

Table des matières

1 Configuration et protocole	2
1.1 Instruments utilisés	2
1.2 Configuration	2
1.3 Protocole	2
2 Interprétation des résultats	2
2.1 Profils Est-Ouest	3
2.2 Profils Nord-Sud	5
3 Analyse des incertitudes	7
3.1 Estimation des incertitudes	7
3.2 Comparaison avec les abaques	7

Introduction

1 Configuration et protocole

1.1 Instruments utilisés

Pour ce TP, nous avions à disposition différents instruments présents sur la Panopée tels que le Pathfinder 600 (cf. fig 1) de Teledyne RD Instrument qui est un ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler) c'est-à-dire un courantomètre fonctionnant par effet Doppler. Il mesure la vitesse des courants sous lui en mesurant la vitesse des particules en suspension dans l'eau et ce sur différentes couches d'eau. Il envoie une onde acoustique à une certaine fréquence (600kHz) qui se réfléchie sur les particules en mouvement, l'onde qui revient à une fréquence différente et cette différence permet de déduire leur vitesse et ce sous 4 directions grâce à 4 faisceaux écartés de 30-40°. De plus, une centrale inertielle Ekinox 2 de chez SBG System nous permet de projeter le cap et la position du bateau dans le référentiel ENU.



FIGURE 1 – *ADCP Pathfinder 600 kHz*

1.2 Configuration

En premier lieu, nous devions avant le TP préparer le fichier de configuration de l'ADCP qui nous servira en temps réel lors du levé. Nous devions ainsi choisir la taille des cellules faites par l'ADCP, en effet, l'étude de la couche d'eau sous le système est divisée en cellules dont on choisit la taille. Au sein d'une cellule, les mesures de vitesses des particules sont moyennées pour ne garder qu'une seule vitesse et direction du courant. Donc plus les cellules sont grandes, moins on a d'incertitudes (car on a plus de particules) cependant plus elles sont grandes, moins on décompose la couche d'eau et donc plus on risque de rater la détermination de différents courants de vitesses différentes dans la couche. On doit donc trouver un compromis entre incertitudes et différenciation des couches d'eau. On a donc choisi de mettre 60 cellules de 50cm (choisi d'après les abaques) pour pouvoir potentiellement aller jusqu'à une profondeur de 30m (profondeur maximale de la zone de la rade étudiée) même si nous n'utiliserons en soit que les cellules pour une profondeur de 20m environ.

1.3 Protocole

Pour observer les courants de la rade de Brest, on a décidé de réaliser quatre transects, deux dans la direction est-ouest (aller-retour) et deux dans la direction nord-sud (aller-retour) afin d'observer les courants nord-sud premièrement et les courants est-ouest dans un second temps. A la suite des acquisitions et toujours sur le bateau on vérifie rapidement la cohérence des données acquises. Ensuite en classe on analysera les données en les affichant par le code Python fourni. Ce traitement permet le couplage aux données de la centrale inertielle et permettent ainsi le changement de repère nécessaire. Ainsi, à partir de la vitesse des particules par rapport au navire et la vitesse du navire par rapport au fond ce qui nous permet d'obtenir la vitesse des particules par rapport au fond, qui nous intéresse.

2 Interprétation des résultats

Il est important de noter que les profils présentés ne sont pas les résultats bruts du capteur ADCP. En effet, les mesures de vitesses ont été remises dans le référentiel terrestre afin de pouvoir connaître les vitesses selon le fond. De plus, les profils de vitesses sont moyennés sur vingt pings afin de supprimer une partie des erreurs aléatoires de mesures et de rendre le résultat plus lisible.

On compare aussi les résultats aux infrastructures présents au port sur les trajectoires ainsi que sur les données de marée (cf. fig 2) du jour du levé pour voir si l'effet des courants de marée est visible.

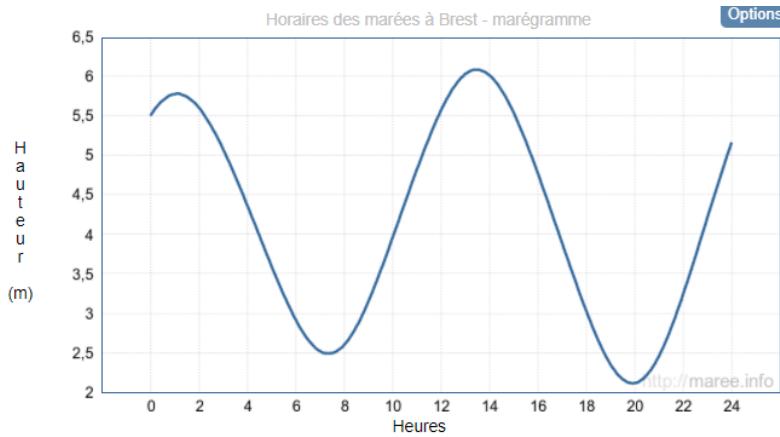


FIGURE 2 – Données de marée du 30/11/2021. Les levés ont été fait entre 10h et 12h UTC+1, donc à marée montante.

2.1 Profils Est-Ouest

Le premier profil a été fait sur un axe de direction EST - OUEST. D'après les données enregistrées par la centrale inertuelle, il représente la trajectoire approximative suivante (cf. fig 2) :

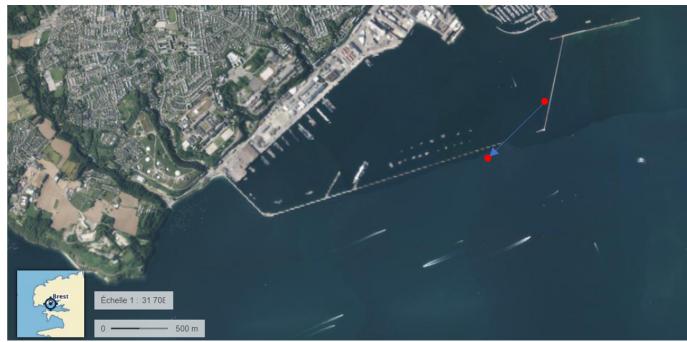


FIGURE 3 – trajectoire 1 : Est - Ouest

A partir des différentes directions de mesures de l'ADCP, les vitesses selon les directions Est, Nord et verticale sont calculées (cf. fig 4). On peut voir que les vitesses horizontales maximales sont de l'ordre de 50cm.s^{-1} tandis que la vitesse verticale maximale est de l'ordre de 10cm.s^{-1} . On observe des variations spatiales des vitesses selon les directions Est et Nord. En effet, la vitesse Est est faible pour la première moitié du levé puis devient maximale. Cette différence est due à la digue du port. Lorsque l'on se trouve dans la zone protégée par la digue, les courants horizontaux sont limités ou modifiés et l'effet de cette protection n'est plus visible en dehors. Pour la vitesse Nord, on peut voir qu'il y a un mouvement de masse d'eau vers le Nord au départ puis un autre plus intense lorsque la profondeur devient plus importante au niveau de l'ouverture de la digue. On peut donc penser que la bathymétrie est aussi liée aux courants. L'ouverture de la digue laisse un passage privilégié pour les masses d'eau arrivant dans la rade, si bien que le fond peut être modifié par ces mouvements d'eau plus importants.

A l'extérieur de la digue, les masses d'eau ont une vitesse faiblement orientée vers le Nord. Cette faible valeur est due à la digue qui limite les mouvements de masses d'eau dans cette direction. Les observations faites sont cohérentes avec les données de marée du jour du levé. En effet, la marée montante arrive dans la rade de Brest depuis le Sud-ouest vers le Nord-est. La composante Nord est surtout visible au niveau de l'ouverture de la digue et la composante Est à l'extérieur de la digue.

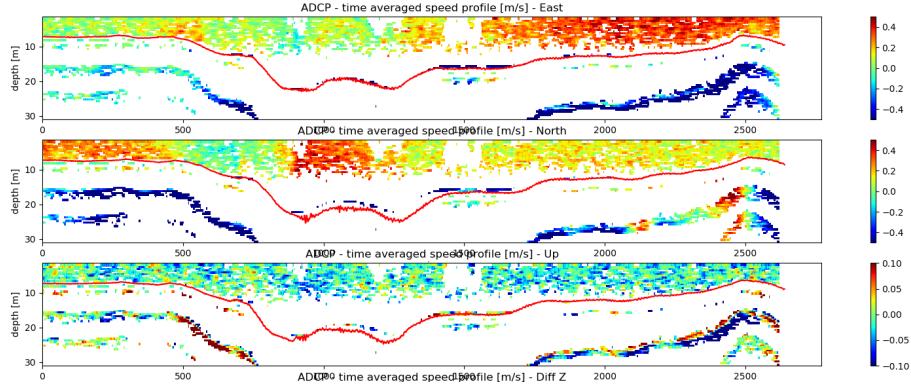


FIGURE 4 – Profil 1 : Est - Ouest

Le deuxième profil est cette fois ci de l'ouest vers l'est (cf. figure 5) est très similaire au premier, il correspond à son symétrique (cf. figure 6).

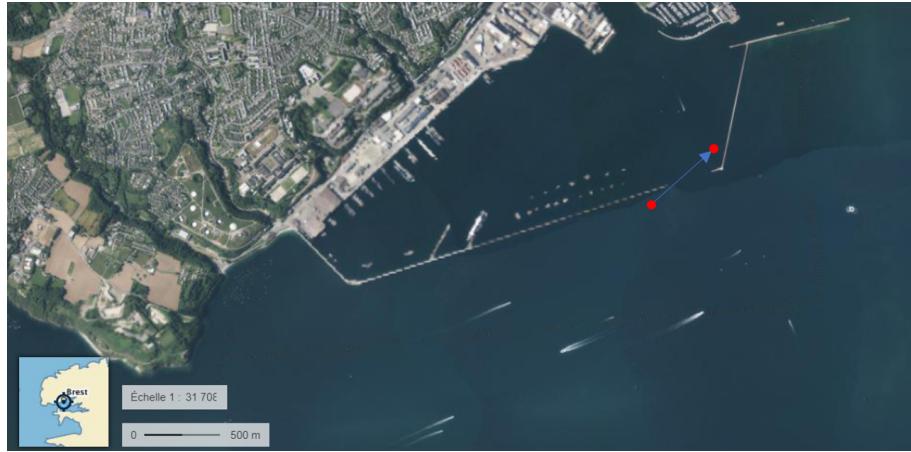


FIGURE 5 – trajectoire 2 : Ouest - Est

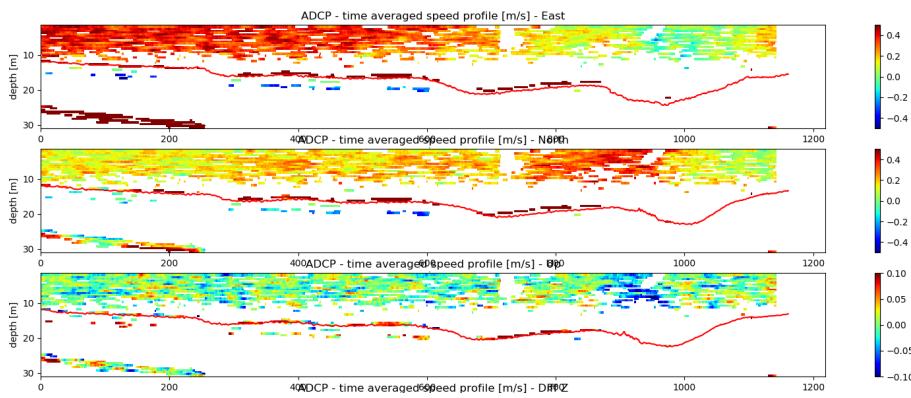


FIGURE 6 – Profil 2 : Ouest - Est

La vitesse verticale est globalement nulle mais on peut repérer une zone où la masse d'eau plonge vers le fond là où la bathymétrie varie. Les composantes Est et Nord sont présentes respectivement à l'extérieur de la digue et au niveau de l'ouverture. Cependant là où le départ du premier profil présentait des vitesses assez fortes vers le nord au début, le deuxième levé ne les montre pas. On peut voir que lors du deuxième levé, on s'est arrêté un peu plus au Sud que le point de départ du premier levé. Ainsi cette différence de courant est peu être due aux différences de trajectoire entre le premier et deuxième levé. Les mesures du deuxième levé se sont terminées dans une zone plus "protégée" par la digue où l'influence du courant entrant dans le port n'est pas visible (cf. figure 7).

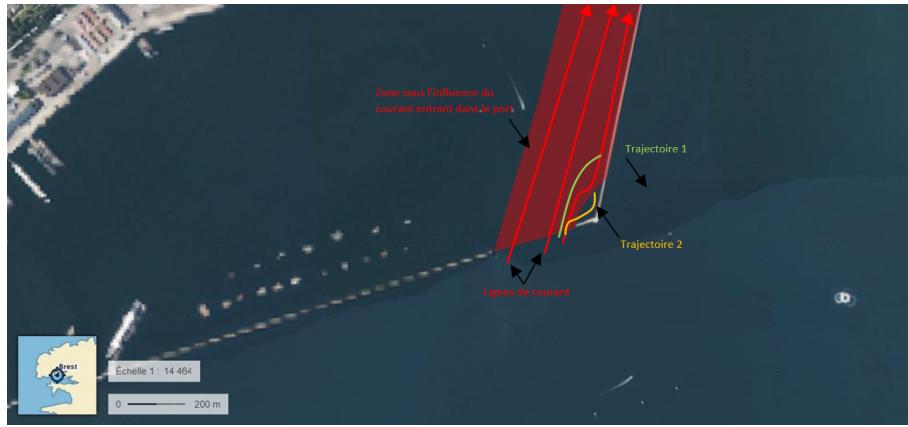


FIGURE 7 – explication des différences des profils entre la trajectoire 1 et 2. Les trajectoires représentées sont arbitraires et résultent d'une interprétation

2.2 Profils Nord-Sud

Les deux profils dans l'axe Nord-Sud présentent aussi des vitesses d'un maximum de 50cm.s^{-1} pour les vitesses horizontales. On observe toujours les mêmes courants Nord et Est qui sont cohérents avec le flot de la marée qui entre dans le port et qui contourne les digues.

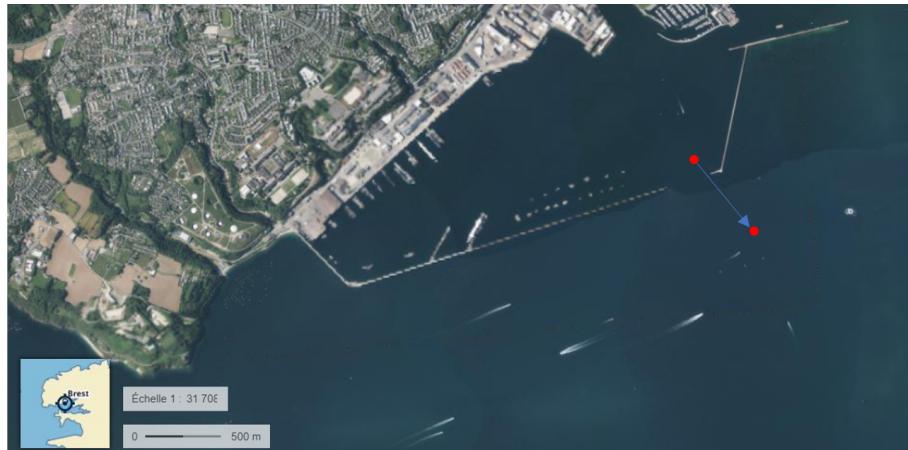


FIGURE 8 – trajectoire 3 : Nord - Sud

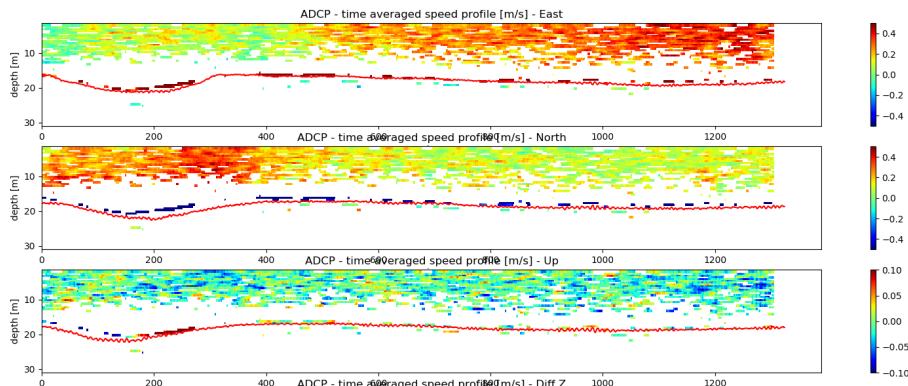


FIGURE 9 – Profil 3 : Nord - Sud

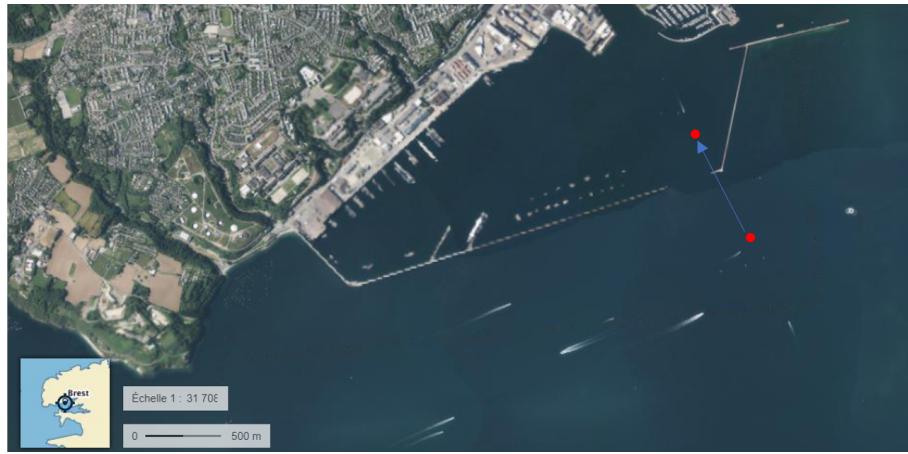


FIGURE 10 – trajectoire 4 : Sud - Nord

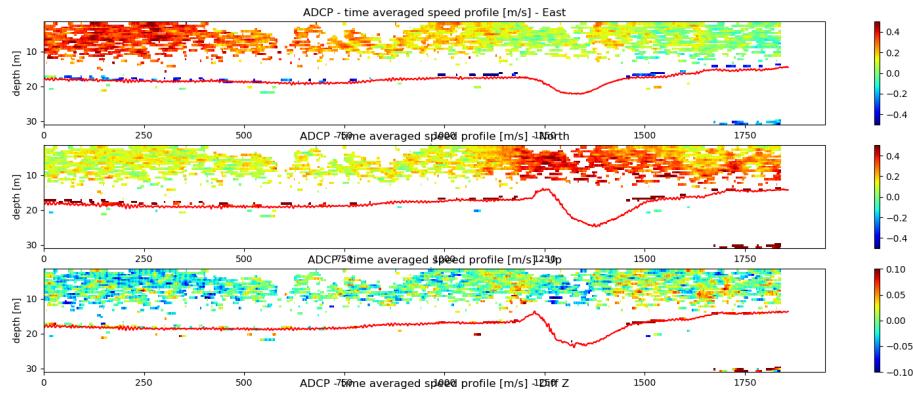


FIGURE 11 – Profil 4 : Sud - Nord

Il est important de noté que certaines zones des levés ne présentent pas de valeurs de vitesses. Afin de comprendre l'origine de ces données manquantes, il faut regarder les profils d'intensité reçue par les capteurs (cf. fig 12).

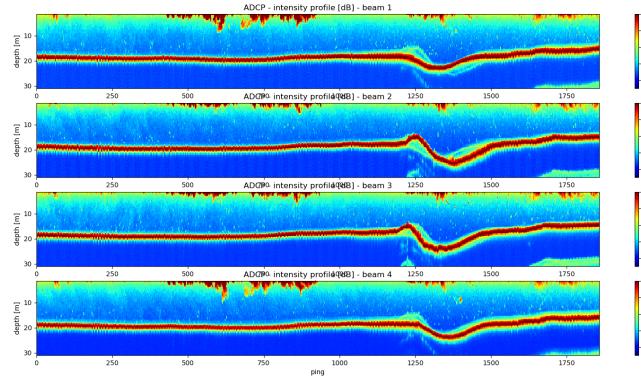


FIGURE 12 – Profil d'intensité du levé 4

On peut voir que la surface de l'eau présente des zones de force intensité retrodiffusée. Ces zones correspondent aux sillages des bateaux passés proche de la zone lors du levé. Les bulles formées réfléchissent les ondes comme des discontinuités et limitent les calculs de vitesses par effets Doppler. Pour les points en profondeur, l'intensité retrodiffusée est trop faible pour pouvoir mesurer les vitesses, ce qui explique le manque de donnée au fond.

3 Analyse des incertitudes

3.1 Estimation des incertitudes

Le calcul des courant se fait par combinaisons des données par les différentes directions de mesures de l'ADCP. Ainsi on peut déterminer une composante des courants de plusieurs manières. Grâce à cette redondance de calculs, il est possible d'évaluer l'incertitude liée aux mesures. Le code python mis à disposition permet notamment de déterminer l'écart-type de nos mesures d'après la différence de calculs des vitesses verticales. On obtient des valeurs similaires pour les quatre profils calculés (cf. figure 13) qui ont un maximum de 10 cm.

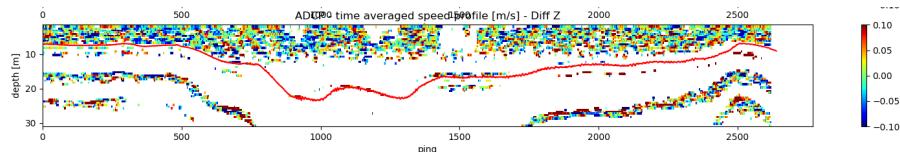


FIGURE 13 – Profil d'incertitudes du levé 1

3.2 Comparaison avec les abaques

Les abaques (cf. figures 14) présentées dans le sujet de TP indiquent une incertitude sur les mesures par ADCP de l'ordre de 8 cm pour des profondeurs de 20 m avec des cellules de traitement de 50cm. On obtient donc des incertitudes proches des incertitudes indiquées par les documents.

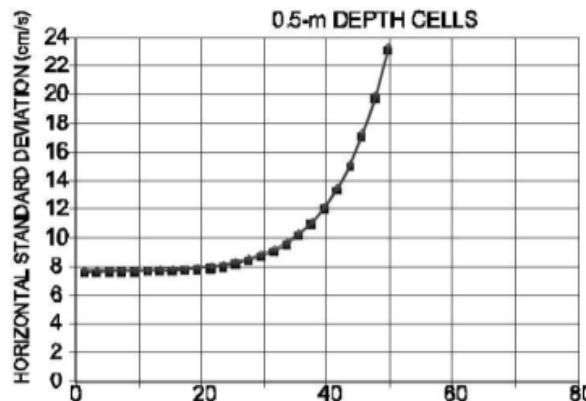


FIGURE 14 – Incertitudes de mesure de l'ADCP utilisé pour des cellules de 50 cm en fonction de la distance de mesure.

Il est possible de diminuer les incertitudes de mesure en augmentant la taille des cellules sur lesquelles les mesures de vitesses de particules sont faites. En augmentant le nombre de particules en suspension dans les cellules, les résultats obtenus sont plus précis et les incertitudes diminuent. Cependant, la résolution des profils de vitesses diminuent si bien que l'on ne peut plus repérer les variations de vitesses précises au sein de la colonne d'eau.

Conclusion

Ce TP a permis de mieux comprendre le fonctionnement d'un capteur ADCP et le traitement des données à l'aide de Python. Ce traitement aurait pu être fait sur le logiciel WinADCP qui permet aussi de représenter les données brutes ou les données moyennées sur deux périodes différentes (6 et 30 secondes). La méthode de calcul de courant par WinADCP se base sur les mouvements des particules dans la masse d'eau. Il est important de noter que les valeurs indiquées ne sont pas vraiment celles des mouvements de l'eau qui sont légèrement sous évaluées. Les particules subissent d'autres forces comme le poids ou le frottements si bien que la valeur obtenue peut différer des vitesses du courant.

Table des figures

1	<i>ADCP Pathfinder 600 kHz</i>	2
2	<i>Données de marée du 30/11/2021. Les levés ont été fait entre 10h et 12h UTC+1, donc à marée montante.</i>	3
3	<i>trajectoire 1 : Est - Ouest</i>	3
4	<i>Profil 1 : Est - Ouest</i>	4
5	<i>trajectoire 2 : Ouest - Est</i>	4
6	<i>Profil 2 : Ouest - Est</i>	4
7	<i>explication des différences des profils entre la trajectoire 1 et 2. Les trajectoires représentées sont arbitraires et résultent d'une interprétation</i>	5
8	<i>trajectoire 3 : Nord - Sud</i>	5
9	<i>Profil 3 : Nord - Sud</i>	5
10	<i>trajectoire 4 : Sud - Nord</i>	6
11	<i>Profil 4 : Sud - Nord</i>	6
12	<i>Profil d'intensité du levé 4</i>	6
13	<i>Profil d'incertitudes du levé 1</i>	7
14	<i>Incertaines de mesure de l'ADCP utilisé pour des cellules de 50 cm en fonction de la distance de mesure.</i>	7