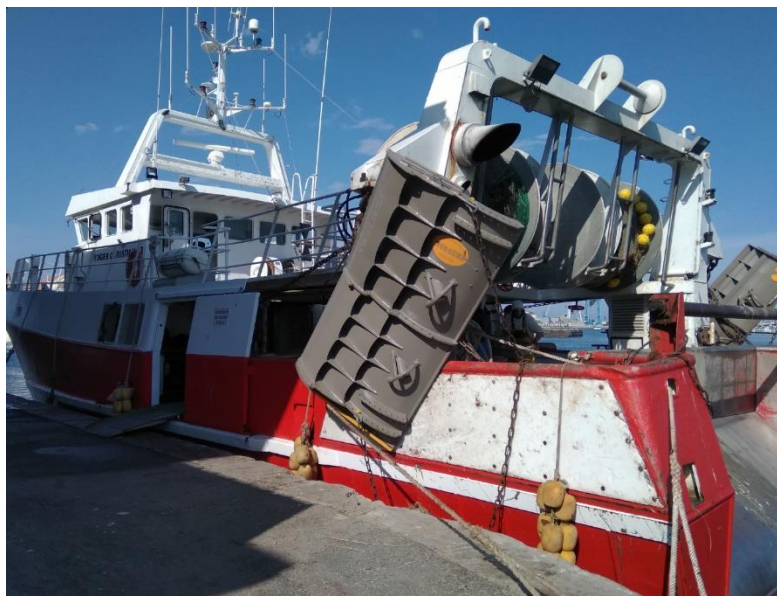


Projet REVERSE

Rapport des essais des panneaux REVERSE sur le chalutier Roger-Christian III à Sète les 3,4 et 5 mai 2021

Date	Révision	Auteur
16/06/2021	Version initiale	B Vincent



Sommaire

1	Objectifs des essais	3
2	Instrumentation	4
3	Chronologie	5
4	Gréement	6
5	Performance des panneaux	7
6	Contrôle de la hauteur des panneaux au-dessus du fond	8
6.1	Contrôle par la mesure	8
6.2	Abaque de réglage	9
7	Mesure de l'angle d'attaque d'un panneau	9
9	Réglages des panneaux	15
10	Simulations	16
11	Conclusions	18
11.1	Réglages du gréement	18
11.2	Modélisation	18
11.3	Mesure	18
11.4	Pêche.....	18

1 Objectifs des essais

Dans une configuration de chalutage de fond avec des chaluts jumeaux à 2 funes, les objectifs de ces essais sont :

- le réglage du gréement pour obtenir au minimum l'écartement des panneaux observé habituellement à bord,
- d'évaluer une éventuelle réduction de consommation de carburant,
- de vérifier la possibilité de contrôler la hauteur des panneaux par la vitesse ou par le filage tout en gardant les mêmes capacités de pêche aux chaluts,
- d'observer l'attitude des panneaux en fonction du réglage du braguet et des pattes,
- de mesurer d'incidence des panneaux avec un ADCP.

2 Instrumentation

Capteurs

Braguet tribord	23004 (J3)
Braguet bâbord	23005 (J3)
Pattes tribord	28001
Pattes bâbord	28002
H tribord	28003
H bâbord	28004
Chalut tribord, aile tribord	33002
Chalut tribord, aile bâbord	33005
Inclinomètre panneau tribord	22002 T1 à T4 puis en panne et remplacée par 38001
Inclinomètre panneau bâbord	38002
Profondeur corde de bête	38063
Profondeur chaîne H bâbord	33037 (J3)
Profondeur chaîne panneau bâbord	33040 (J3)
ADCP Nortek Aquadopp	(J3)

Capteurs d'angles des panneaux :

Panneau tribord : angle 1 > 0 : assiette négative (le panneau plonge), angle 2 > 0 : roulis vers l'intérieur (panneau élévateur).

Panneau bâbord : angle 1 > 0 : assiette positive (le panneau est orienté vers la surface), angle 2 > 0 : roulis vers l'intérieur (panneau élévateur).

3 Chronologie

Trait	Début	Fin	Evolutions
1	3/05/2021 4h30	6h02	Réglages des panneaux pour obtenir l'écartement nominal
2	3/05/2021 6h25	8h03	
3	3/5/2021 9h13	10h54	
4	3/05/2021 11h52	12h09	
5	3/05/2021 12h47	14h56	
6	4/05/2021 4h40	7h33	Les chaînes lest sont réduites de moitié (34→17m)
7	4/05/2021 8h40	8h50	
8	4/05/2021 9h05	11h55	
9	4/05/2021 13h55	16h03	Les fourches sont allongées de 60m de câble
10	5/05/2021 4h53	5h32	Les fourches conservent les 60m de câble et les bras sont allongés de 48m de maillette
10B	5/05/2021 6h03	10h57	
11	5/05/2021 11h10	14h10	

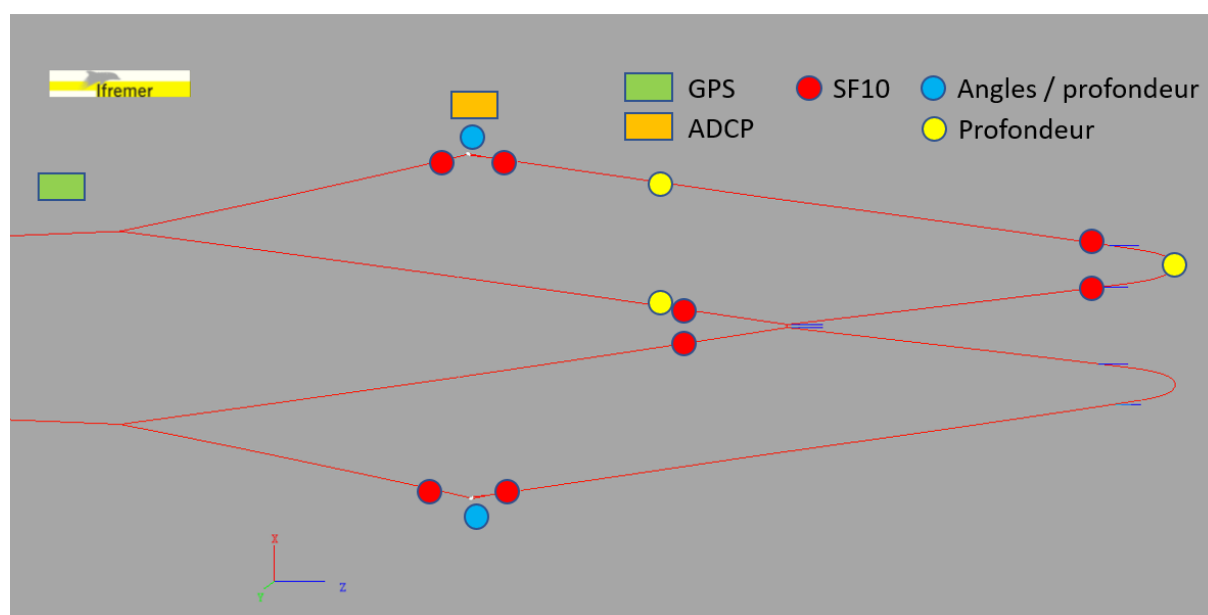


Figure 1 : Plan d'instrumentation. La géométrie du gréement correspond aux traits 1 à 8.

4 Gréement

Les panneaux sont des Reverse avec un rapport d'allongement vertical de 2 (ratio 2). Surface 3.4 m², hauteur 2.7m, largeur 1.28m, masse 600kg plus 100 kg de lest, Cd=0.60 Cl=2.10 (valeurs CFD). Le CDG est à environ 25% de la hauteur. La surface de ces panneaux a été diminuée par rapport à celle des panneaux du bord pour prendre en compte leur plus grande efficacité (plus grand allongement vertical). Les panneaux du bord sont des Osprey : ratio 1.5, Cd=0.56 Cl=1.84, surface 3.70 m², masse 1200 kg.

Les 2 chaluts ont 4 faces et sont en nylon, d'une surface d'environ 100m², 60 m de corde de dos et 80m de corde de bête.

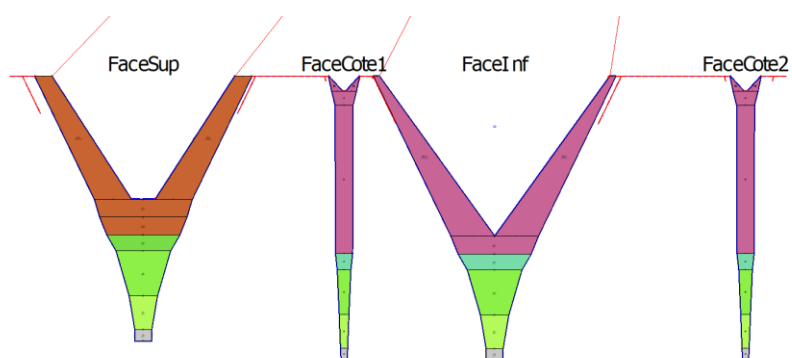


Figure 2 : vue schématique d'un chalut du Roger Christian III.

Le plan du gréement est présenté Figure 3 et Figure 4.

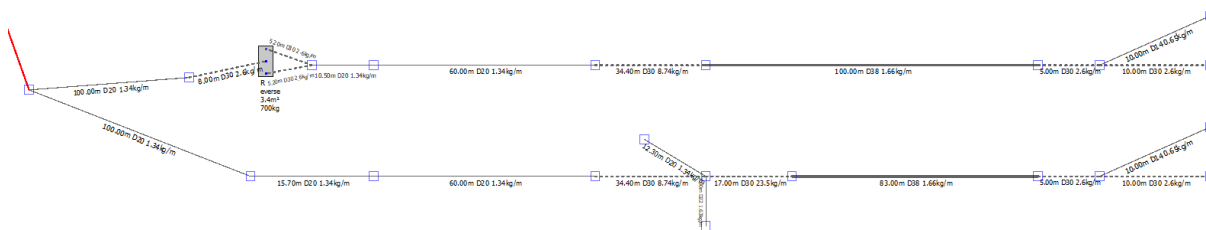


Figure 3 : Plan du gréement pour les traits 1 à 8, les longueurs des fourches sont inférieures aux longueurs des bras. Les chaînes sont représentées en pointillés et les maillettes en trait épais.

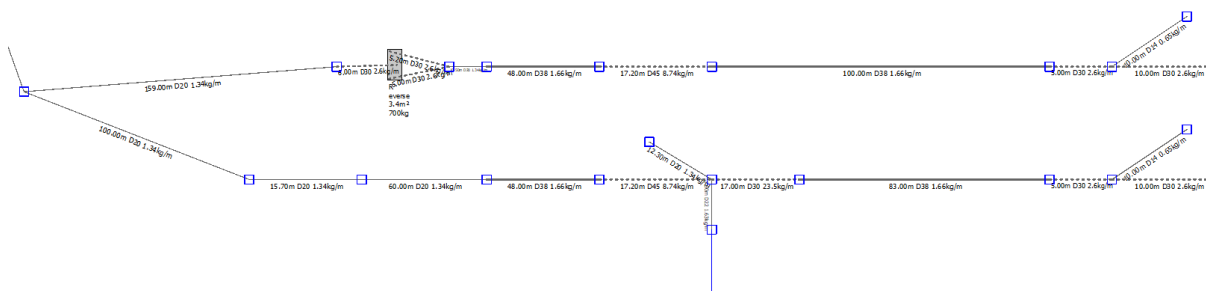


Figure 4 : Plan du gréement pour les traits 9 à 11, les longueurs des fourches sont proches des longueurs des bras.

5 Performance des panneaux

Nous utilisons la méthode utilisée et détaillée dans le rapport REVERSE du 13 juillet 2018 (essais sur le NO Europe). Compte tenu du gréement jumeaux et du matériel de mesure utilisé, il n'est pas possible de déterminer à partir de la mesure l'angle du bras. De même, l'angle de la fune est modifié par rapport à un gréement simple par la présence de la fourche et ne peut pas être évalué facilement par la mesure. Les angles de ces 2 câbles ont donc ici été relevés sur les résultats de simulations, avec une distance entre panneaux égale à celle mesurée en mer.

Les panneaux habituels du bord n'ont pas été testés, nous ne disposons donc pas d'une situation de référence.

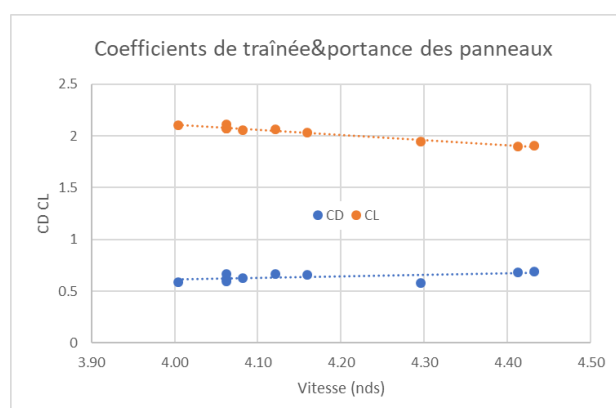


Figure 5 : Valeurs de CD et CL en fonction de la vitesse, calculées à partir des mesures de tension dans les câbles et des angles des câbles relevés sur les simulations.

	C Lift	C Drag
Essais sur Circé	1.5 à 1.9	1.8
Essais sur Roger-Christian III à 4.2 nœuds	2	0.7

Table 1 : comparaison des coefficients des panneaux avec les valeurs obtenues lors de la campagne sur le Circé.

Les portances et traînées calculées sont conformes à l'attente (référence bassin et CFD, traînée particulièrement faible) et sont les meilleures obtenues en comparaison avec les autres embarquements.

6 Contrôle de la hauteur des panneaux au-dessus du fond

6.1 Contrôle par la mesure

La stabilité de la hauteur des panneaux au-dessus du fond est assurée par les chaînes lest. Ces chaînes servent également à maintenir le même contact du train de pêche sur le fond qu'avec un gréement classique à panneaux de fond, c'est-à-dire permettent de maintenir les maillettes de 100m posées sur le fond (en fait dans un gréement classique, quelques mètres sont décollés du fond du fait de la hauteur du panneau).

Une première série d'essais a été effectuée avec 4 chaînes de 34m et 8.7 kg/m : une chaîne derrière chaque panneau et 60m de câble et une chaîne devant chaque branche du H central (Figure 3). Ces essais correspondent aux traits 1 à 5. Seuls les traits 3 4 et 5 sont analysés ici car les traits 1 et 2 ont été utilisés pour arriver à un fonctionnement nominal du gréement.

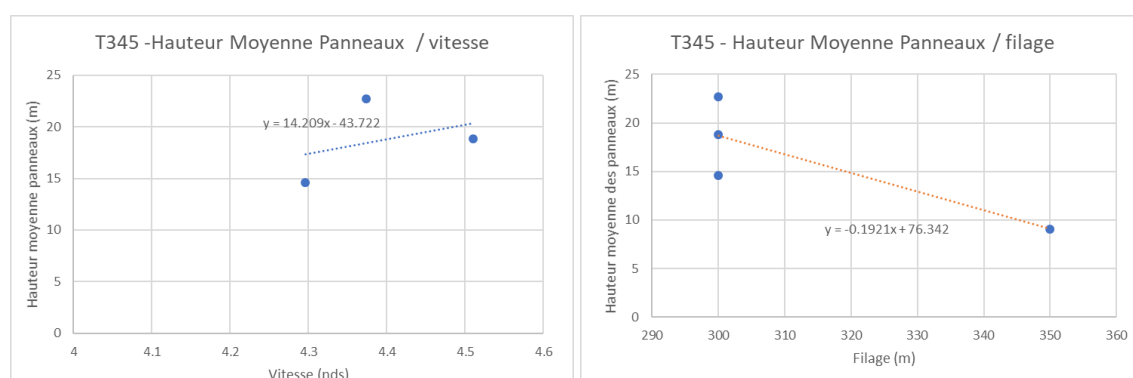


Figure 6 : régulation de la hauteur des panneaux par la vitesse ou par le filage pour les traits 3 4 et 5. Les capteurs de hauteur des chaînes n'étaient pas installés.

Une seconde série d'essais (traits 6 à 11) a été effectuée en divisant la longueur de ces 4 chaînes par 2 et en modifiant les longueurs de câbles dans le gréement.

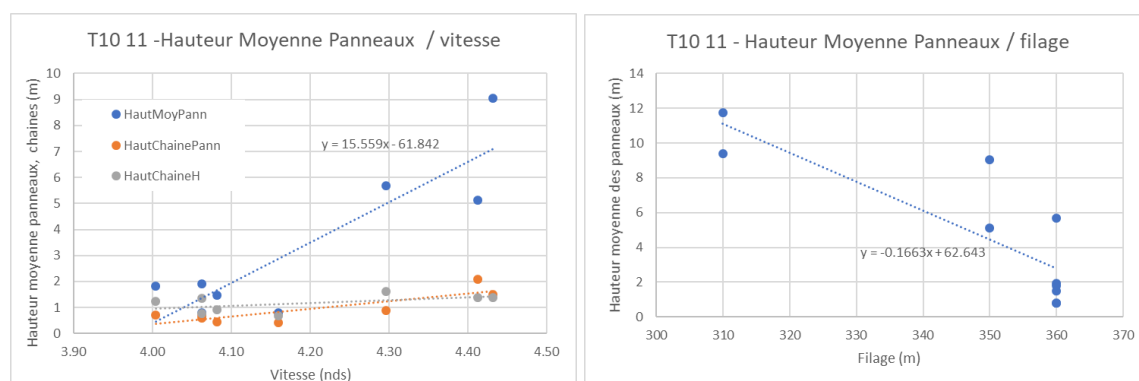


Figure 7 : régulation de la hauteur des panneaux par la vitesse ou par le filage pour les traits 10 et 11.

La longueur filée est comptée entre le réa et le panneau, ce qui rend cette donnée relativement indépendante des modifications de longueur des fourches.

Les graphiques de hauteur en fonction de la vitesse sont établis à filage constant. Les graphiques de hauteur en fonction du filage sont établis avec des vitesses dans une plage étroite (0.2 nœuds). Le graphique de la Figure 6 droite a une surreprésentation des points à 360m ce qui accentue la pente de la droite moyenne. Les équations des droites de régression donnent donc

un ordre de grandeur du rapport entre la variation de hauteur des panneaux et la variation de vitesse ou de filage : respectivement 15m de hauteur par nœud (ou 1.5m par 10^{ième} de nœud) et -0.17m de hauteur par m de filage (ou -1.7m de hauteur par 10m de filage). Ces valeurs sont comparées à celle obtenue sur le Circé et l'Ultime épreuve :

	Rapport hauteur / vitesse	Rapport hauteur / filage
Roger-Christian III	15	-0.17
Ultime épreuve	1.5 à 10	
Circé	20 à 28	

Le rapport hauteur / filage par simulation donne une tendance proche de celle obtenue pour les traits 10 et 11 (Figure 14).

On observe que réduire le filage pour augmenter la hauteur des panneaux se traduit par une diminution de leur écartement. Cela introduit une différence qui vient diminuer la tension dans les funes et réduire la tension sur les ailes extérieures.

6.2 Abaque de réglage

Un abaque de réglage est proposé dans le Tableau 1. Il est obtenu par simulation pour les réglages des panneaux et du gréement du jour 3. Les « bonnes » configurations sont colorées en vert sur la base de ces 2 critères : la maillette coté panneaux est posée à plus de 80% et la chaîne lest est posée à moins de 50%.

Filage / vitesse	3.9			4.1			4.3			4.5		
450	0	100	100	0	100	100	0.99	100	100	1.9	74	100
400	0	100	100	0.96	100	100	2.2	77	100	3.8	14	100
350	1.4	100	100	2.6	71	100	4.5	0	90	7.3	0	40
300	3.7	54	100	5.9	0	80	8.9	0	30	13.3	0	0

Tableau 1 : pour chaque couple filage (longueur jusqu'aux panneaux) / vitesse, la première colonne est la hauteur des panneaux au-dessus du fond, la colonne 2 est le % de chaîne lest posé, la colonne 3 est le % de maillette posé. Les configurations en vert sont celles à utiliser.

Lors des essais du jour 3, les filages variaient de 350 à 360m, la vitesse variait de 3.9 à 4.4 nœuds. C'est donc les configurations en caractères rouge qui étaient utilisées. Si la longueur des chaînes lest était restée à 34m – ce qui implique une traînée des chaînes supérieure lorsqu'elles sont en contact avec le substrat – cela aurait conduit au Tableau 2. On voit alors que les configurations possibles sont plus nombreuses (facilité) et que les panneaux sont plus haut en moyenne (réserve). Pour pouvoir diminuer la vitesse, il faudrait un matériel globalement plus léger.

Filage / vitesse	3.9			4.1			4.3			4.5		
450	0	100	100	0	100	100	1.5	94	100	2.3	80	100
400	0	100	100	1.4	97	100	2.5	80	100	4.3	51	100
350	1.7	97	100	3	77	100	5	49	100	7.1	20	100
300	4.3	69	100	6.4	40	100	8.6	11	100	12	0	50

Tableau 2 : identique à Tableau 1 mais pour une longueur de chaîne lest de 34 m.

7 Mesure de l'angle d'attaque d'un panneau

Les mesures avec un ADCP (profileur de vitesse par acoustique Doppler) faites sur le Circé ont été reconduites sur le Roger Christian III pendant la dernière journée.

L'angle d'incidence ou d'attaque des panneaux (angle de la corde du panneau par rapport à son vecteur vitesse (projeté sur le plan du plat supérieur) intégrant l'éventuel courant d'eau relatif au panneau) est une donnée de base pour obtenir un bon réglage et un fonctionnement au point nominal. Il n'existe pas à ce jour de système permettant de mesurer cet angle, sauf par observation des rayures sur les semelles, ce qui donne une indication très moyennée.

L'angle d'incidence « instantané » est mesuré avec un ADCP dont la mise en place a été facilitée par l'ajout de 2 joncs sur le plat supérieur du panneau bâbord. Un dispositif de protection aurait été souhaitable pour éviter l'endommagement du capteur par le câble de la fourche qui vient au contact du haut du panneau au virage.

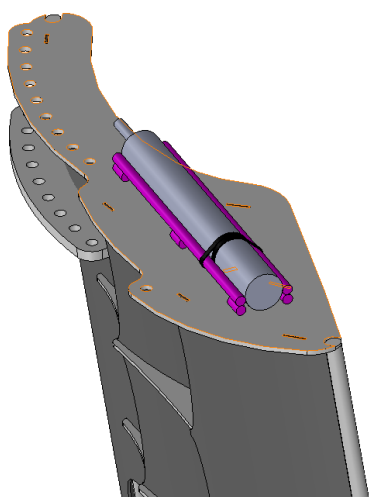


Schéma 1 : montage de l'ADCP sur le haut du panneau tribord, parallèlement à la corde.

L'angle d'incidence du panneau bâbord a été mesuré pour les traits 10 et 11, alors que le panneau était à son meilleur réglage. Le Tableau 3 et les Figure 8 montrent une valeur moyenne pour la journée 3 de 36 degrés avec des variations importantes autour de la moyenne.

Le trait 11 était le parcours inverse du trait 10. L'éventuel courant latéral peut expliquer la différence importante entre les 2 angles moyens.

Pour rappel l'angle moyen observé à bord du Circé était de 36 degrés.

Trait	Angle moyen [°]	Angle mini (moyenne 40s)	Angle maxi (moyenne 40s)
10	39	30	44
11	33.5	30	38
Moyenne	36.2		

Tableau 3 : angle d'incidence mesuré pour les traits de la dernière journée. Valeurs moyennes min et max.

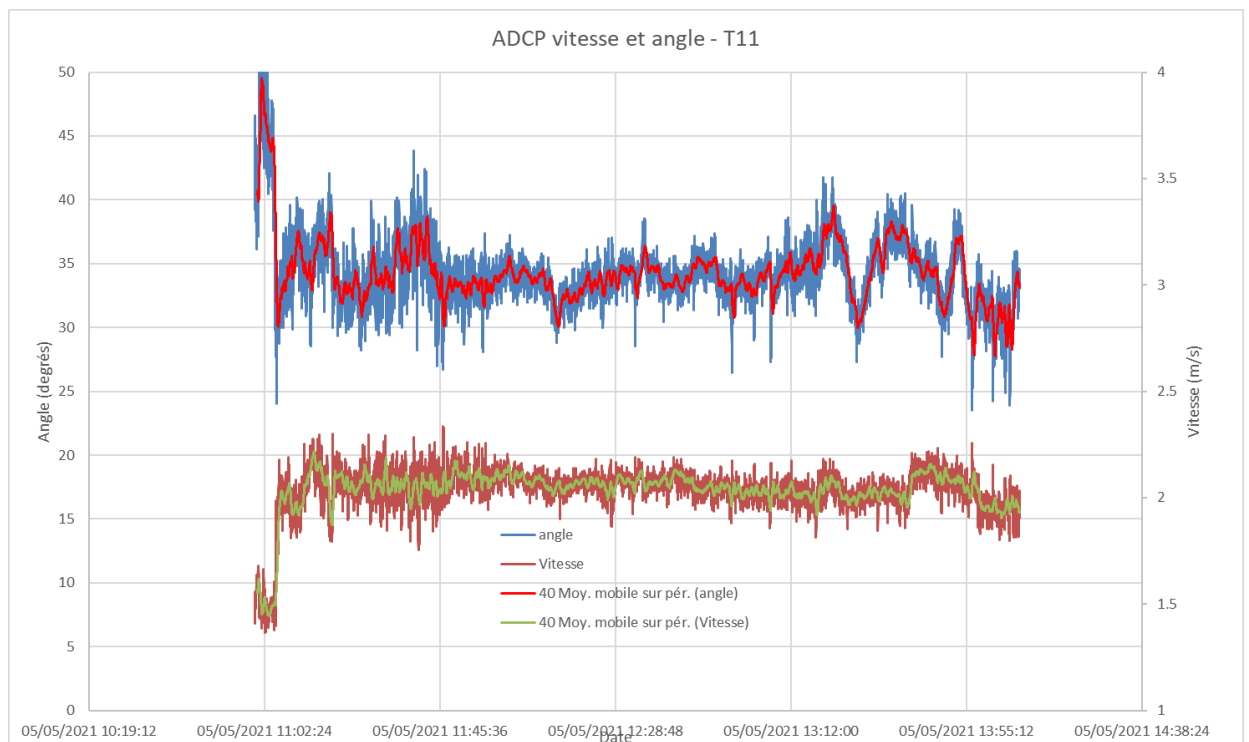
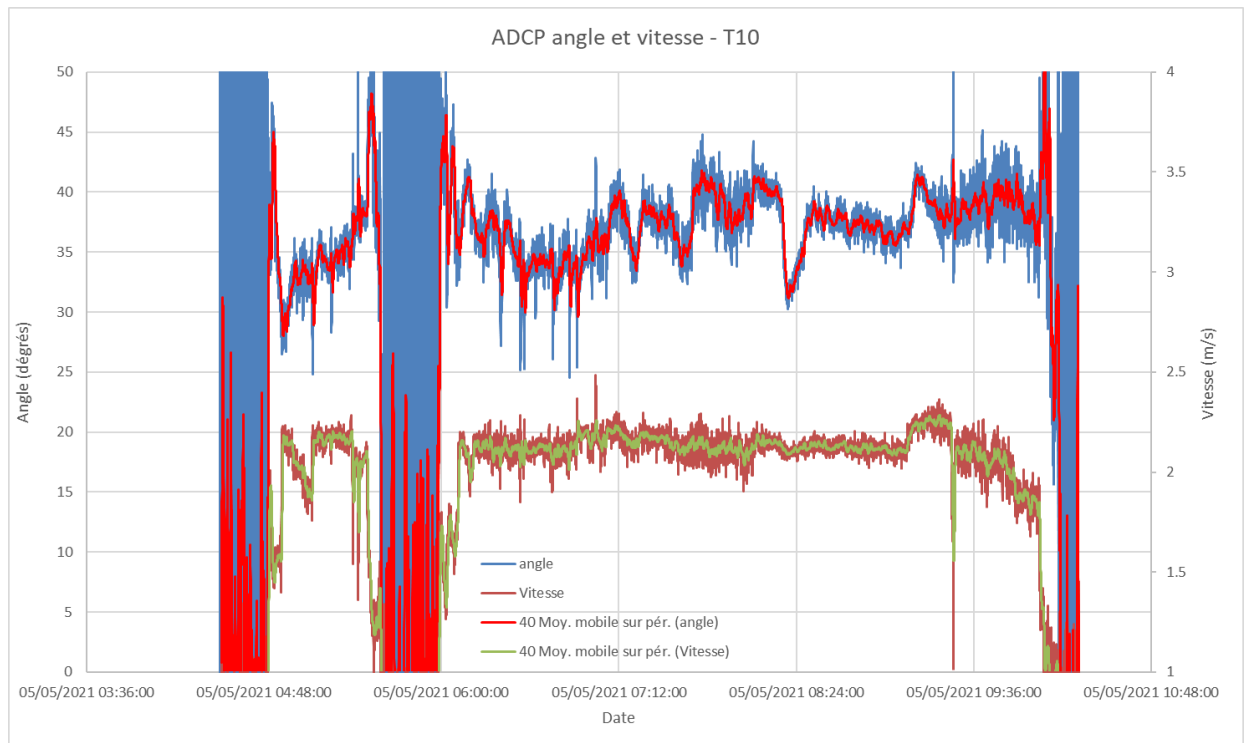


Figure 8 : évolution de l'angle d'incidence et comparaison des vitesses de référence pour 2 traits.

L'angle d'incidence semble diminuer avec la distance entre panneaux et augmenter avec la vitesse (Figure 9). La vitesse et la distance entre panneaux étant liées, ces courbes sont établies respectivement sur une plage étroite de vitesse (vitesse supposée constante) et de distance entre panneaux (distance supposée constante).

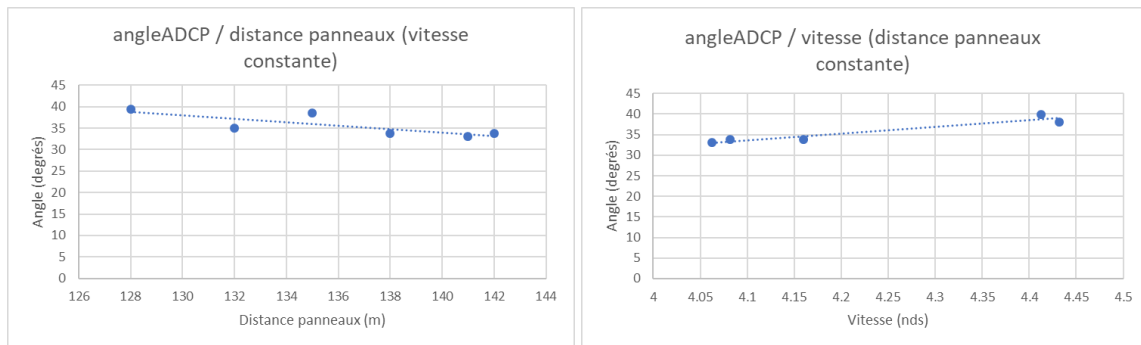
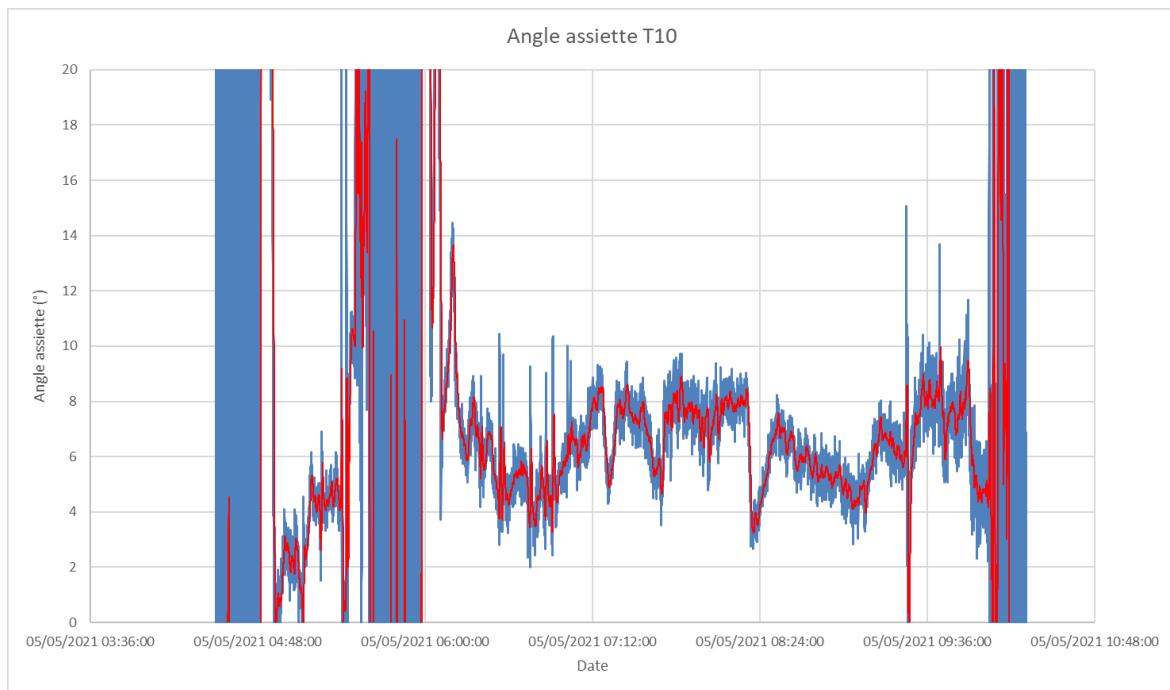


Figure 9 : évolution de l'angle d'incidence avec la vitesse et la distance entre panneaux

Il est possible de reconstruire l'angle d'assiette du panneau bâbord avec les composantes de vitesse longitudinale et verticale (référentiel panneau), Figure 10. Pour le trait 10, les capteurs d'angles donnent une moyenne de 6° d'assiette arrière pour le panneau bâbord et 0° pour le trait 11. Les mesures d'assiette avec l'ADCP sont donc parfaitement cohérentes avec les mesures des capteurs NKE.



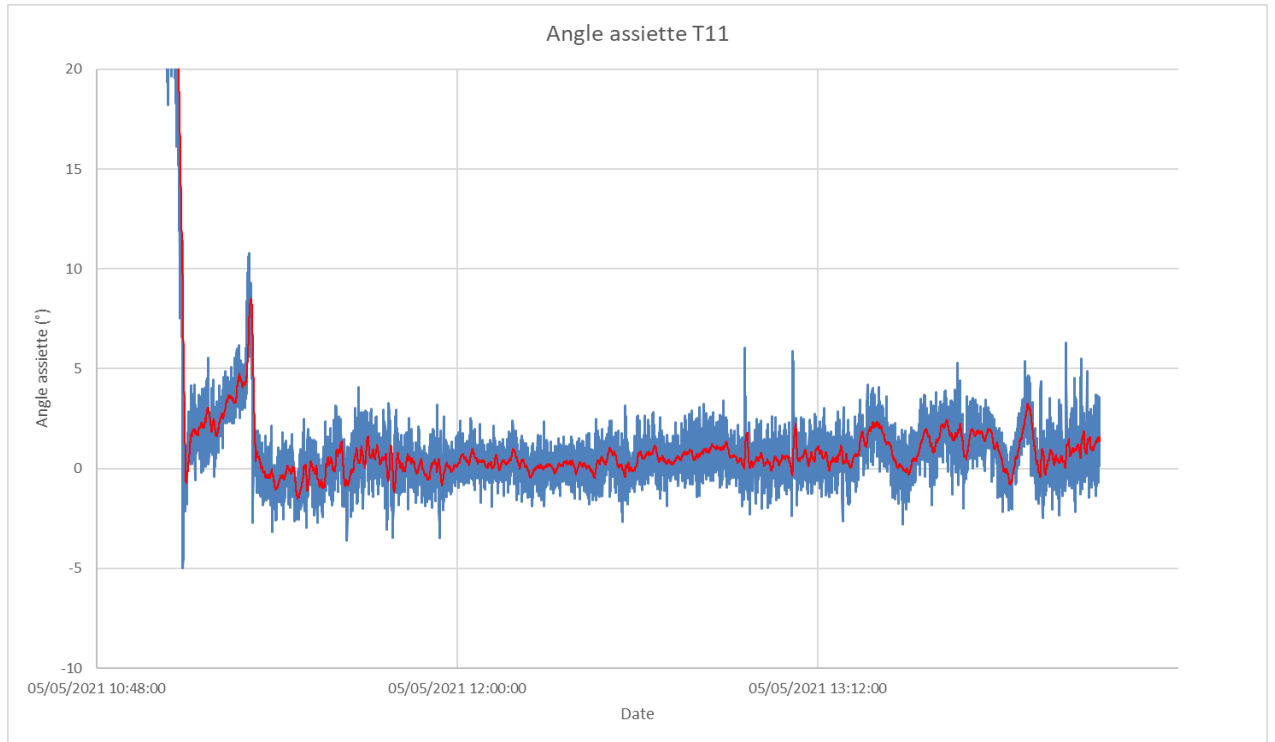


Figure 10 : évolution de l'angle d'assiette du panneau bâbord pour les traits 10 et 11.

9 Réglages des panneaux

Les mesures des angles de roulis et d'assiette en fonction des réglages des panneaux sont données dans la Table 2 en se référant à la Figure 12. La hauteur des panneaux est donnée à titre indicatif car elle dépend du filage et de la vitesse, qui peuvent varier au cours d'un trait.

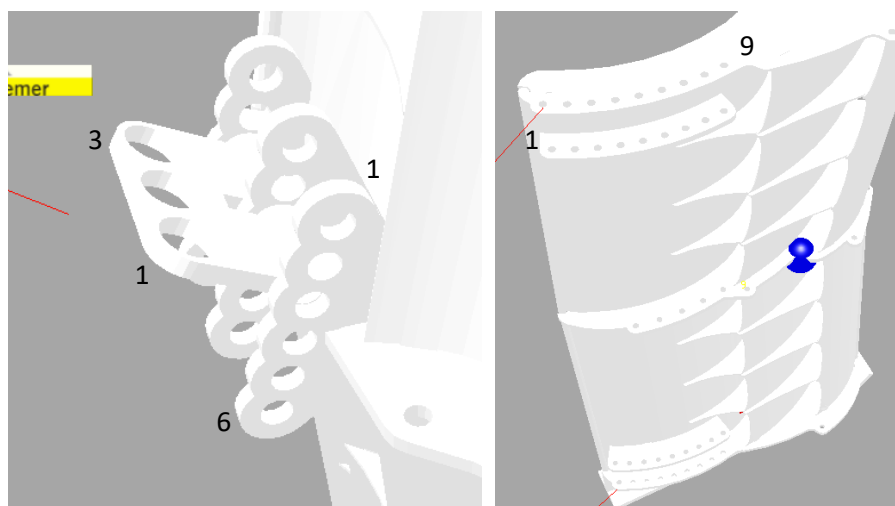


Figure 12 : numérotation pour repérage des positions du braguet : trous horizontaux 1 arrière, 2 central, 3 avant. Trous verticaux : 1 haut jusqu'à 6 bas. Pour les pattes : 1 arrière jusqu'à 9 avant.

		Roll (gîte°)	Pitch (assiette°)	Hauteur (m)
Trait 1	Braguet horizontal 3, vertical 3 Pattes : 5	Tri : -12 Bab : -21	Tri : 10 Bab : -6	Tri : 6 Bab : 2
Trait 2	Braguet horizontal 3, vertical 3 Pattes : 8	Tri : -9 Bab : -2	Tri : 9 Bab : 5	Tri : 15 Bab : 12
Trait 3 et 5	Braguet horizontal 3, vertical 2 Pattes : 8	Tri : 7 Bab : 9	Tri : -12 Bab : 13	Moyenne : 16
Trait 4	Braguet horizontal 2, vertical 2 Pattes : 8	Tri : 4 Bab : 13	Tri : -23 Bab : 26	Moyenne : 40
Trait 6	Braguet horizontal 3, vertical 2 Pattes : 8	Moyenne : 7	Bab : 11 Tri : -1	Moyenne : 14
Trait 7 (tribord modifié, bâbord inchangé)	Braguet horizontal 3, vertical 3 Pattes : 8	Tri : -11	Tri : 17	Tri : 6
Trait 8	Braguet horizontal 3, vertical 2 Pattes : 8	Tri : 2	Tri : 3	Tri : 8
Trait 9	Braguet horizontal 3, vertical 2 Pattes : 8	Tri : 2 Bab : 3	Tri : 9 Bab : 0	Inférieure à 1
Trait 10	Braguet horizontal 3, vertical 2 Pattes : 8	Tri : 4 Bab : 4	Tri : 0 Bab : 6	Moyenne : 9
Trait 11	Braguet horizontal 3, vertical 2 Pattes : 8	Tri : 3 Bab : 1	Tri : 5 Bab : 0	Moyenne : 2

Table 2 : effet des réglages des panneaux. Rappel : Panneau tribord : angle 1 > 0 : assiette négative (le panneau plonge), angle 2 > 0 : roulis vers l'intérieur (panneau élévateur). Panneau bâbord : angle 1 > 0 : assiette positive (le panneau est orienté vers la surface), angle 2 > 0 : roulis vers l'intérieur (panneau élévateur).

A partir du trait 5, la patte supérieure a 67 maillons et la patte inférieure a 65 maillons. Avant le trait 5, les 2 pattes ont 67 maillons.

10 Simulations

Le dimensionnement initial du gréement a été basé essentiellement sur des simulations, les essais en bassin n'ayant pas pu être faits avec un matériel représentatif de celui trouvé à bord, compte tenu des dimensions du bassin. Cependant, des essais en bassin sur un gréement jumeaux décollé à 2 funes ont permis d'identifier les principaux problèmes et de tester des solutions.

Il s'est ensuite avéré lors des essais à bord que les chaînes lest initialement prévues avaient une traînée trop importante (effet de la vase ?). Elles ont été réduites de moitié à partir du trait 6.

Nous cherchons donc ici à évaluer la représentativité des simulations, en termes de hauteur des panneaux et de tensions dans le gréement. Les valeurs données par la simulation sont proches des valeurs mesurées, à condition d'augmenter artificiellement le frottement des maillettes et des chaînes lest (par rapport aux valeurs de frottement d'objets traînés sur un fond de sédiment sable / vase).

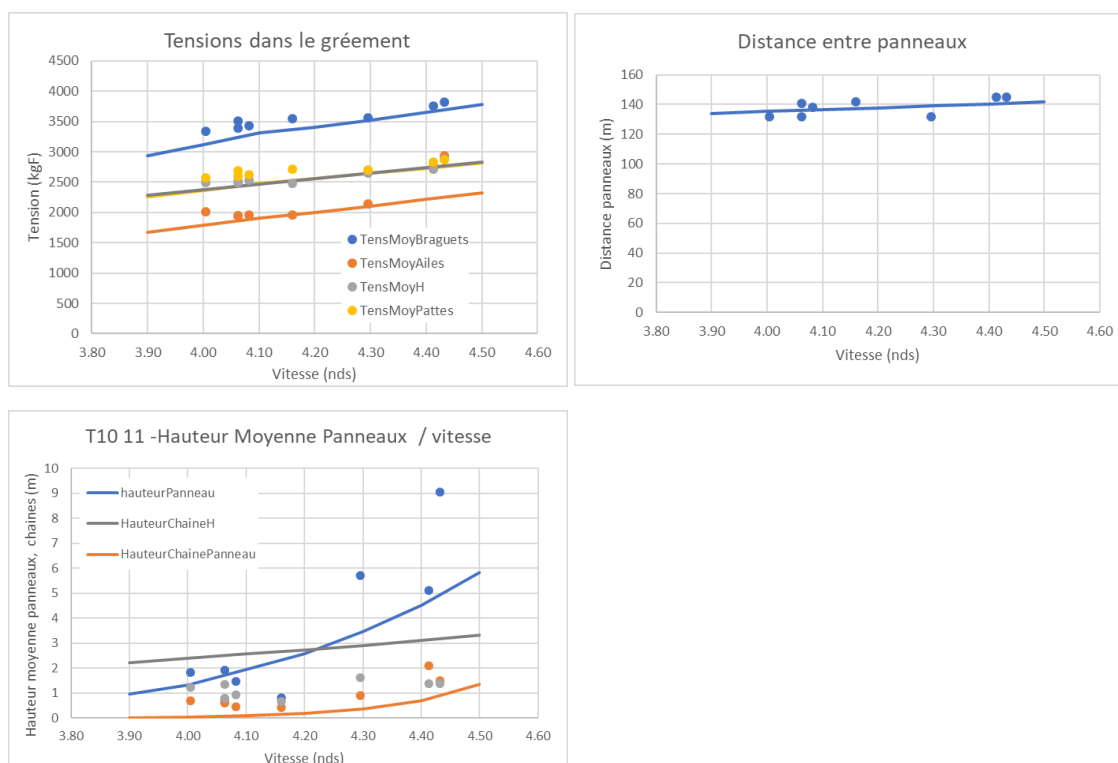


Figure 13 : Comparaison des mesures (points) et des simulations (traits) pour les traits 10 et 11

La mesure donne un rapport de -0.17 entre filage et hauteur. La simulation (Figure 14) donne une valeur d'environ -0.1.

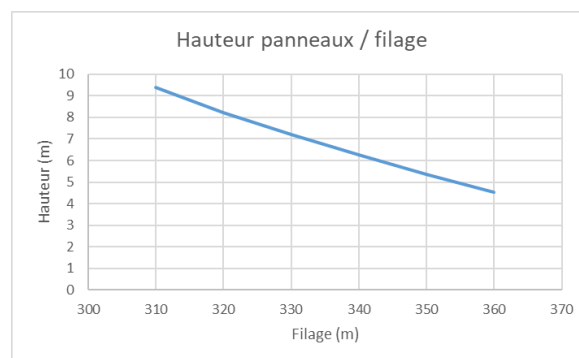


Figure 14 : simulation de la relation entre la hauteur des panneaux et le filage, pour la vitesse de 4.17 nœuds (vitesse moyenne des graphes de la Figure 6)

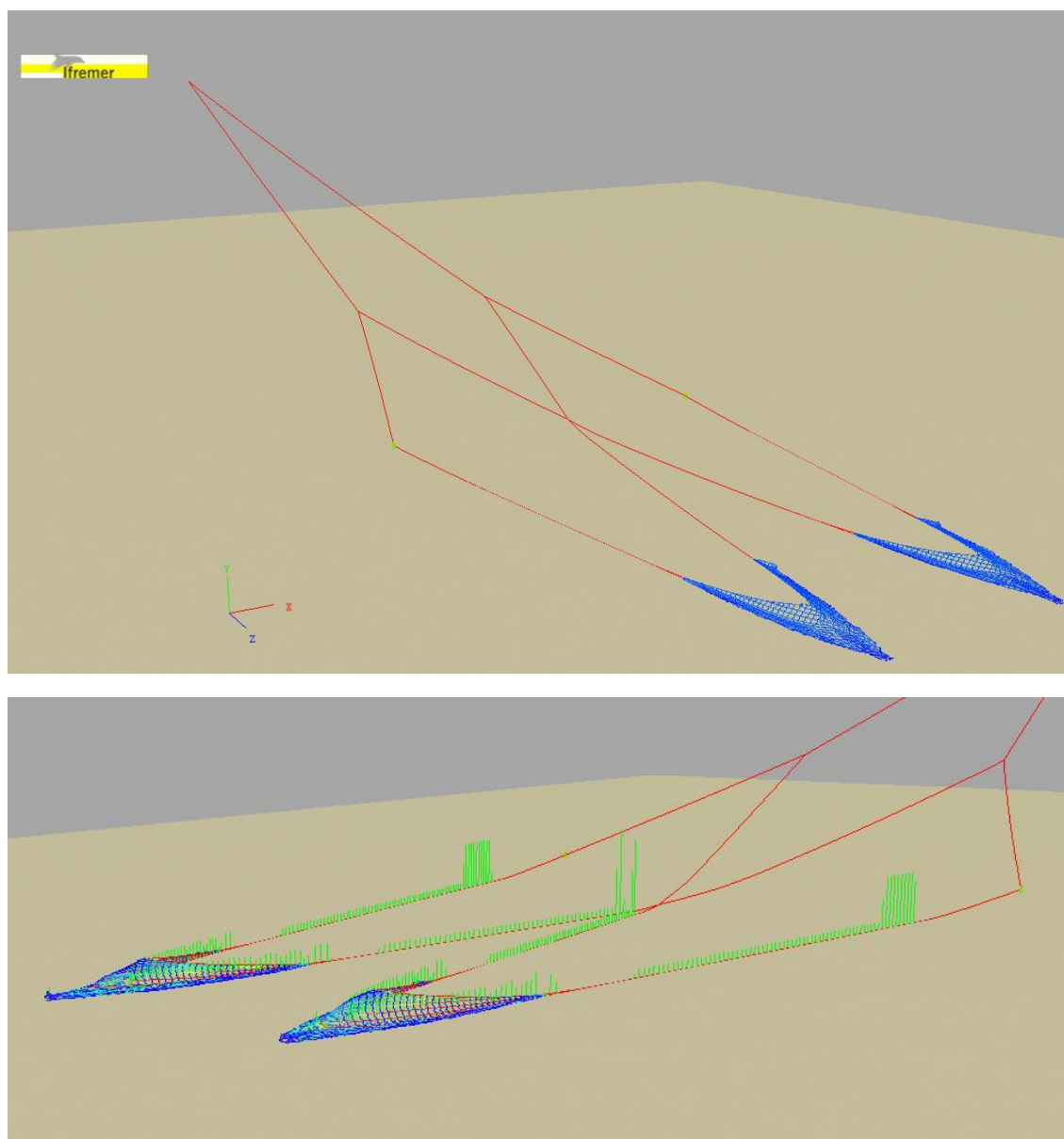


Figure 15 : vues de simulation. Les barres vertes représentent l'appui au sol. Elles sont plus longues pour les chaînes lest que pour les maillettes.

11 Conclusions

11.1 Réglages du gréement

Les panneaux ont été réglés assez rapidement, mais l'effet non anticipé de la traînée des chaînes et des maillettes nous a amené à réduire le poids du gréement prévu initialement. Cet allègement nous a contraint à positionner les panneaux plus près du fond.

Cependant un réglage opérationnel a été obtenu et s'est montré efficace en termes d'impact physique des panneaux sur les fonds, de consommation de carburant, de pêche et d'usure des semelles.

11.2 Pêche

Les résultats ont été très bons, en comparaison avec les résultats des navires pêchant les mêmes jours dans la même zone.

11.3 Modélisation

Les modèles de frottement au sol sont améliorables, en particulier le type de fond de vase molle rencontré. Ce manque ne nous a pas permis d'anticiper la traînée importante des maillettes, et probablement des chaînes lorsqu'elles sont en contact avec le fond.