

Analyse hydro-acoustique

Quatres étapes principales sont à effectuer pour appliquer les méthodes acoustiques décrites dans ma thèse (Marggraf, 2024):

1. Préparation du fichier de prélèvement
2. Préparation des données acoustiques
3. Moyennage des mesures le long du faisceau
4. Application des méthodes mono- et bi-fréquentielles

1 Préparation du fichier de prélèvement

La première étape consiste à créer un fichier avec les résultats de chaque jaugeage (Figure 1). Ce fichier peut être crée à la main ou automatiquement en utilisant le code "1_Create_samples_files" et les sorties du code ASG (Marggraf et al., 2024). De toute manière, il est important que le fichier de sortie a la même forme, les mêmes noms de colonnes etc. Chaque ligne correspond à un jaugeage. Si certaines données ne sont pas connues pour un jaugeage, il faut laisser les cellules vides. De plus, un point et ne pas de virgule est demandé pour les chiffres. Un exemple du fichier de sortie est "Samples.csv". Le fichier crée ainsi est très important pour la suite de l’analyse acoustique. L’ajout de nouvelles données de jaugeage permet de réajuster et améliorer la calibration acous-tique à chaque fois.

#	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V
	Date	Start_sample	End_sample	Sampler	Q_sampling_r	Stage	spm	spm_sampling	Sand_concent	Sand_flux_kg	No_samples	D10_mum	D50_mum	D90_mum	Fine_concent	Fine_flux_kg	U_C	U_Q	U_F	Method	sigma_mum	S
1	0	20210406	13:21	15:25	P72	192.375	1.988	0.094	0.028	5.522					0.069	13.76	28.315	5.708	28.885	SDC		2.46428571
2	1	20210511	12:19	16:01	P72	451.923	3.726	1.699	0.388	198.73					1.871	959.041	51.377	5.822	51.706	SDC		4.82216495
3	2	20210512	11:10	14:23	P72	366.1	3.124	0.495	0.281	81.731					0.5	145.363	18.441	12.756	22.423	SDC		1.77935943
5	3	20210616	10:25	12:57	P6	386.111	3.34	1.451	0.761	220.956	19	38.197	113.341	296.613	1.517	440.59	11.972	12.756	17.494	SDC	0.585	1.9934297
6	4	20210616	13:25	15:27	P6	384.75	3.26	1.974	0.802	232.951	19	40.46	125.771	348.705	2.553	741.633	13.044	12.756	18.244	SDC	0.58	3.18329177
7	5	20210729	10:53	13:35	P6	145.5	1.611	0.053	0.105	15.237					0.061	8.832	16.789	5.255	17.592	SDC		0.58095238
8	6	20210729	14:15	16:55	P6	157.667	1.712	0.048	0.155	22.503					0.051	7.333	19.188	5.255	19.894	SDC		0.32903226
9	7	20211012	10:58	16:34	P6	80.012	0.964	0.039	0.011	0.871					0.013	1.023	26.578	10.911	28.731	SDC		1.18181818
10	8	20220406	11:20	16:34	P6	137.733	1.538	0.112	0.09	9.946					0.098	10.823	18.334	5.008	19.006	SDC		1.08888889
11	9	20220408	10:29	16:40	P6	286.941	2.622	0.598	0.381	41.17	3	57.796	174.447	438.311	0.417	45.022	15.623	4.528	16.266	SDC	0.583	1.09448819
12	10	20220409	08:45	13:05	P6	277.385	2.568	0.553	0.383	73.624	4	86.146	240.664	527.821	0.505	97.036	19.327	6.311	20.331	SDC	0.589	1.31853786
13	11	20220429	10:15	14:32	P6	195.077	2.008	0.048	0.057	10.913					0.036	6.855	32.497	6.311	33.104	SDC		0.63157895
14	12	20220506	09:37	13:48	P6	240.583	2.33	0.321	0.094	27.355					0.273	79.22	17.174	12.756	21.393	SDC		2.90425532
15	13	20220513	08:51	10:43	P6	309.375	2.769	0.497	0.232	67.324	21	52.804	184.468	425.362	0.3	87.172	19.037	12.756	22.915	SDC	0.583	1.29310345
16	14	20220513	12:07	14:01	P6	295.875	2.682	0.52	0.25	72.471	20	51.354	181.82	429.444	0.858	249.14	14.199	12.756	19.087	SDC	0.582	3.432
17	15	20220519	10:30	12:10	P6	342.625	2.961	1.051	0.269	78.255	10	26.259	119.836	349.2	0.844	245.063	14.388	12.756	19.229	SDC	0.574	3.13754647
18	16	20220519	13:16	15:40	P6	331.444	2.893	1.704	0.341	99.035	2	67.936	240.902	553.784	1.719	499.152	13.054	12.756	18.252	SDC	0.582	5.04105572
19	17	20220601	11:05	14:35	P6	211.364	2.125	0.059	0.067	13.335	4	67.618	238.548	491.151	0.059	11.624	27.623	5.708	28.206	SDC	0.59	0.88059701
20	18	20221214	10:10	09:58	P6	135.154	1.521	0.053	0.034	4.581					0.034	4.495	20.422	7.807	21.863	SDC		1
21	19	20220510	13:54	15:47	P6	451.25	3.722	1.12	0.448	200.351	26	49.351	141.625	360.345	1.079	482.956	11.864	10.686	15.967	SDC	0.584	2.40848214
22	20	20210406	10:30	15:30	BD	188.067	1.955	0.09	0.071	13.299	18	69.17	175.572	404.741			33.511	5.358	33.937	SDC		0.59
23	21	20210511	10:50	16:24	BD	460.067	3.783	2.074	0.773	355.59							33.511	5.358	33.937	NN		
24	22	20210512	09:49	15:51	BD	363.562	3.106	0.494	0.352	127.965	13	64.196	164.014	369.46			24.284	4.893	24.772	SDC		0.591
25	23	20210616	09:38	16:11	BD	388.647	3.286	1.571	0.719	279.494	12	37.889	99.765	258.845			21.562	4.893	24.005	SDC		0.586
26	24	20210729	10:10	16:23	BD	149.875	1.647	0.052	0.111	16.654	18	110.214	261.698	512.413			45.995	6.463	46.447	SDC		0.6
27	25	20211012	10:32	15:18	BD	78.492	0.947	0.039	0.013	1.056	3	138.717	291.974	534.508			65.764	11.471	66.757	SDC		0.609
28	26	20220429	09:05	14:33	BD	194.933	0.048	2.007	0.088	17.117	11	153.209	317.532	580.812			135.099	5.358	135.205	SDC		0.609
29	27	20220506	09:30	14:41	BD	242.067	2.34	0.314	0.151	36.599	19	92.781	210.117	414.967			61.03	5.128	61.245	SDC		0.601
30	28	2020513	09:35	14:25	BD	301.077	2.714	0.527	0.286	86.235	11	62.085	161.174	388.857			40.666	5.122	40.988	SDC		0.588
31	29	20220519	10:40	14:58	BD	338.083	2.933	1.379	0.239	80.969	14	45.196	141.569	380.705			29.081	13.621	32.113	SDC		0.579
32	30	20220601	09:40	14:52	BD	209.714	2.114	0.066	0.168	35.165	20	136.472	351.475	666.859			41.549	5.358	41.893	SDC		0.6

Figure 1: Exemple du fichier de sortie "Samples_HADCP.csv".

2 Préparation des données acoustiques

2.1 Informations générales

L’objectif de cette préparation des données acoustiques est de créer un fichier de mesure d’intensité et un de bruit de fond pour chaque fréquence en utilisant les fichiers de mesure des HADCPs. Dans cette étape, aucune analyse ou interprétation acoustique est effectuée, seulement une mise en forme des données. Les fichiers de mesure des HADCPs sont dans les formats (Tableau 1). Les fichiers "raw binary" sont utilisés pour la conversion dans la première étape.

Table 1: Formats des fichiers de mesure des HADCPs.		
Fréquence	Raw ASCII	Raw binary
400 kHz	.WPA	.WPR
1 MHz	.PRA	.PICS

Il est recommandé d’enregistrer les fichiers dans un dossier par fréquence et ensuite les classer en fonction de leur étape de traitement de données (Figure 2). Chaque dossier Comme le traitement des données s’effectue par mois, il est recommandé d’enregistrer les données dans des dossiers mensuels dans chaque dossier (sauf pour le "4_ASCII_converted_raw_all_time"). Le premier dossier contient les fichiers bruts non-triés des HADCPs contenant un fichier raw ASCII et un fichier raw binary pour chaque mesure. Les fichiers de mesure sont des fichiers horaires.

La première étape consiste à distribuer les fichiers dans les dossiers "1A_Raw_ASCII" ainsi que "1B_Raw_binary" dans des dossiers mensuels. Ensuite, les données "raw binary" sont convertis comme décrit en détail en dessous et les sorties sont enregistrées dans le dossier suivant nommé "2_ASCII_converted_raw_hourly", de nouveau dans des dossiers mensuels. Des deux prochaines étapes visent à concaténer d’abord les fichiers horaires en fichiers mensuels, enregistrés en "3_ASCII_converted_raw_monthly", et finalement en fichiers pendant toute la période de mesure, enregistrés en "4_ASCII_converted_raw_all_time". La dernière étape crée un fichier de mesure d’intensité et un fichier de bruit de fond pour chaque fréquence, qui seront enregistrés dans le dossier "5_Intensity_background". La création des fichiers mensuels, longterme et d’intensité et de bruit de fond se fait en utilisant trois scripts codés en Python.

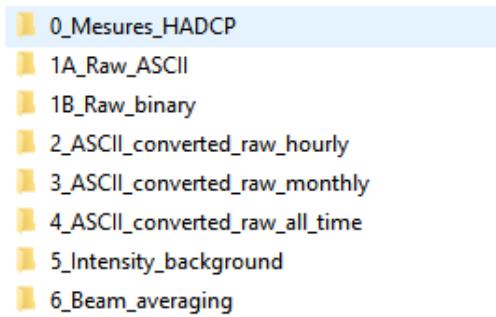


Figure 2: Arborescence recommandée pour le traitement des données acoustiques. Un tel dossier devrait être utilisé pour chaque fréquence.

2.2 Conversion des fichiers acoustiques de sortie

La conversion des fichiers de mesure HADCP s’effectue dans les logiciels respectives en utilisant les fichiers "raw binary" (.WPR et .PICS). Cette étape se répète pour chaque fréquence et est effectué par mois.

- 1. Ouvrir le logiciel AWAC pour le 400 kHz HADCP et le logiciel AquaPro pour le 1 MHz HADCP. Ces deux logiciels sont aussi téléchargeables sur le site de Nortek dans l’onglet "Software".
- 2. Cliquer sur l’icône "Data conversion", indiqué par le cercle orange ci-dessous:

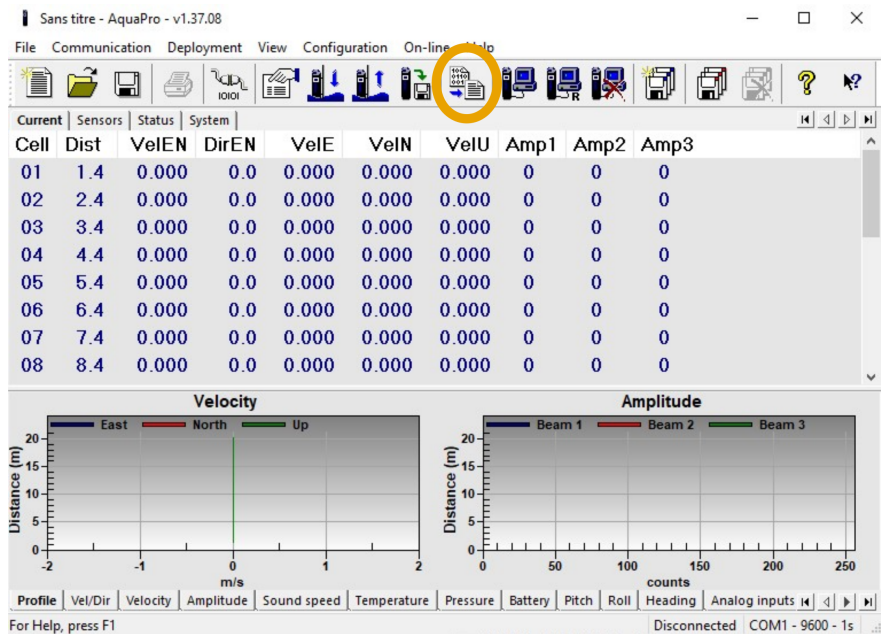


Figure 3: Icône "Data conversion" ici dans le logiciel AquaPro.

- 3. Une fenêtre s’ouvre dans laquelle on peut choisir les données binaires en cliquant sur "Add file".

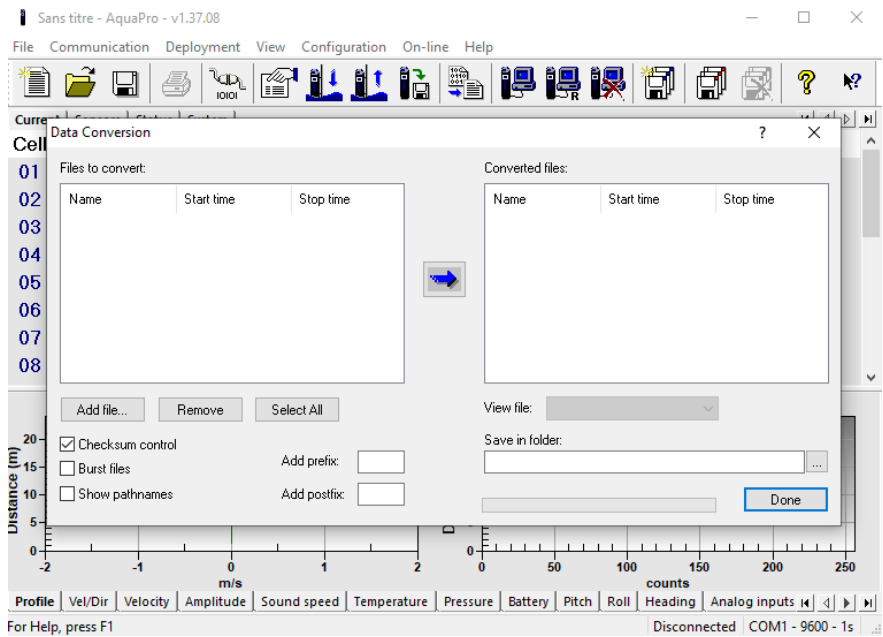


Figure 4: Fenêtre pour la conversion des données acoustiques.

- Après avoir choisi "Add file", une nouvelle fenêtre s'ouvre dans laquelle les données binaires sont choisies. Elles se trouvent dans le dossier "1B_Raw_binary". Toutes les fichiers binaires horaires dans un dossier mensuel (ici 1 MHz et le mois de décembre 2021) sont sélectionnés et confirmés avec "ouvrir".

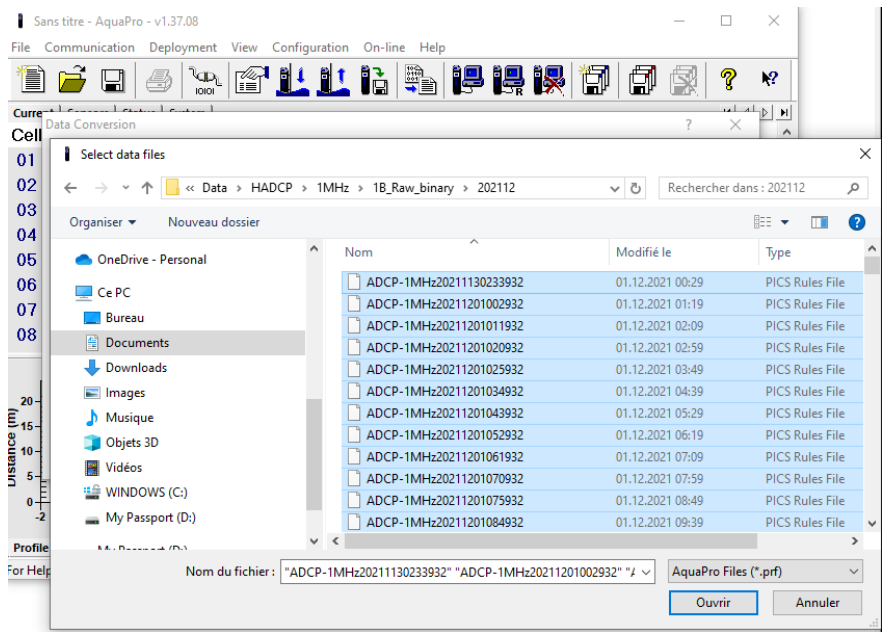


Figure 5: Choix des données binaires dans le dossier "1B_Raw_binary" à partir de la fenêtre dédiée.

- Ces fichiers sont ensuite indiqués dans la fenêtre à gauche. Ensuite, il faut choisir le dossier de sortie, dans lequel les fichiers convertis seront enregistrés: "2_ASCII_converted_raw_hourly", en fonction du mois et la fréquence correspondante. Cliquer sur "Select all" et les fichiers dans la fenêtre à gauche sont marqués en bleu comme sur la figure en dessous et cliquer sur la flèche pour lancer la conversion.

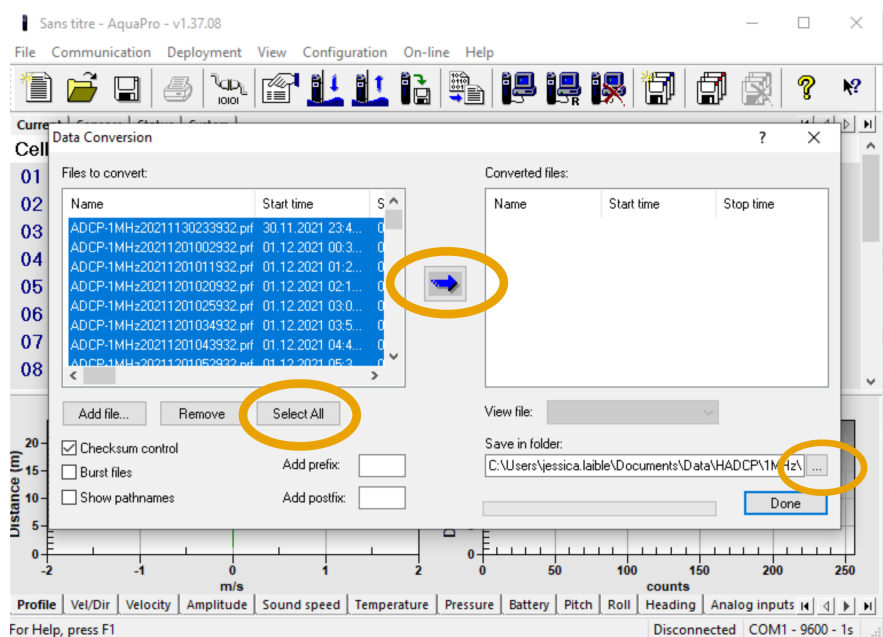


Figure 6: Choix du dossier de sortie et lancement de la conversion des données par la flèche.

6. Une autre fenêtre s'ouvre qui demande les types de fichiers à exporter (Header, velocity, amplitude, sensors, wave). Normalement, ils sont déjà cochés. Confirmer avec "OK".

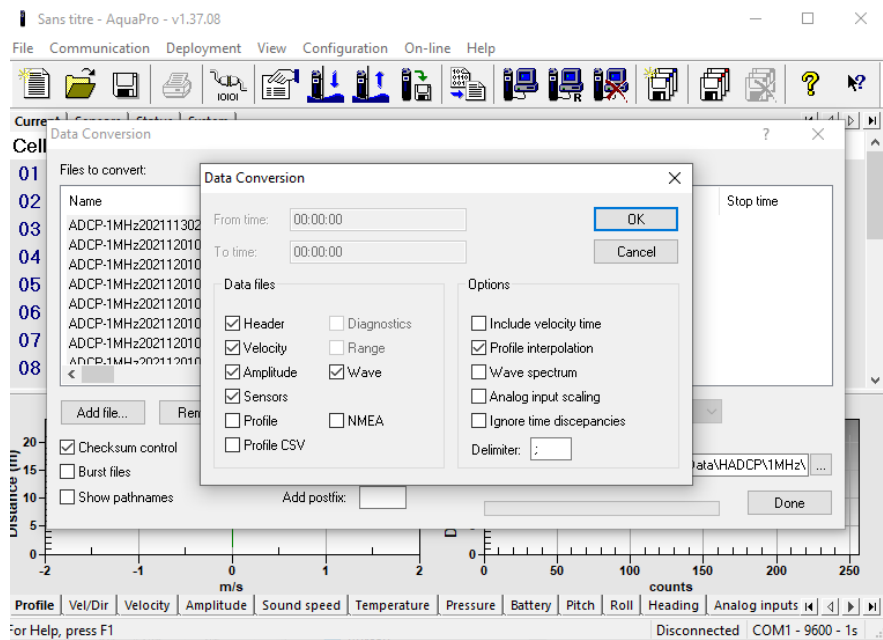


Figure 7: Confirmer le choix des données à exporter avec "Ok".

7. Après la fin de la conversion, vérifier dans le dossier "2_ASCII_converted_raw_hourly" que toutes les mesures ont été converties. Parfois, le logiciel ne converti pas toutes les données sans avertir. Cette limite est souvent autour du 25 du mois. Dans ce cas, refaire la procédure pour les données manquantes.
8. Les données de sortie sont des fichiers horaires classés par mois et fréquence choisi. Il s'agit des fichiers texts sous des formats .A1, .A2, .HDR, .SEN, .SSL, .V1, .V2, .WAD, .WHD.

Nom	Modifié le	Type	Taille
ADCP-1MHz20210325212859	02.08.2022 09:19	Fichier A1	3 Ko
ADCP-1MHz20210325212859	02.08.2022 09:19	Fichier A2	3 Ko
ADCP-1MHz20210325212859	02.08.2022 09:19	Fichier HDR	11 Ko
ADCP-1MHz20210325212859	02.08.2022 09:19	Fichier SEN	1 Ko
ADCP-1MHz20210325212859	02.08.2022 09:19	Fichier SSL	1 Ko
ADCP-1MHz20210325212859	02.08.2022 09:19	Fichier V1	3 Ko
ADCP-1MHz20210325212859	02.08.2022 09:19	Fichier V2	3 Ko
ADCP-1MHz20210325212859	02.08.2022 09:19	Fichier WAD	6 Ko
ADCP-1MHz20210325212859	02.08.2022 09:19	Fichier WHD	1 Ko

Figure 8: Fichiers horaires converties dans le dossier "2_ASCII_converted_raw_hourly\202103" du mois mars 2021.

2.3 Création des fichiers mensuels

Les fichiers horaires dans les dossiers "2_ASCII_converted_raw_hourly", classés par mois et fréquence sont concaténés dans cette étape pour créer des fichiers mensuels. Cette étape sert à concaténer les fichiers horaires de chaque variable (amplitude, vitesse, header,...) en fichiers mensuels (Figure 9).

- Ouvrir et lancer le script ou l’executable "2A_Create_monthly_acoustic_data_files"
- Indiquer le mois qu’en veut concaténer en format "AAAAMM" dans la fenêtre qui s’ouvre.
- Choisir la fréquence.
- Choisir le "path", le chemin où se trouvent les fichiers horaires, qui est "2_ASCII_converted_raw_hourly\AAAMM".
- Choisir le "outpath", le chemin où seront enregistrés les fichiers mensuels concaténés, qui est "3_ASCII_converted_raw_monthly\AAAMM".
- Les fichiers de sortie sont des fichiers mensuels pour chaque variable acoustique sous des formats .A1, .A2, .HDR, .SEN, .SSL, .V1, .V2, .WAD, .WHD.

3_ASCII_converted_raw_monthly > 202202		Rechercher dans : 202202
Nom	Modifié le	Type
A1_1MHz_202202	02.08.2022 09:25	Fichier A1
A2_1MHz_202202	02.08.2022 09:25	Fichier A2
DAT_1MHz_202202	02.08.2022 09:25	Fichier DAT
HDR_1MHz_202202	02.08.2022 09:25	Fichier HDR
SEN_1MHz_202202	02.08.2022 09:25	Fichier SEN
SSL_1MHz_202202	02.08.2022 09:25	Fichier SSL
V1_1MHz_202202	02.08.2022 09:25	Fichier V1
V2_1MHz_202202	02.08.2022 09:25	Fichier V2
WAD_1MHz_202202	02.08.2022 09:25	Fichier WAD
WHD_1MHz_202202	02.08.2022 09:26	Fichier WHD

Figure 9: Fichiers mensuels concaténés (mois du février 2022) par variable pour le 1 MHz HADCP.

- Répéter cette étape pour chaque mois et chaque fréquence.

2.4 Création des fichiers pendant toute la période

Cette étape crée des fichiers concaténés par variable acoustique et fréquence pendant toute la période de mesure. Cette étape est à répéter quand des nouvelles données ont été enregistrées et leur fichiers mensuels créés.

- Ouvrir et lancer le script ou l’executable "2B_Create_acoustic_all_time_files"
- Choisir la fréquence.
- Choisir le "path", le chemin où se trouvent les fichiers mensuels, qui est "3_ASCII_converted_raw_monthly". Toutes les données mensuels concaténés dans ce fichier seront utilisés.
- Choisir le "outpath", le chemin où seront enregistrés les fichiers concaténés, qui est "4_ASCII_converted_raw_all_time".

- Les fichiers de sortie sont des fichiers concaténés pendant toute la période de mesure pour chaque variable acoustique sous des formats .A1, .A2, .HDR, .SEN, .SSL, .V1, .V2, .WAD, .WHD.











 A1_400kHz	18.07.2023 16:41	Fichier A1	37 928 Ko
 A2_400kHz	18.07.2023 16:41	Fichier A2	37 928 Ko
 DAT_400kHz	18.07.2023 16:41	Fichier DAT	25 300 Ko
 HDR_400kHz	18.07.2023 16:41	Fichier HDR	238 139 Ko
 SEN_400kHz	18.07.2023 16:41	Fichier SEN	10 482 Ko
 SSL_400kHz	18.07.2023 16:41	Fichier SSL	4 078 Ko
 V1_400kHz	18.07.2023 16:41	Fichier V1	48 733 Ko
 V2_400kHz	18.07.2023 16:41	Fichier V2	48 733 Ko
 WAD_400kHz	18.07.2023 16:41	Fichier WAD	139 879 Ko
 WHD_400kHz	18.07.2023 16:41	Fichier WHD	15 819 Ko

Figure 10: Fichiers concaténés pendant toute la période de mesure par variable pour le 400 kHz HADCP.

- Répéter cette étape pour chaque fréquence.

2.5 Création des fichiers d'intensité et de bruit de fond

Cette étape crée deux fichiers; un fichier avec les données de mesure ("Amplitude_velocity") et un avec les données du bruit de fond ("WHD") pendant toute la période de mesure.

- Ouvrir et lancer le script ou l'exécutable "2C_AQD_append"
- Choisir la fréquence.
- Choisir le "path", le chemin où se trouvent les fichiers concaténés, qui est "4_ASCII_converted_raw_all_time".
- Choisir le "outpath", le chemin où seront enregistrés les deux fichiers de sortie, qui est "5_Intensity_background".
- Des fichiers "Amplitude_velocity" et "WHD" sont obtenus en format .csv et pickle.





400kHz > 5_Intensity_background		Rechercher dans : 5_Intensity_background		
	Nom	Modifié le	Type	Taille
	Amplitude_velocity_400	18.07.2023 16:47	Fichier CSV Microsoft E...	149 800 Ko
	Amplitude_velocity_400	18.07.2023 16:47	Document texte	190 184 Ko
	WHD_400	18.07.2023 16:47	Fichier CSV Microsoft E...	12 508 Ko
	WHD_400	18.07.2023 16:47	Document texte	21 193 Ko

Figure 11: Fichiers "Amplitude_velocity" et "WHD" contenant les mesures d'amplitude et de vitesse et de bruit de fond pour le 400 kHz HADCP.

- Répéter cette étape pour chaque fréquence.

Le code actuel suppose que les paramètres de mesure ne changent pas, par exemple la taille et le nombre des cellules, le blanking etc. Si ces paramètres ont été changés, le fichier header de chaque mesure doit être utilisé et les données correspondantes doivent être exportées de ces fichiers. Cela n’a pas été appliqué car les fichiers header ne sont pas faciles à lire automatiquement et les paramètres de mesure n’ont pas changé.

3 Moyennage des mesures le long du faisceau

Cette première partie de l’analyse acoustique est effectuée suivant la méthode TW16-A ("3_Beam_averaging_TW16A"). Comme les précédentes étapes, cette partie est aussi effectuée pour chaque fréquence séparément, donc deux fois au total. Les valeurs acoustiques, le fluid-corrected backscatter B_F , l’atténuation liée aux sédiments α_{sed} , la rétrodiffusion dans chaque cellule B et moyennée le long du faisceau \overline{B} , sont calculées. Cette partie effectue donc une analyse acoustique et transforme les données. Le calcul sur une période longue peut durer une à deux heures due à multiples itérations.

Précisément, cette étape se déroule de la manière suivante:

- Choisir le dossier pour les résultats "outpath" qui est "6_Beam_averaging".
- Choisir le dossier pour les figures des résultats,"outpath_figures". Il peut être créé avec un dossier nommé "Figures" dans "6_Beam_averaging".
- Choisir le fichier "Amplitude_velocity" (dans le dossier "5_Intensity_background") et pour la fréquence définie.
- Choisir le fichier "WHD" (dans le dossier "5_Intensity_background") et pour la fréquence définie.
- Choisir le fichier avec les données de hauteur d'eau. Un exemple est le fichier "Water_stage" contenu dans le dossier "Sampling_data".
- Six fenêtres s'ouvrent une après l'autre. Choisir un autre seuil pour les angles des instruments ou accepter la valeur par défaut (généralement recommandé).
- Répéter cette étape pour chaque fréquence.

Fichiers de sortie: Plusieurs différents fichiers sont créés souvent en format csv et pickle (Figure 12):

- "Beam-averaged_attenuation_backscatter": date, l'atténuation α_{sed} , la rétrodiffusion \overline{B} moyenne le long du faisceau acoustique, l'atténuation liée à l'eau, la température de l'eau, le bruit de fond de l'instrument et le bruit de fond effective
- "FluidCorrBackscatter": valeurs de la rétrodiffusion corrigée par les fluides dans chaque cellule valide pour chaque mesure valide
- "CelldB": valeurs de la rétrodiffusion relative dans chaque cellule valide pour chaque mesure valide
- "AveCount_db": valeurs de l'intensité acoustique (ou "acoustic signal strength A ") dans toutes les cellules et toutes les mesures non-exclues pour des angles d'instruments aberrantes
- "Time_datetime_AveCount_db": dates et horaires de mesure de "AveCount_db"
- "Celldist_along_beam": distance du milieu de chaque cellule du transducer, mesuré le long du faisceau acoustique
- "Usable_part_surface": distances des indicateurs d'interférence (Nortek, 2018) pour chaque mesure valide
- "Last_valid_index_corrected": date, dernière cellule valide et sa distance du transducteur le long du faisceau acoustique pour chaque mesure valide
- "Last_valid_index_un_corrected": date, dernière cellule valide suivant les méthodes de SNR de la zone tampon et leur distances du transducteur le long du faisceau acoustique pour toutes les mesures (sans les mesures exclues à cause des angles)
- "Time_list_not_used_beam_averaging": dates des mesures acoustiques exclues de l'analyse à cette étape













	Amplitude_velocity_1000	22.02.2024 13:07	Fichier CSV Micros...	13 685 Ko
	Amplitude_velocity_1000	22.02.2024 13:07	Document texte	19 245 Ko
	AveCount_db_1000	22.02.2024 13:43	Document texte	4 462 Ko
	Beam_averaged_attenuation_backscatter...	22.02.2024 13:43	Fichier CSV Micros...	956 Ko
	Beam_averaged_attenuation_backscatter...	22.02.2024 13:43	Document texte	588 Ko
	CelldB_1000	22.02.2024 13:43	Document texte	4 288 Ko
	Celldist_along_beam_1000	22.02.2024 13:43	Document texte	2 Ko
	FluidCorrBackscatter_1000	22.02.2024 13:43	Document texte	4 288 Ko
	Time_datetime_AveCount_db_1000	22.02.2024 13:43	Document texte	71 Ko
	Usable_part_surface_1000	22.02.2024 13:43	Fichier CSV Micros...	811 Ko
	WHD_1000	22.02.2024 13:07	Fichier CSV Micros...	1 033 Ko
	WHD_1000	22.02.2024 13:07	Document texte	1 814 Ko

Figure 12: Fichiers de sortie de l'étape de moyennage (en plus de ceux de l'étape précédente) pour le 1 MHz instrument.

Adaptations à d'autres cas: Différents critères sur les angles d'orientation (pitch, roll et heading) sont appliqués afin d'exclure les mesures pendant les maintenances par exemple. Leurs valeurs avant et après l'exclusion sont sauvegardées sous forme des figures pour une analyse visuelle rapide. Les assumptions méthodologiques peuvent être changées pour tester d'autres paramètres, par exemple de la zone tampon ou du seuil de bruit de fond. Si ce code est utilisé pour d'autres instruments, certaines paramètres comme le facteur de conversion (0.43 pour les instruments utilisés (ligne 82) ou les angles d'ouverture des faisceaux (lignes 319 et 321) doivent être adaptés. Le noise floor offset A_E utilisé pour la méthode TW16 de Topping and Wright (2016) s'ajuste en ligne 201. Le calcul du rapport signal sur bruit SNR , les interferences avec la surface et la zone tampon de 5 m s'effectuent dans la section 7. Le nombre des cellules exclues proche du transducteur se trouve dans les lignes 395 à 398. Le nombre minimal de valeurs par mesure acoustique est défini en ligne 456.

4 Application des méthodes mono- et bi-fréquentielles

La dernière étape combine une ou deux fréquences pour effectuer une analyse et inversion acoustique afin d'estimer des concentrations de sédiments fins et de sable ainsi que du diamètre median des sable pour le cas de la méthode bi-fréquentielle. Les mêmes données sont choisies pour la méthode mono- et bi-fréquentielle, la seule différence est qu'une seule fréquence est utilisée pour la méthode mono-fréquentielle. C'est étape est effectué une fois.

Précisément, cette étape se déroule de la manière suivante:

1. Ouvrir et lancer "**4_TAAPS_TW16A**" pour la méthode bi-fréquentielle et "**4_TAAPS_TW16A_Single_freq**" pour la méthode mono-fréquentielle
2. Choisir le dossier des données "path" qui est "6_Beam_averaging" pour chacune des fréquences.
3. Choisir le dossier des données de prélèvements, par exemple "Sampling_data" (voir ci-dessous pour la description des données de prélèvement).
4. Choisir le dossier pour les résultats et les figures des résultats, "outpath" et "outpath_figures".
5. Une fenêtre s'ouvre qui demande le début et la fin d'une période (courte, de quelques jours) qui sera visualisée en détail. Plusieurs périodes peuvent être visualisées en répondant avec "Y" à la question dans la console ou "n" pour continuer.
6. Plusieurs fichiers de résultats et des figures ont été enregistrés.

Les fichiers de **données de prélèvement** nécessaires sont:

- Données manquantes ("Missing_data"): périodes sans mesures acoustiques des deux fréquences par exemple à cause des problèmes de matériel etc.
- Données supprimées ("Manually_deleted_data"): périodes avec des données identifiées aberrantes ou non-valides qui seront exclus dans l'analyse
- Fichier de jaugeage ("Samples"): résultats des jaugeages, utilisé pour la calibration du modèle acoustique (section 1)
- Données ISCO ("ISCO_data"): résultats des mesures ISCO des concentrations de sédiments fins et sables
- Données de granulométrie des échantillons ISCO ("ISCO_GSD_data")
- Données de jaugeage de pompage ("pump_data"): résultats des jaugeages ici de pompage, utilisé pour la validation du modèle acoustique
- Classes granulométriques normalisées ("ISO_size_classes"): classes granulométriques sur lesquelles l'interpolation granulométrique est effectuée, toujours le même fichier
- Données de turbidité de la station
- Données de débit de la station
- Données de la hauteur d'eau de la station

<u>Missing data</u>	Données manquantes dans le jeu HADCP	Quelle précision ? si on se trompe sur les heures, conséquence A quoi cela sert → Ca supprime les données
<u>Manually delete data</u>	Dates à éliminer dans les données HADCP	Indique les données HADCP que l'on souhaite ne pas prendre en compte pour chaque fréquence car on a détecté des problèmes
Si on a oublié d'indiquer qu'il manque des données, cela ne pose pas de problème. Il ne faut pas avoir de données de calibration sans données HADCP		
<u>Samples date</u>	Données des jaugeages pour calibration (sauf pompe pour Jessica)	Cf tableau ci-dessus pour contenu des colonnes
<u>Isco data</u>	Données ISCO F+S	Que sont les 2 dernière colonnes <u>ISCO sand concentration corr g l</u> <u>ISCO fine concentration corr g l</u> → Corrigé par coefficient Berge/section
<u>Isco GSD</u>	Données <u>granulo ISCO</u> - MES totales ou sable ou fine.	Pour des graphes.
<u>Pump data</u>	Données des jaugeages à la pompe	Pas pris en compte dans les calculs de calibration mais pour la vérification
<u>Iso size class</u>	Classe <u>granulo</u>	Pour calcul (facteur de forme par exemple).
<u>Turbidity</u>	Turbidité campus	
<u>Discharge</u>	Débit Campus	Pour calcul de flux + graphes
<u>Water stage</u>	Niveau d'eau campus	Pour interaction avec surface
<u>RUTS_theo_freq1</u>	<i>Paramètres issu du RUTS</i>	<i>Le fait de ne pas recalculer dans le programme ces paramètre implique que le D50 de référence reste le même + écart type distribution.</i>
<u>RUTS_theo_freq2</u>		

Figure 13: Description des différents fichiers de prélèvements utilisés.

Toutes les heures sont données en TU. Des fichiers d'exemple sont données dans le dossier "Sampling_data". Les colonnes dans le fichier de "Samples" sont détaillées en bas, ceux indiqué avec une croix sont nécessaire pour effectuer l'analyse.

Colonne	Nécessaire	Explication
Date	x	aaaaammjjj
Gauging	x	Non pouvant reprendre la date
Start sampling	x	Heure TU (toutes les données HADCP, ISCO... en TU)
End sampling	x	Heure TU (toutes les données HADCP, ISCO... en TU)
Start sampling local		Heure locale
End sampling local		Heure locale
Sampler	x	Non échantillonneur
Q_sampling_m3_s	x	Débit campus
Stage_sampling_m	x	Niveau d'eau de la station campus
spm_sampling_g_l	x	C turbidité
Sand concentration_g_l	x	C sable moyen du jaugeage
Sand flux_kg_s	x	Flux sable jaugeage
No samples used for ISO_gsd		Nombre d'échantillons du jaugeage
D10_mum		D10 sable à partir des échantillons du jaugeage calculé avec méthode ISO
D50_mum		D50 sable à partir des échantillons du jaugeage calculé avec méthode ISO
D90_mum		D90 sable à partir des échantillons du jaugeage calculé avec méthode ISO
Fine concentration_g_l		Concentration moyennes des fines
Fine flux_kg_s		Flux total des fines
U_C		Incertitude de la concentration sableuse moyenne dans la section des jaugeages selon méthode INRAE
U_Q		Incertitude du débit (OURSIN)
U_F		Incertitude du flux total sableux dans la section des jaugeages selon méthode INRAE
Method		Méthode dépouillement du jaugeage
sigma_mum		Sigma des D50 sable
S		Rapport Fine/Sable des moyennes dans la section
D50_mum_fines		D50 sédiments fins
sigma_mum_fines		Ecart-type des sédiments fins
ISCO_fine_concentration_g_l		Concentration des sédiments fins ISCO
ISCO_sand_concentration_g_l		Concentration des sables ISCO

Figure 14: Description des différentes colonnes dans le fichier "Samples".

Adaptations à d'autres cas: L'exécutable ne propose pas des choix de modification de la méthode, quelques possibilités de modification peuvent être faites dans les scripts eux-mêmes. Les propriétés de la suspension de référence sont définies dans la section "Define reference properties" (à partir de ligne 434). Si elles seront changées, il faudrait recalculer des valeurs des facteurs de forme et du RUTS. Dans le code actuel, ces valeurs et relations sont importées et correspondent à des fréquences et propriétés définies. Elles ne s'adaptent donc pas à des propriétés de référence modifiées. Si ces dernières sont changées, il faut utiliser le code "TAAPS_article" dans lequel toutes ces valeurs nécessaires sont calculées systématiquement. Le moyennage des données acoustiques pendant le temps des jaugeages peut-être adapté dans l'étape 8. Les données (ici de jaugeages ("Samples") et ISCO ("ISCO_data")) utilisées pour la calibration entre la concentration des sédiments fins et l'atténuation peuvent être changés à partir de ligne 663. La calibration rétrodiffusion - sable s'effecture dans l'étape 10 en utilisant les critères $S < 3$ et le diamètre du jaugeage doit être $\pm 0.4\phi$ du diamètre de référence.

5 Refaire l'analyse avec des nouvelles données

Pour refaire l'analyse acoustique avec des nouvelles données acoustiques, il faut créer des fichiers mensuels pour ces données. Pour cela, il est nécessaire de refaire les premières étapes jusqu'à 2.3. pour ces données. Ensuite, des nouveaux fichiers "all_time" pendant toute la période de mesure doivent être créés et les deux dernières étapes doivent être refaites sur les nouvelles données. Pour recalculer les étapes 3 et 4 (le moyennage et les méthodes acoustiques), des données de hauteur d'eau à la station sont nécessaires aussi pour déterminer les interférences.

Pour refaire l'analyse acoustique avec des nouvelles données de prélèvements, soit des jaugeages pour la calibration ou des informations pour la validation, les données doivent être ajoutées dans

les fichiers correspondants. Il est important d'utiliser le même format, en-tête etc. que les fichiers exemplaires dans le dossier "Sampling_data". Ensuite, la dernière étape 4 est répétée.

References

- Marggraf, J. (2024). *Improving methods for the hydroacoustic monitoring of suspended sand concentration and grain size: Application to the Isère River at Grenoble Campus*. PhD thesis, University Claude Bernard Lyon 1.
- Marggraf, J., Dramais, G., Le Coz, J., Calmel, B., Camenen, B., Topping, D. J., Santini, W., Pierrefeu, G., and Lauters, F. (2024). River suspended-sand flux computation with uncertainty estimation, using water samples and high-resolution ADCP measurements. *submitted to Earth Surface Dynamics*.
- Nortek (2018). *The Comprehensive Manual for ADCP'S. AWAC, Aquadopp, Aquadopp Deepwater, Aquadopp Profiler, Aquadopp Profiler Z-cell, 2D Horizontal Profiler*.
- Topping, D. J. and Wright, S. A. (2016). Long-term continuous acoustical suspended-sediment measurements in rivers - theory, application, bias, and error. Professional Paper 1823, U. S. Geological Survey.