

10<sup>èmes</sup> JOURNÉES DE L'HYDRODYNAMIQUE

Nantes, 7, 8 et 9 mars 2005

## Caractérisation de l'écoulement autour d'un cul de chalut

### *Flow characterization over a cod-end*

G. Germain<sup>\*</sup>, D. Marichal<sup>\*\*</sup>, J-V Facq<sup>\*</sup>, D. Priour<sup>\*\*\*</sup>

<sup>\*</sup> IFREMER, Centre Manche-Mer du Nord, 150 quai Gambetta, BP 699,  
62321 Boulogne-sur-mer, [ggermain@ifremer.fr](mailto:ggermain@ifremer.fr)

<sup>\*\*</sup> Ecole Centrale de Nantes, 1 rue de la Noë, 44321 Nantes, [Dominique.Marichal@ec-nantes.fr](mailto:Dominique.Marichal@ec-nantes.fr)

<sup>\*\*\*</sup> IFREMER, Centre de Brest, BP 70, 29280 Plouzane, [dpriour@ifremer.fr](mailto:dpriour@ifremer.fr)

### Résumé

Le pouvoir de sélectivité des engins de pêche de type chalut est conditionné par les caractéristiques de la structure et de l'écoulement. En vue d'une meilleure compréhension des interactions en présence dans ces structures souples, nous proposons au travers de l'étude ci-dessous d'analyser expérimentalement et numériquement l'écoulement autour d'un cul de chalut rigide. Les essais expérimentaux ont été réalisés dans une veine hydrodynamique à surface libre et les caractéristiques de l'écoulement déterminées à partir de profils de vitesses obtenus par vélocimétrie laser. Le montage expérimental, les techniques de mesures et l'étude proprement dite de l'écoulement sont décrits en deux temps. La modélisation numérique du problème et la confrontation des différents résultats sont présentées en dernier lieu.

### Summary

The power of selectivity of fishing gears like trawls is conditioned by the net structure and flow characteristics (which substantially affect the fish behaviour). With the aim of a better understanding of interaction in presence of these flexible structures, we suggest through the study below to analyze experimentally and numerically the flow over a stiff cod-end. Trials took place in a free surface circulation tunnel and flow characteristics determined from velocity profiles obtained by velocimetry laser (inside, outside and through the meshes of a stiff cod-end). The experimental assembly, the measurement system and the study of the flow itself are described in two time. The numerical modelling of the problem and the confrontation of the various results are then presented.

## 1. Introduction

L'exploitation des ressources halieutiques étant de plus en plus souvent critiquée du fait de la raréfaction de la ressource, il est devenu urgent de préserver les différentes espèces en évitant la capture des juvéniles et les différents rejets. S'il n'est aujourd'hui plus nécessaire de démontrer la nécessité d'améliorer la sélectivité des engins de pêche utilisés, il est très difficile de développer ce type de systèmes du fait de notre manque de connaissance du fonctionnement de ces dispositifs aux parois perméables et des forts couplages fluide-structure en présence [1], [2]. En effet, la forme des mailles qui composent ce type d'engins de pêche dépend des efforts hydrodynamiques qui agissent sur le filet et la capture, efforts qui dépendent eux-mêmes de l'écoulement dont les mailles du filet constituent des conditions aux limites mal connues [3].

Une meilleure compréhension des phénomènes en présence permettra d'améliorer la sélectivité des engins de pêches, car l'échappement des poissons non-matures peut être facilité par la forme des mailles (leur ouverture en particulier), les tensions dans la structure, la présence de courants ou de zones d'eau morte à l'intérieur d'un chalut, de l'écoulement à travers les mailles... Il s'agit là d'un enjeu si important que la communauté européenne soutient ce type d'étude, notamment au travers du projet PREMECS II (contrat européen QSRS-2002-01328), projet visant à développer un code numérique d'aide au développement de dispositifs de sélectivité.

Si l'ensemble d'un train de pêche courant (figure 1) est difficile à étudier dans sa globalité, il est plus aisé dans un premier temps d'analyser indépendamment le fonctionnement de chacune des parties le constituant : câbles, panneaux... Dans ce travail, nous focaliserons notre étude sur la partie finale du dispositif : le cul de chalut.

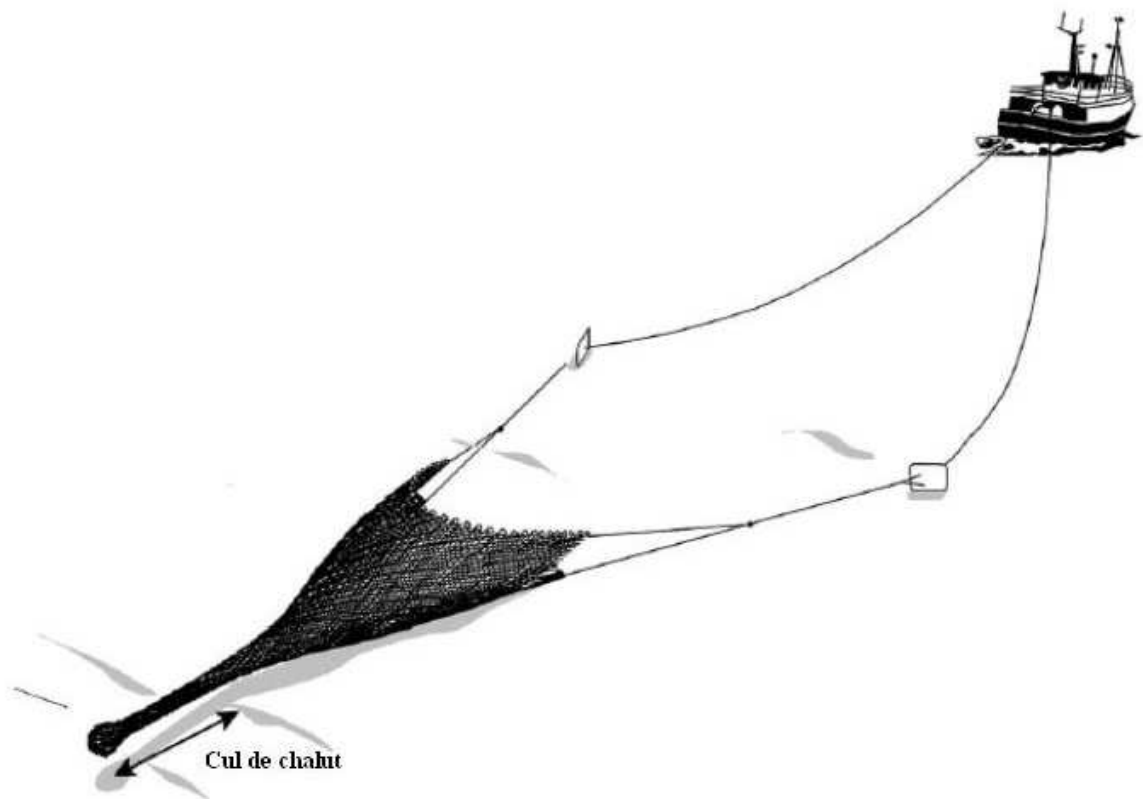


Figure 1 : Représentation d'un train de pêche (chalut de fond)

Des essais effectués lors d'une première phase conduite dans le cadre du projet précédemment cité, nous ont permis de déterminer les formes d'un cul de chalut en action de pêche et de sa prise, en fonction du type et de la taille de la capture, et des caractéristiques du chalut -type d'alèse, géométrie...[4]. Cette étude réalisée dans le but d'améliorer notre compréhension des phénomènes physiques mis en jeu sur ce type d'engins de pêche ne nous a cependant pas permis d'analyser l'écoulement en présence du fait des instabilités du système observées. Ces instabilités sont essentiellement dues aux mouvements sporadiques de la capture. Par conséquent, il est envisagé ici de compléter le travail initial par l'étude des caractéristiques de l'écoulement, dans et autour d'un cul de chalut, d'un point de vue expérimental, aussi bien que numérique.

Pour ce faire, une campagne d'essais, présentée dans la première partie de ce document, a été réalisée sur un "cul de chalut rigide", dans la veine d'essais hydrodynamique de Boulogne-sur-Mer de l'IFREMER. Le dispositif expérimental considéré nous a permis d'effectuer des profils de vitesses par vélocimétrie laser doppler (LDV) sur une structure stable, dont les paramètres géométriques sont parfaitement connus et maîtrisés. Le montage expérimental, les techniques de mesures et l'étude proprement dite de l'écoulement sont présentés dans une première partie.

En nous renseignant sur les caractéristiques de l'écoulement en présence, ces différentes mesures permettent de valider des codes numériques tel Fluent, dont l'utilisation est envisagée comme aide au développement de systèmes de sélectivité performants. La modélisation numérique du problème et les résultats associés sont décrits dans un second temps. La confrontation des différents résultats est présentée en dernier lieu.

## **2. Etude expérimentale**

### **2.1. Présentation du dispositif expérimental**

Les mesures LDV envisagées requièrent, pour obtenir un degré de précision correct, un montage expérimental particulier. En effet, ces mesures ne sont pas instantanées ; d'une part, parce qu'il s'agit de mesures ponctuelles et que nous devons déplacer le volume de mesure pour obtenir un profil complet, d'autre part, par ce qu'en chaque point de mesure, nous exploitons la moyenne temporelle. Par conséquent, nous devons réaliser une maquette parfaitement rigide d'un cul de chalut, dont les caractéristiques géométriques sont fixes et connues. Pour ce faire, on utilise les résultats issus d'un des cas de chargement étudié initialement [4]. Le cas retenu est celui d'une alèse Low Solidity de 120 mm de côté de maille, avec une prise de 120 kg, à une vitesse de 0,7 m/s, à l'échelle 1/3 (équivalent au réel à une prise d'une tonne et une vitesse de chalutage d'environ 2,5 noeuds).

Les mesures de formes précédemment effectuées nous ont permis de déterminer, en considérant un corps axisymétrique, la géométrie du cul de chalut, mais également la géométrie interne et externe de la prise (géométrie pouvant être définie comme un volume borné par deux calottes sphériques). On distinguera par la suite la prise du volume d'eau, partie se trouvant en amont de la capture. Les formes ainsi relevées (à l'aide d'une technique de traitement d'image) ont servi à définir et concevoir les moules qui ont supporté l'alèse lors de la mise en place. La "rigidification" de l'ensemble a été effectuée à l'aide d'une résine, appliquée directement sur la structure. Le moule correspondant au volume d'eau, travaillé à partir d'un bloc de polystyrène, a été dissout à l'acétone. La prise réalisée par frittage de poudre est quant à elle restée dans le volume ainsi créé, pour matérialiser la capture

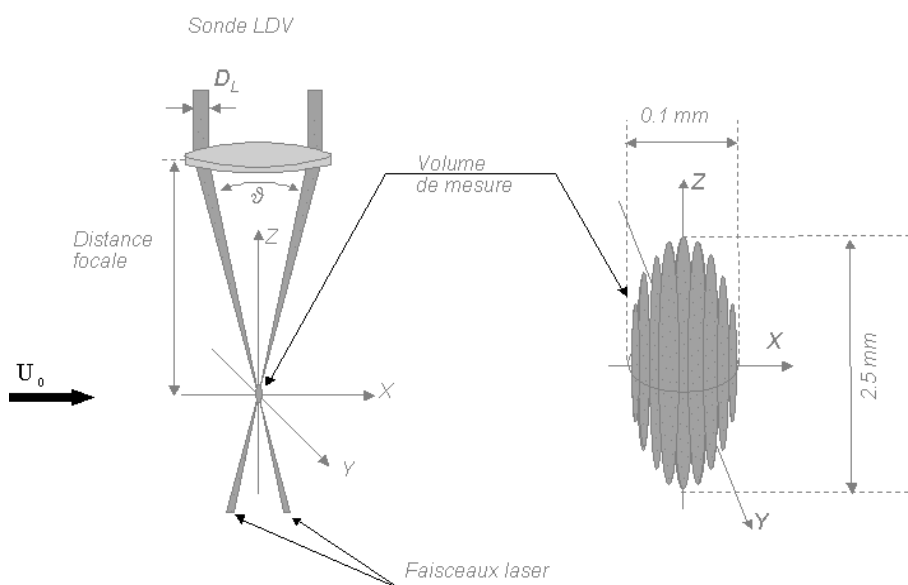
considérée. Le tout est positionné sur un châssis pour être placé dans la veine à circulation et surface libre de l'IFRMER à Boulogne-sur-Mer (voir figure 2).

Ce moyen d'essais présente une section utile de  $4 \times 2 \text{ m}^2$ . L'écoulement généré présente une turbulence inférieure à 5 % dans la gamme de vitesse considérée  $[0,1 ; 2,2 \text{ m.s}^{-1}]$  et des composantes de vitesses transverses inférieures à 1% de la composante de vitesse axiale. Durant cette étude, nous travaillons dans un repère lié au bassin, dont l'axe X correspond à l'axe principal de la veine, l'axe Z à l'axe vertical (sens positif vers la surface) et un axe Y transversal de manière à obtenir un repère orthonormé direct (représenté figure 3).

Les coûts et les contraintes de fabrication de la maquette, ainsi que les paramètres d'investigation envisagés, nous ont contraint à réduire l'échelle de moitié par rapport à celle des essais de la première phase (échelle 1/3), ce qui nous conduit à une échelle finale de 1/6 du cul de chalut réel étudié. Par conséquent, la prise considérée a un diamètre extérieur maximal de 450 mm, un volume de 21 litres, pour une longueur hors tout de la maquette de un mètre. L'alèse utilisée pour confectionner le cul de chalut est une alèse PA 1200 m/kg de 30 mm de côté de maille, comportant 36 mailles au périmètre. Le nombre de Reynolds, basé sur la vitesse moyenne de la veine (égale à  $0,51 \text{ m.s}^{-1}$  pendant les essais) et sur le diamètre maximal de la prise ( $\phi = 0,40 \text{ m}$ ) est  $Re = 2.10^5$ .

## 2.2. Présentation de l'instrumentation et des zones de mesures

Le système de mesure optique non-intrusif utilisé durant ces essais pour caractériser l'écoulement est un vélocimètre laser doppler à deux composantes (LDV). Ce système permet de mesurer précisément la moyenne et les fluctuations de chaque composante de la vitesse d'écoulement, permettant ainsi de calculer les paramètres de turbulence. Son volume de mesure est de 2,5 mm dans la direction du profil (suivant l'axe Z) et de 0,1 mm dans la direction normale à cette dernière (suivant l'axe Y), voir figure ci-dessous. L'écoulement estensemencé de billes de verre d'un diamètre moyen de  $15 \mu\text{m}$ . Les résultats de mesures, réalisées selon 7 profils répartis le long de la maquette (figure 3), sont obtenus pour une vitesse de veine moyenne :  $\langle U_0(t) \rangle = 0,51 \text{ m.s}^{-1}$ .



Caractéristique du système LDV

La focale de la sonde laser est de 400 mm dans l'air. Les composantes de vitesses mesurées sur l'ensemble des profils verticaux (dans le plan  $Y=0$ ) sont :

- la composante axiale (suivant l'axe X), notée U ;
- la composante transverse (suivant Y), notée V.

Ce choix de ne pas prendre en compte dans un premier temps la composante radiale de vitesse est conditionné par notre volonté d'obtenir les caractéristiques de l'écoulement aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur de la maquette, la vitesse axiale étant la vitesse prépondérante. La composante de vitesse V sera donc utilisée uniquement pour vérifier l'hypothèse d'axisymétrie du système considéré. La troisième composante de vitesse (notée W) a cependant été obtenue sur les profils 4, 5 et 6 par recombinaison à partir de profils horizontaux réalisés dans le plan  $Z=0$ , sans modification du montage expérimental précédent (le système de déplacement de la sonde laser étant un système de déplacement trois axes, avec une précision de mouvement inférieure au dixième de millimètre).

La dépendance du nombre de données enregistrées pendant un intervalle fixé par rapport aux conditions locales de mesures est une des particularités des systèmes de vélocimétrie laser [5]. En effet, les mesures étant basées sur la détection des particules traversant le volume de mesure du système LDV, il existe des régions (zones où l'écoulement est peu perturbé) où les mesures effectuées comportent un taux d'acquisition élevé (supérieur à 50 Hz) et des régions (proches des parois ou dans les zones turbulentes) où les taux d'acquisition atteignent des valeurs très basses (inférieures à 10 Hz). De manière à obtenir des séries de données aussi homogènes que possible, nous avons utilisé une technique de mesure basée sur les temps d'acquisition plutôt que sur le nombre de particules détectées. Nous obtenons ainsi, pour des temps d'acquisition de l'ordre de 100 secondes et un nombre de données n'excédant pas 5000 (c'est-à-dire une fenêtre de temps dont l'ordre de grandeur est supérieur à celui de l'échelle de temps des fluctuations de l'écoulement), une estimation précise des valeurs moyennes, aussi bien sur les vitesses que sur les intensités de turbulence. Par la suite, les intensités de turbulence, notées  $\sigma$ , seront calculées à partir de la moyenne des fluctuations de vitesses

adimensionnées par la vitesse d'entrée : 
$$\sigma = \frac{\langle (U(t) - \langle U(t) \rangle)^2 \rangle}{\langle (U_0(t))^2 \rangle}$$
 (où  $\langle \rangle$  désigne la moyenne temporelle).

### 2.3. Analyse des résultats expérimentaux

L'ensemble des résultats présentés ci-dessous a été obtenu pour une vitesse de veine homogène sur une section d'entrée (taux de turbulence inférieur à 4 % et vitesses transverses inférieures à 1% de la vitesse axiale) et une vitesse axiale de  $0,51 \text{ m.s}^{-1}$ . Les évolutions des composantes moyennes de vitesses (U et V) sur l'ensemble des profils verticaux réalisés à différentes abscisses de la maquette sont représentées respectivement sur les figures 4 et 5. Sur la figure 4, sont reportées (traits continus verticaux) les positions relatives du centre de la maille où ont été réalisés les profils.

Le caractère axisymétrique de l'écoulement (mais également les bons réglages de l'ensemble maquette-système de mesure) est mis en évidence sur la figure 5 où la composante de vitesse transverse atteint au maximum 6 % de la valeur de la vitesse axiale. Sur la figure 4, on note le bon comportement du fluide sur l'ensemble du domaine. En analysant les profils 2 à 5, à partir de l'altitude la plus importante (à l'extérieur de la structure), on peut observer le passage de zones particulières :

- une décroissance de la composante axiale de vitesse à l'approche de la structure, avec une évolution du type couche limite sur la paroi ;
- un minimum local de vitesse proche du passage de l'alèse, dans le sillage du nœud en amont de la maille considérée ;
- un retour à une valeur moyenne plus élevée en sortie de la zone d'influence de la paroi de la structure (couche limite interne);
- la reprise de la décroissance vers un minimum global, situé au quart du diamètre interne de la structure ;
- une croissance vers un maximum local au centre de la maquette, situé sur l'axe principal de la structure.

Ces similitudes d'évolution pour l'ensemble de ces profils montrent que l'on est en présence d'un écoulement bien développé, laminaire et dont les caractéristiques générales se conservent à l'intérieur de la maquette. Les composantes de vitesse axiale mesurées sur les profils 6 (en amont de la prise) atteignent des niveaux de vitesse très bas à l'intérieur du cul de chalut, montrant ainsi une modification du comportement de l'écoulement proche de la prise. On atteint à ces endroits une composante de vitesse axiale de l'ordre de 15 % de la vitesse d'entrée, alors qu'elle était encore de 50 % sur le profil 5. Ce changement de comportement est d'autant plus visible lorsque l'on trace les champs de vitesses dans le plan de symétrie  $Y=0$  (figure 6 où les nœuds de l'alèse correspondant à la maille où ont été effectués les mesures sont représentés). En effet, sur cette figure, on note une zone d'échappement où l'écoulement passe au travers des mailles se trouvant en limite proche de la capture contrairement aux entrées d'eau qui ont lieu dans les mailles amont.

A partir de ces mesures, il est très difficile de comparer les volumes d'eau entrant et sortant, et ainsi valider l'ensemble des résultats, pour plusieurs raisons :

- il aurait tout d'abord fallu multiplier les profils de vitesses de manière à obtenir les caractéristiques de l'écoulement sur l'ensemble de la maquette ;
- ensuite, l'incertitude sur le calcul des débits de fuite ou d'entrée d'eau à travers les mailles de l'alèse est difficilement quantifiable du fait des incertitudes sur la position de la paroi et sur les valeurs des vitesses mesurées. En effet, nous travaillons ici sur des vitesses moyennes alors que les vitesses à la paroi de la maquette sont nulles au niveau des fils et des nœuds, et peuvent avoir des valeurs et des fluctuations importantes au centre des mailles.

De plus, les moyennes des carrés des fluctuations de vitesses, reportés sur la figure 7 pour l'ensemble des profils, mettent en évidence le caractère turbulent de l'écoulement proche des parois de l'alèse, mais surtout au dessus –et autour- de la prise (profil 7). En effet, pour les profils 2 à 6, le point de passage théorique de la paroi se situe au centre d'une maille et se trouve par conséquent dans le sillage du nœud situé en amont et à proximité immédiate du nœud situé en aval. Pour le profil 7, les instabilités proviennent essentiellement du mélange de l'écoulement sortant de l'alèse avec l'écoulement extérieur. L'influence de cette zone de forte turbulence est rapidement diminuée du fait de la survitesse ( $1,15 \cdot \langle U_0 \rangle$  à 845 mm de l'entrée de la maquette) créée par la prise. Cette zone de mélange semble cependant être à l'origine des décollements et des recirculations perçus au voisinage de la capture. Des mesures complémentaires doivent être obtenues pour analyser plus finement ces phénomènes (notamment des mesures PIV –Particule Image Velocimetry) et déterminer l'impact de la zone d'échappement de l'écoulement sur la formation des points de décollement, dont les positions sont éloignées de celles généralement rencontrées pour des écoulements 3D [6].

### 3. Etude numérique

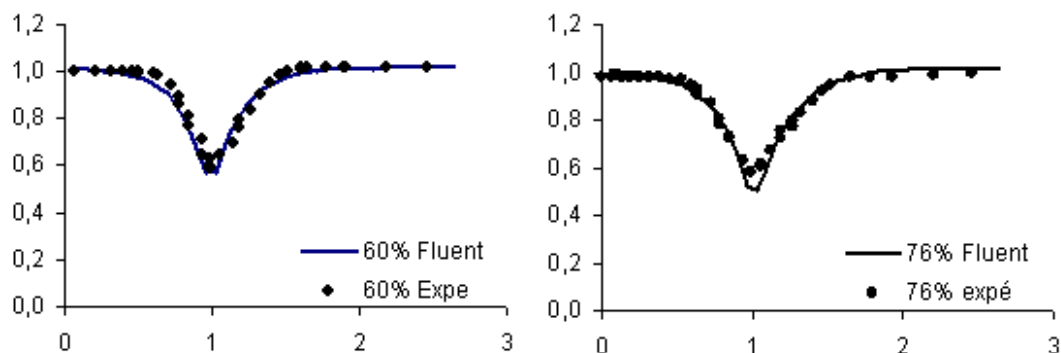
#### 3.1. Présentation de la méthode

L'étude du comportement de structure flexible aux parois perméables tel un cul de chalut est un problème complexe de couplage fluide-structure. En effet, la forme des mailles dépend des efforts hydrodynamiques qui agissent sur le filet et la capture ; et ces efforts dépendent eux-mêmes de l'écoulement dont les mailles du filet constituent des conditions aux limites mal connues.

L'usage du logiciel Fluent (version 6.1.22) pour étudier l'écoulement dans un cul de chalut se heurte par conséquent à deux difficultés :

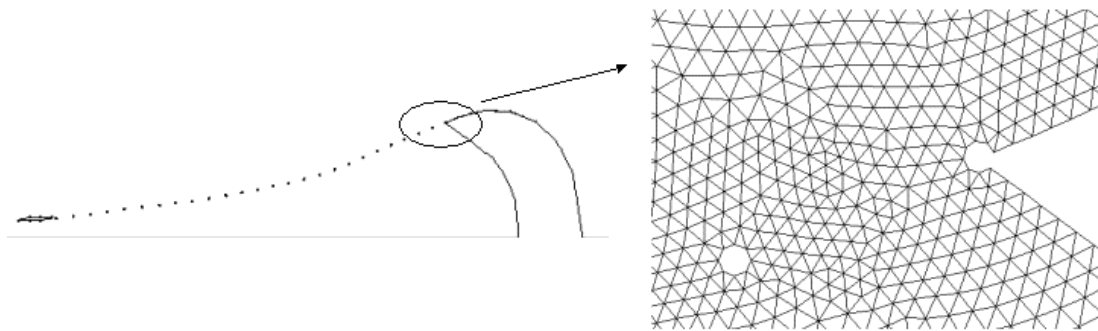
- d'une part, une modélisation "exacte" du filet (représentation de tous les fils et nœuds) conduirait à un maillage irréaliste, même en tenant compte des éventuelles symétries ;
- d'autre part, même si on peut considérer le comportement hydrodynamique d'un filet comme celui d'une surface poreuse, la modélisation proposée par le logiciel Fluent pour ce type de surfaces (utilisation d'un modèle basé sur une formulation de type loi de Darcy) ne convient pas à notre étude. Tout d'abord parce que nous ne connaissons pas le coefficient de perte de charge à introduire puisque celui-ci dépend essentiellement des caractéristiques mécaniques des mailles et de leur ouverture. De plus, les surfaces considérées sont pratiquement parallèles à l'écoulement, alors que la modélisation Fluent est prévue pour l'étude de surfaces orthogonales à l'écoulement incident.

Des travaux précédemment menés [8] ont montré qu'il était possible de modéliser des formes simples de filet (cylindres et cônes) par une série de tores. En effet, des comparaisons avec des résultats expérimentaux obtenus sur des formes simples d'alèses [2] (essais réalisés en soufflerie et en bassin d'essais hydrodynamique) ont permis de valider ce type de modélisation ; même si dans cette description la surface de passage à travers les mailles physiques n'est pas exactement respectée. Si la validation des vitesses axiales calculées n'a pas posé de problème particulier (figure ci-dessous), la validation du calcul des vitesses radiales a quant à elle dû être réalisée à partir de comparaisons effectuées sur les débits à travers les parois. Les faibles écarts de valeurs obtenus sur l'évaluation des débits d'entrées et de sorties prouvent que les vitesses radiales moyennes (dans une maille complète) sont correctement calculées.



Validation des vitesses axiales sur un cône divergent

Nous proposons donc ici d'utiliser cette méthode pour simuler l'écoulement autour d'un cul de chalut. Les caractéristiques de l'écoulement seront par conséquent déterminées à partir d'une modélisation approchée du système à l'aide de cerceaux dont les caractéristiques sont liées directement à la géométrie du filet étudié. Ainsi, le diamètre moyen des éléments modélisant la structure est égal à celui de la forme réelle à l'endroit considéré, et les diamètres des cercles générateurs sont égaux au diamètre des nœuds de l'alèse. Ces différents éléments sont positionnés à la place qu'occupent les nœuds physiques, la position des nœuds d'une méridienne ayant été préalablement relevée lors des essais expérimentaux (degré de précision : 0,5 mm). Ainsi modélisé, le système possède une parfaite symétrie de révolution, permettant de considérer des cas de calculs "axisymétriques" (la forme de la capture étant elle aussi considérée symétrique). Le domaine de l'écoulement à étudier se réduit alors à un demi-plan où le maillage est représenté par des disques de diamètre égal à celui des nœuds. La figure ci-dessous présente une schématisation du problème obtenu, ainsi qu'un détail du maillage à proximité immédiate de la capture (le maillage considéré étant un maillage non structuré comportant ~250 000 mailles). Les résultats de calculs présentés ci-dessous ont été obtenus pour des simulations effectuées à l'aide d'un schéma  $\kappa$ - $\epsilon$ .



**Modélisation de la structure et détail du maillage CFD**

### 3.2. Analyse des résultats numériques

La figure 8 de gauche présente le module de vitesse de l'écoulement autour de la structure. On constate que l'écoulement à l'extérieur se fait globalement comme si l'ensemble filet et capture constituait un corps imperméable. La comparaison des figures 8 montre que la vitesse axiale est pratiquement égale au module de la vitesse. Les vitesses radiales sont donc faibles. Ce qui est mis en évidence sur la figure 9 (représentée en utilisant la même échelle de teintes que les figures précédentes).

L'observation des lignes de courant confirme ces remarques. Il entre très peu d'eau à travers les mailles du filet. L'écoulement à l'intérieur est essentiellement alimenté par le tube d'entrée. La vitesse décroît d'abord à cause de l'élargissement de la section (la première partie de l'alèse laissant passer très peu d'eau du fait d'une ouverture des mailles très faible), ensuite à cause de la capture qui le bloque. Les échanges entre l'extérieur et l'intérieur, qui doivent se faire, pour au moins respecter la conservation du débit, apparaissent donc très faibles.

L'eau ressort au voisinage direct de la capture avec une vitesse de contournement assez importante (du même ordre de grandeur que la vitesse d'entrée). On peut noter une légère accélération au niveau de la capture, mais elle est très localisée. La survitesse correspondante atteint au maximum 20 % de la vitesse amont. Aux vues des résultats à l'arrière de la capture, il semble que dans cette zone règne un écoulement fortement turbulent que ce type de simulation ne peut prendre en compte correctement.



## 4. Comparaison des résultats numériques et expérimentaux

La grandeur caractéristique principale de l'écoulement étant la composante axiale de la vitesse, l'ensemble de nos comparaisons portera sur cette composante. Les résultats numériques et expérimentaux sont comparés figure 10, où on a reporté l'ensemble des profils verticaux des vitesses axiales réalisées sur la structure. Les courbes continues présentent les valeurs issues du calcul CFD, les \* correspondant aux valeurs expérimentales.

On note d'abord une très bonne concordance des champs de vitesse à l'extérieur de la maquette où l'écoulement semble correctement représenté par la modélisation. On retrouve notamment la zone de survitesse autour de la capture, ainsi qu'une région où l'écoulement est fortement turbulent en aval de la zone de mélange de l'eau sortant de l'alèse avec l'écoulement général.

A l'intérieur du dispositif, on observe, tant au niveau des résultats numériques que des résultats expérimentaux, un minimum global de vitesse situé au quart du diamètre de la structure du profil considéré et un maximum local sur l'axe de révolution. Si ces variations de vitesses sont assez élevées pour les valeurs numériques, elles le sont beaucoup moins pour les valeurs expérimentales. L'écoulement réel semble plus homogène que l'écoulement issu des simulations numériques. Cela peut être dû à des perturbations de l'écoulement dans la veine et/ou dans le dispositif d'entrée, à la présence de défauts locaux ou des décollements se produisant sur les noeuds et fils constituant l'alèse. L'ensemble de ces perturbations se propage ensuite dans l'écoulement en homogénéisant les vitesses. Les effets tridimensionnels de ces différents phénomènes peuvent aussi contribuer à cette uniformisation du champ de vitesse intérieur ; effets ne pouvant pas être pris en compte dans la modélisation axisymétrique du système. Mais, puisqu'il semble exister une bonne concordance entre les valeurs numériques et expérimentales des vitesses axiales à l'extérieur du cul de chalut et au voisinage du filet, nous pouvons affirmer que le calcul de la vitesse radiale est également correct dans ces zones (conservation du débit).

Pour cet exemple de cul de chalut (prise en compte d'une capture de dimension moyenne) nous constatons que l'écoulement à l'intérieur de l'alèse atteint des niveaux de vitesses (tant axiales que radiales) assez bas près de la capture. Cette zone d'eau calme (équivalente à une poche d'eau remorquée à la vitesse d'avance du chalut) doit permettre aux poissons pas encore épuisés et collés contre la paroi de nager dans de l'eau calme. Ils auraient ainsi la possibilité, pour les plus petits d'entre eux (relativement à l'ouverture des mailles), de s'échapper à travers les mailles du filet.

## 5. Conclusion

Les résultats obtenus dans le cadre de cette étude nous ont permis de caractériser l'écoulement autour d'un cul de chalut en fonctionnement et ainsi infirmer ou confirmer un certain nombre d'hypothèses jusqu'alors non vérifiées. En effet, la réalisation d'une maquette de cul de chalut rigide offre la possibilité de réaliser les profils LDV nécessaires à ce type d'étude. Ces mesures ont notamment permis de caractériser l'écoulement aussi bien à l'intérieur qu'à l'extérieur d'un cul de chalut (entrées d'eau entre les mailles, sortie d'eau en amont de la prise...).

Il est envisagé de compléter ce travail expérimental par des profils PIV afin d'obtenir une cartographie globale et complète de l'écoulement sur l'ensemble du système. Ces mesures sont d'ores et déjà programmées. Nous serons ainsi en mesure de caractériser l'écoulement sur l'ensemble du domaine et ainsi confirmer la présence de zones particulières telles la zone d'échappement du fluide en amont de la capture. Cette généralisation des caractéristiques de

l'écoulement devrait nous permettre d'apporter quelques éléments de réponse quant à la comparaison des différents débits rencontrés et du passage de l'écoulement entre les mailles de l'alèse.

L'ensemble des résultats recueillis a également servi à valider la modélisation du système ainsi que les simulations numériques réalisées sous Fluent. En effet, la confrontation des différentes données a montré de bonnes concordances entre résultats numériques et résultats expérimentaux. Ainsi, malgré la simplicité du système considéré et du modèle numérique correspondant, ce travail nous a permis de mettre au point et valider une méthode de calcul des écoulements dans les culs de chaluts que nous pourrions appliquer pour étudier des systèmes plus compliqués incluant par exemple des dispositifs d'échappement de poisson.

L'ensemble du travail présenté ici devrait également être intégré dans le développement d'un modèle complet de train de pêche en fonctionnement (considération des funes, des panneaux de chalut...) prenant correctement en compte les effets de l'écoulement sur les différentes parties du dispositif considéré, contrairement aux approximations faites dans les différents modèles numériques développés actuellement [8], [9].

## Références :

- [1] M. Kroeger, Some results of flow measurements on a full scale pelagic trawl, ICES Copenhagen Council meeting, 1984;
- [2] B. Vincent, Etude numérique et expérimentale des écoulements guidés par une paroi perméable axisymétrique, Thèse ECN 1996;
- [3] Z. Ziembo, Flow of water intrawls, Scottish Fisheries research, SFRT 66, 1987;
- [4] G. Germain, J-V. Facq, Mesure de la géométrie interne et externe d'un cul de chalut en fonctionnement – Essais PREMECS II, Rapport interne Ifremer, 2004 ;
- [5] F. Durst, A. Melling, J.H. Whitelaw, Principles and Practice of Laser Doppler anemometry, Pergamon Press, Oxford 1976 ;
- [6] H. Schlichting, Boundary-Layer Theory, Mc Graw-Hill Book, 1987 ;
- [7] D. Marichal, A. Wolf, Etude des écoulements à l'intérieur et au voisinage des culs de chalets afin d'en améliorer la sélectivité, Forum Fluent 2004 ;
- [8] M. Paschen, G. Niedzwiedz, H-J. Winkel, Fluid structure interactions at towed fishing gears, OMAE 2004 ;
- [9] C-W. Lee & al. , Modeling of underwater flexible structures and its application to the fishing gear system simulation, OMAE 2004.

Figure 2 : Maquette du cul de chalut dans la veine d'essais, à gauche, et système laser, à droite.

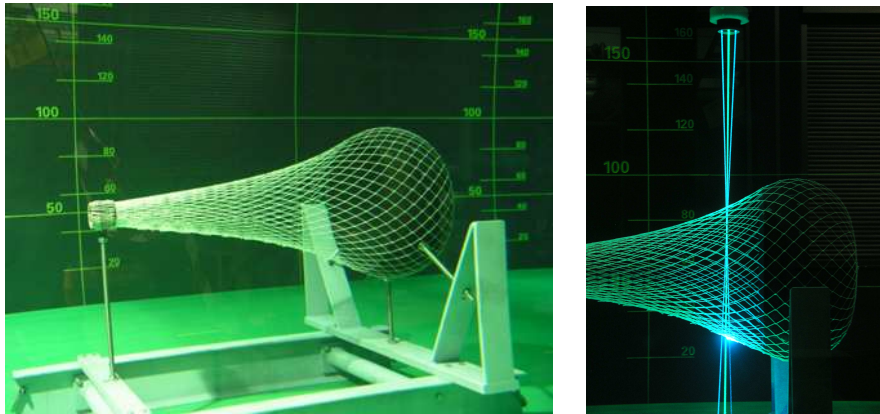


Figure 3 : Position des profils verticaux réalisés par vélocimétrie laser.

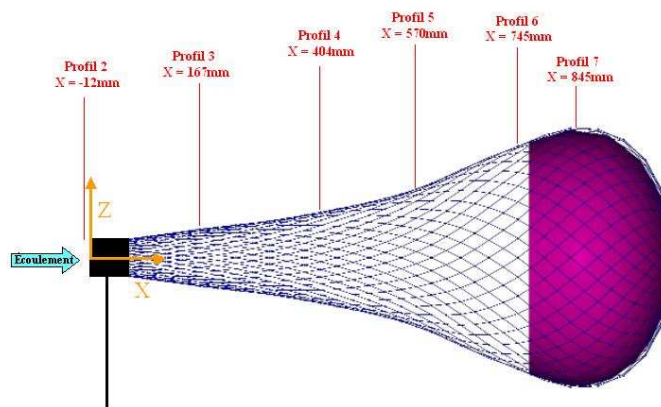


Figure 4 : Evolution de la vitesse axiale sur les différents profils verticaux

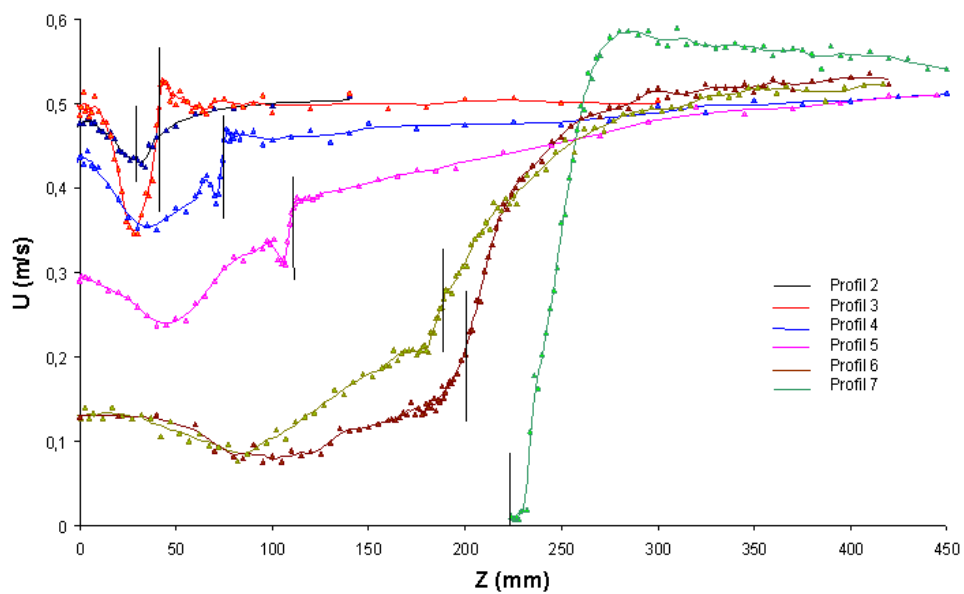


Figure 5 : Evolution de la vitesse transversale sur les différents profils verticaux

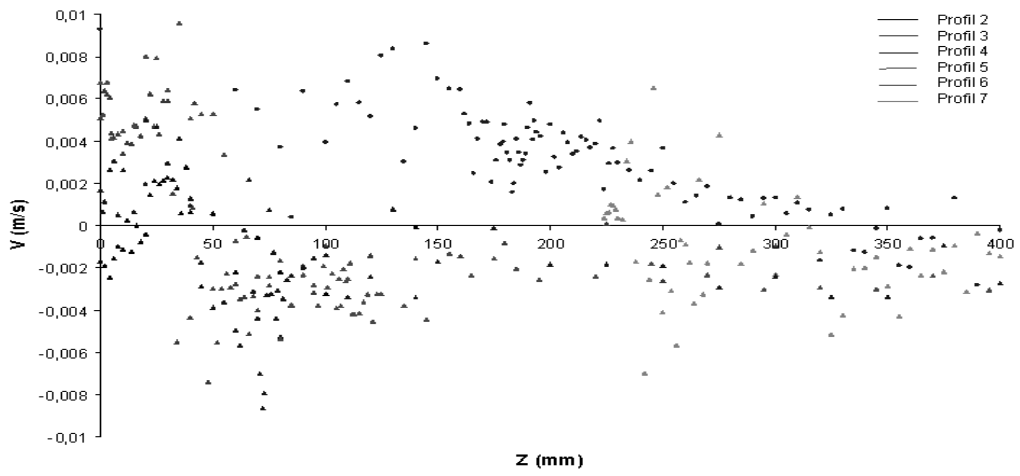


Figure 6 : Caractéristiques de l'écoulement dans le plan  $Y=0$

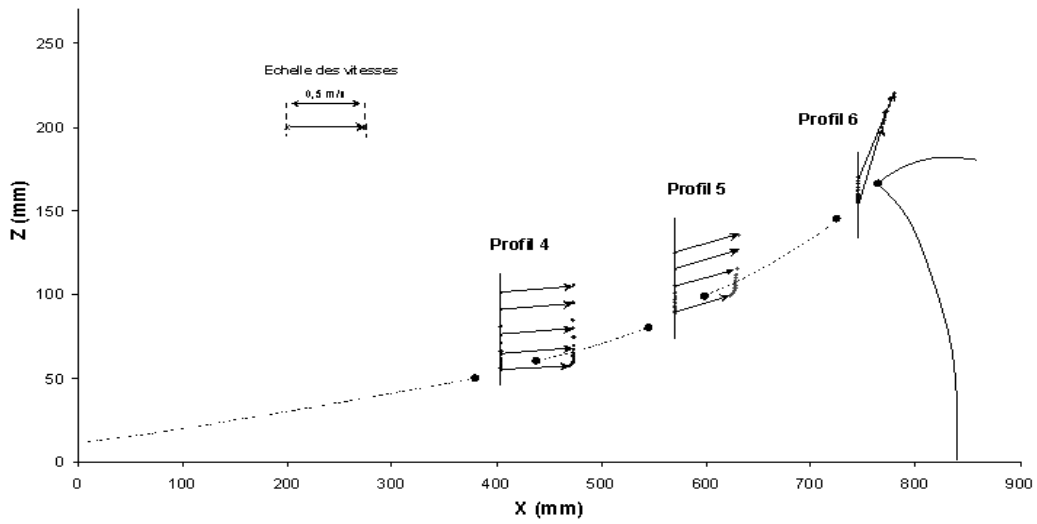


Figure 7 : Intensité de turbulence sur les profils verticaux

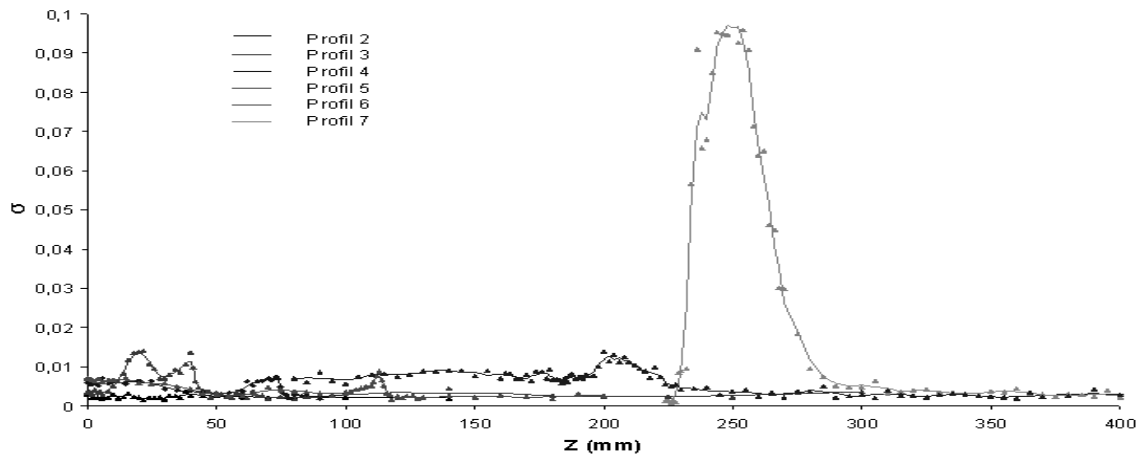


Figure 8 : Champ du module de la vitesse (à gauche) et de la vitesse axiale (à droite)

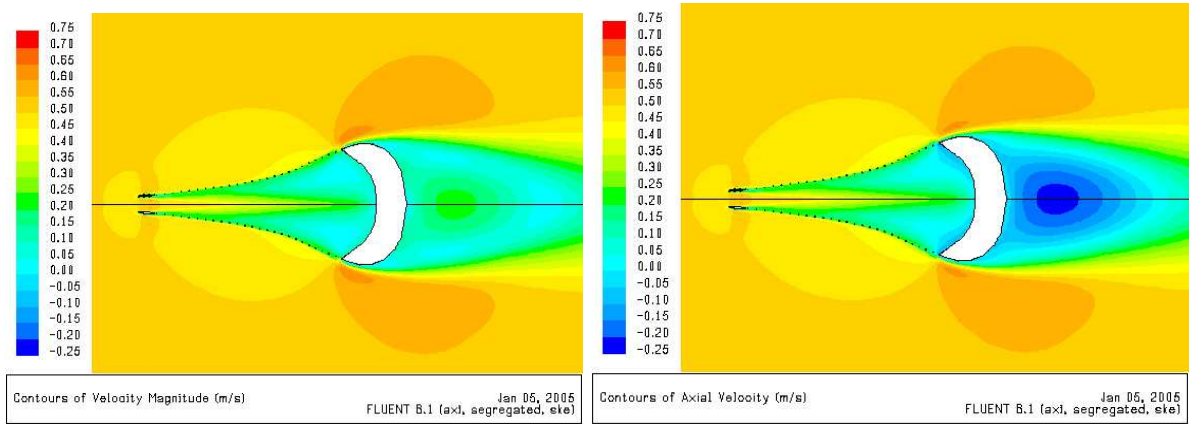


Figure 9 : Champ du module de la vitesse (à gauche) et de la vitesse axiale (à droite)

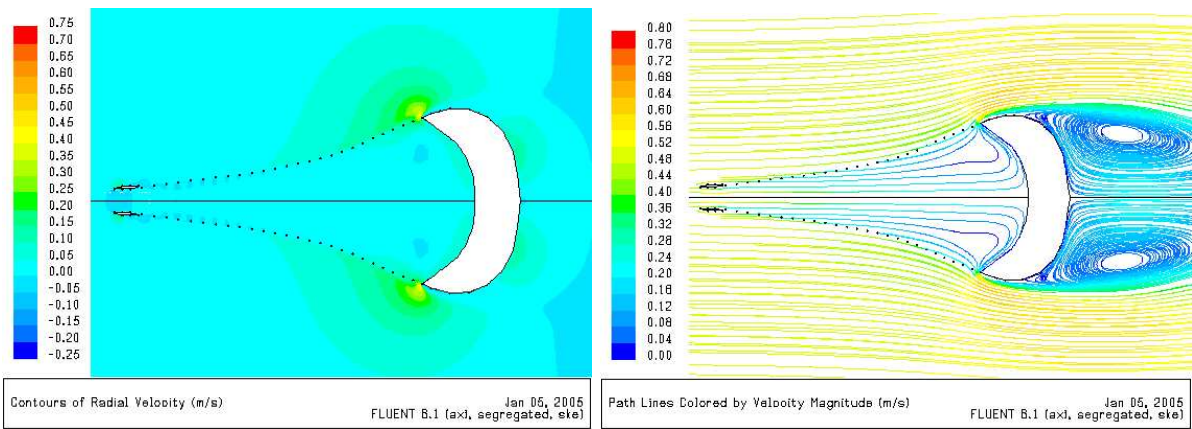


Figure 10 : Comparaison des vitesses axiales expérimentales et numériques

