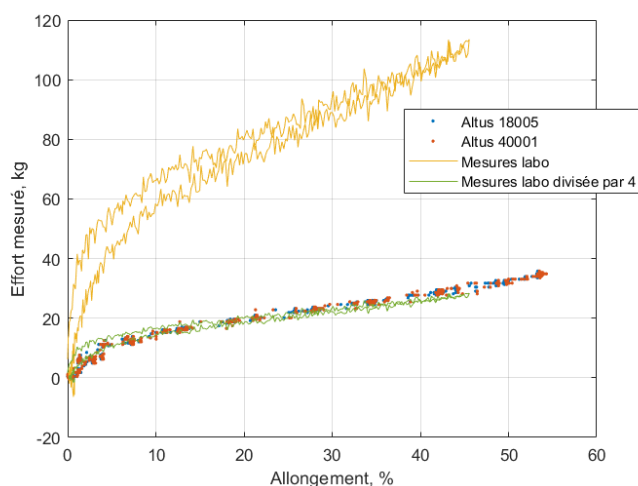
Le bruit sur le signal d'effort s'explique par la résolution du capteur de tension SF.



**FIGURE 3** – Mesures de distance des Altus et de tension dans l'élastique au cours de l'expérience

Pour la suite, la distance est corrigée par la formule de Mackenzie, en considérant une température de  $T = 16,4^{\circ}\text{C}$ , une salinité  $S = 34,78$  PSU [1] et  $z$ , la profondeur moyenne entre le transducteur et la cible sur la durée des essais. On obtient une célérité de  $c = 1512,6$  m/s contre 1468,7 m/s et 1479,7 m/s, programmés dans les Altus, soit une différence de respectivement 3% et 2%.

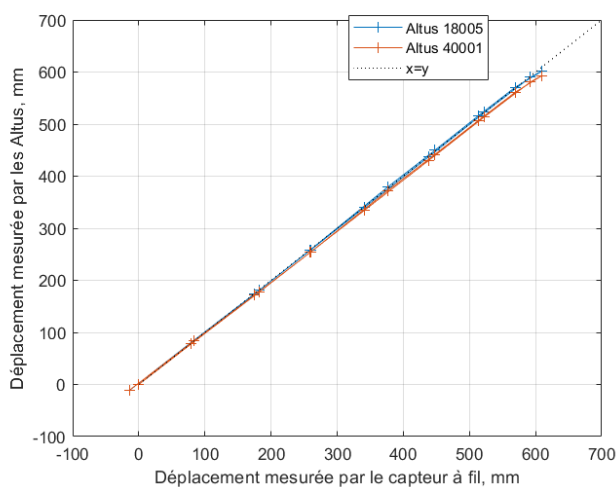
L'allongement est donné par la formule :  $[L - \min(L)]/\min(L)$ ; en considérant que la longueur la plus petite mesurée par les Altus correspond à la longueur au repos de l'élastique. La figure 4 présente les résultats d'effort dans l'élastique en fonction de l'allongement pour les essais sur la tour de marnage et pour les essais en laboratoire. On observe que les résultats du banc de traction donnent un effort environ quatre fois plus important pour un même allongement. Cela peut être dû à la différence de nombre de brins d'élastique entre les deux montages.



**FIGURE 4** – Comparaison du comportement mécanique de l'élastique en laboratoire et sur la tour de marnage

Pour comparer les résultats des Altus avec ceux du capteur à fil, on considère le temps noté dans la Table 1. On calcule alors la moyenne et l'écart-type sur 30 secondes.

Pour calculer les déplacements, on considère la première mesure comme référence à la fois pour le capteur à fil et pour les Altus, qui est retranchée de toutes les valeurs. Ces résultats sont présentés figure 5. La réponse est alors très linéaire; les interpolations donnent des coefficients de 0,996 et 0,98 pour  $R^2 = 0,999$ .



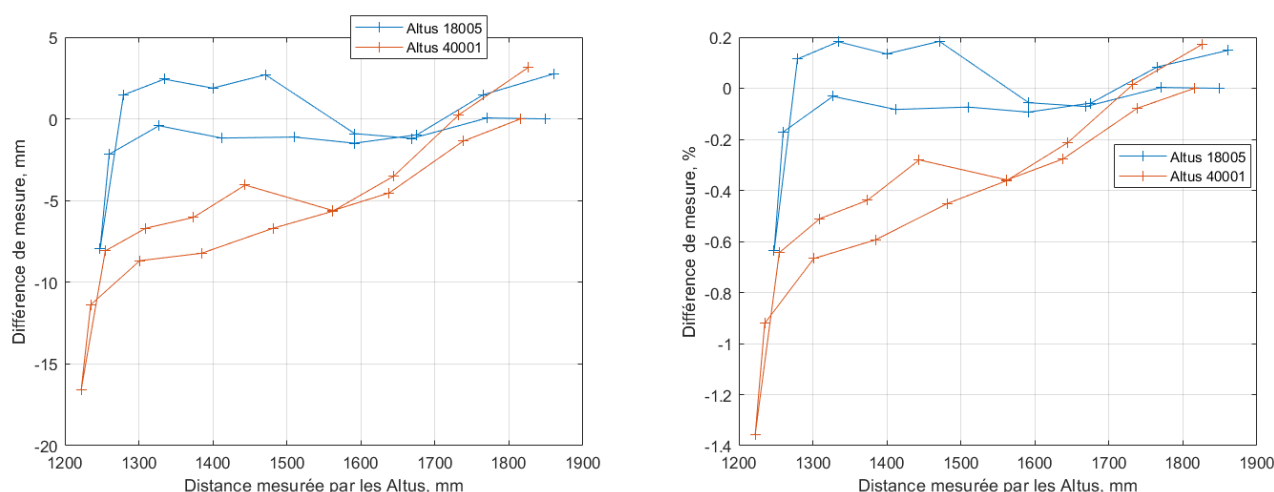
**FIGURE 5** – Comparaison des résultats de déplacement par le Longus et par le capteur à fil

L'écart de distance maximum entre les deux mesures est alors de 7,9 mm et de 16,6 mm (figure 6). La différence la plus importante est obtenue pour le point de mesure où l'élastique est le moins tendu. On peut alors supposer que cela vient du fait que l'élastique étant détendu, la cible oscille plus facilement sous l'effet des vagues. Or, vu que l'on prend la mesure du capteur à fil à un instant  $t$ , le risque d'erreur est plus important. On verra d'ailleurs figure 7 que l'écart-type de la mesure acoustique est plus important lorsque l'élastique est détendu.

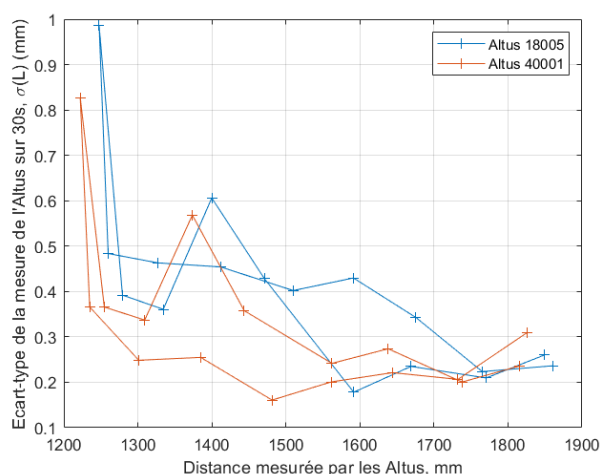
Par ailleurs, on constate que la différence entre les deux Altus est croissante en fonction de la distance mesurée. Cela pourrait être causé par une inclinaison de la cible par rapport aux Altus lorsque la tension est appliquée au système. En particulier, le bout inextensible relié au capteur à fil était fixé sur le côté de la cible correspondant à l'Altus 18005, ce qui peut expliquer les meilleurs résultats de celui-ci. Il faudrait alors faire la moyenne des deux Altus pour déterminer la distance. Car, si la cible n'est pas droite, la distance au centre de la cible est la moyenne des deux mesures.

L'écart relatif est inférieur à 1,5%. Si on ignore le point où l'élastique n'est pas en tension, celui-ci est inférieur à 1%. En ne considérant que l'Altus 18005, l'écart est même inférieur à 0,2%.

L'écart-type de la mesure des Altus sur 30 secondes, présentés figure 7, est inférieur à 1mm. Si on ignore le point où l'élastique n'est pas en tension, celui-ci descend à 0,6mm.



**FIGURE 6** – Différence de mesure absolue (gauche) et relative (droite) entre les capteurs Altus et le capteur à fil.



**FIGURE 7** – Ecart-type de la mesure des Altus sur 30 secondes

## Références

- [1] Données issues de la bouée MAREL-Iroise située à moins de 100 m de la zone d'étude.  
Les capteurs sont placés à 2 m de profondeur. Localisation (WGS84) : 48°21'28.66" N, 4°33'05.48" O.  
Data provided by IUEM-IFREMER/UBO/INSU-CNRS, agreement n° 11/2-210922  
<https://www.emodnet-physics.eu/map/platinfo/piroosplot.aspx?platformid=963215> profondeur 2,538m
- [2] Rapport étalonnage Réf. REM/RDT/LCSM/21\_o8o
- [3] Rapport d'essai en mer du Longus REM/RDT/LCSM 21-100
- [4] Rapport d'essai en bac du Longus REM/RDT/LCSM 21-102